



(11) **EP 3 123 740 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.01.2019 Bulletin 2019/01

(51) Int Cl.:
H04R 3/00 (2006.01) **H04R 1/46** (2006.01)
H04R 1/08 (2006.01) **H04R 1/10** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15711549.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2015/056261

(22) Date de dépôt: **24.03.2015**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2015/144708 (01.10.2015 Gazette 2015/39)

(54) **APPAREIL ACOUSTIQUE COMPRENANT AU MOINS UN MICROPHONE
ÉLECTROACOUSTIQUE, UN MICROPHONE OSTÉOPHONIQUE ET DES MOYENS DE CALCUL
D'UN SIGNAL CORRIGÉ, ET ÉQUIPEMENT DE TÊTE ASSOCIÉ**

AKUSTISCHE VORRICHTUNG MIT MINDESTENS EINEM ELEKTROAKUSTISCHEN MIKROFON,
EINEM OSTEOFONEN MIKROFON UND VORRICHTUNG ZUR BERECHNUNG EINES
KORRIGIERTEN SIGNALS SOWIE ZUGEHÖRIGE KOPFBEDECKUNG

ACOUSTIC APPARATUS COMPRISING AT LEAST ONE ELECTROACOUSTIC MICROPHONE, AN
OSTEOPHONIC MICROPHONE AND MEANS FOR CALCULATING A CORRECTED SIGNAL, AND
ASSOCIATED ITEM OF HEADWEAR

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **CLOWEZ, Eric, Bernard, Jacques**
F-92270 Bois Colombes (FR)
- **ROSIER, Julie, Marie, Anne**
F-95430 Auvers sur Oise (FR)

(30) Priorité: **25.03.2014 FR 1452506**

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
01.02.2017 Bulletin 2017/05

(73) Titulaire: **Eino**
95100 Argenteuil (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 518 724 EP-A2- 0 984 660
FR-A1- 2 945 905 US-A1- 2011 293 109

(72) Inventeurs:
• **ROBUCHON, Patrick, Jean, François**
F-78100 Saint Germain en Laye (FR)

EP 3 123 740 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un appareil acoustique acoustique comprenant :

- 5 - un premier microphone, le premier microphone comportant un transducteur électroacoustique principal apte à recevoir des ondes sonores acoustiques d'un signal sonore issu des cordes vocales et à transformer lesdites ondes acoustiques en un premier signal électrique,
- un deuxième microphone, le deuxième microphone comportant un transducteur à excitation mécanique osseuse apte à recevoir par conduction osseuse des oscillations vibratoires dudit signal sonore et à transformer lesdites oscillations vibratoires en un deuxième signal électrique, et
- 10 - des moyens de calcul d'un signal électrique corrigé en fonction du premier signal électrique et du deuxième signal électrique, le signal électrique corrigé étant propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique.

[0002] La présente invention concerne également un équipement de tête pour opérateur comprenant un casque de protection et un tel appareil acoustique.

[0003] Le document US 5,692,059 A décrit un appareil acoustique du type précité, destiné à être inséré dans le conduit auditif de l'oreille externe. L'appareil acoustique comprend un microphone aérien propre à recevoir des ondes sonores acoustiques et à les transformer en un signal électrique, et un capteur de vibrations, le capteur de vibrations servant à éliminer le bruit de fond ambiant. Les sons captés par le capteur de vibrations sont un mélange des basses fréquences du son correspondant à la voix de l'utilisateur et d'une faible quantité du bruit de fond ambiant. L'appareil acoustique comprend en outre un circuit électronique apte à calculer un signal électrique corrigé en fonction des signaux électriques issus respectivement du microphone aérien et du capteur de vibrations.

[0004] Le document US 7,283,850 B2 décrit également un appareil acoustique du type précité. L'appareil est un téléphone mobile comprenant un microphone ostéophonique destiné à être en appui contre un flanc latéral du crâne lorsque l'utilisateur positionne le téléphone à proximité de son oreille. Le téléphone mobile comprend en outre un microphone aérien apte à recevoir des ondes sonores acoustiques correspondant au signal de la parole de l'utilisateur et à transformer lesdites ondes en un signal électrique. Le microphone ostéophonique est utilisé pour éliminer le bruit dans le signal de parole reçu par le microphone aérien. Le microphone ostéophonique est utilisé en particulier dans les basses fréquences.

[0005] EP 2 518 724 A1 décrit également un appareil acoustique du type précité.

[0006] Toutefois, le signal électrique correspondant au signal audio de la voix de l'utilisateur, propre à être délivré par de tels appareils acoustiques, n'est pas optimal.

[0007] Le but de l'invention est donc de proposer un appareil acoustique permettant de réduire encore le bruit dans le signal électrique correspondant à la voix de l'utilisateur, afin d'améliorer la qualité du signal délivré.

[0008] A cet effet, l'invention a pour objet un appareil acoustique selon la revendication 1.

[0009] L'invention a également pour objet un appareil acoustique selon la revendication 2.

[0010] Selon d'autres aspects avantageux de l'invention, l'appareil acoustique est selon l'une quelconque des revendications 3 à 7.

[0011] L'invention a également pour objet un équipement de tête selon la revendication 8.

[0012] Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue d'ensemble en perspective d'un appareil acoustique selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'appareil acoustique comportant des premier et deuxième microphones aériens, un microphone ostéophonique, et une unité de traitement propre à délivrer un signal électrique corrigé à partir des signaux électriques issus des différents microphones,
- la figure 2 est une vue schématique en coupe du premier microphone aérien de la figure 1,
- la figure 3 est une vue schématique en coupe d'un boîtier de protection à l'intérieur duquel sont agencés le microphone ostéophonique, l'unité de traitement et le deuxième microphone aérien de la figure 1,
- 50 - la figure 4 est une représentation schématique d'un traitement du signal mis en oeuvre par l'unité de traitement pour délivrer le signal corrigé à partir des signaux issus des microphones,
- la figure 5 est une vue analogue à celle de la figure 4 selon une première variante de réalisation,
- la figure 6 est un schéma bloc de moyens de traitement numérique du bruit mis en oeuvre dans cette première variante,
- 55 - les figures 7 à 12 sont des vues analogues à celle de la figure 4 selon d'autres variantes de réalisation,
- la figure 13 est une vue analogue à celle de la figure 1 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 14 est une vue analogue à celle de la figure 1 selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0013] Sur la figure 1, un appareil acoustique 10 comprend un premier microphone 12, également appelé premier microphone aérien, apte à recevoir des ondes sonores acoustiques et à les transformer en un premier signal électrique E1, et un deuxième microphone 14, également appelé microphone ostéophonique, apte à recevoir par conduction osseuse des oscillations vibratoires et à les transformer en un deuxième signal électrique E2.

[0014] L'appareil acoustique 10 comprend une unité de traitement 16 disposée à l'intérieur d'un boîtier de protection 18, l'unité de traitement 16 étant propre à délivrer un signal électrique corrigé Sc notamment en fonction du premier signal électrique E1 et du deuxième signal électrique E2.

[0015] L'appareil acoustique 10 comprend un dispositif 20 de réduction du bruit, le dispositif de réduction du bruit 20 étant connecté en sortie du premier microphone 12 pour réduire le bruit dans le premier signal E1, et l'unité de traitement 16 étant alors connectée, d'une part, en sortie du dispositif de réduction du bruit 20, et d'autre part, en sortie du deuxième microphone 14.

[0016] L'appareil acoustique 10 comprend également deux modules acoustiques 22 latéraux, un arceau supérieur 24, un arceau arrière 26 de liaison des modules acoustiques et un câble 28 de connexion, le câble de connexion étant équipé à son extrémité d'un connecteur, non représenté.

[0017] Le premier microphone 12, visible sur la figure 2, comporte un transducteur électroacoustique principal 32 apte à recevoir des ondes sonores acoustiques d'un signal sonore issu des cordes vocales et à transformer lesdites ondes acoustiques en le premier signal électrique E1.

[0018] Dans l'exemple de réalisation de la figure 2, le premier microphone 12 comporte une protubérance 34, par exemple venue de matière avec le boîtier de protection 18 et s'étendant selon une direction longitudinale X. La protubérance 34 comporte une cavité 36 de réception du transducteur électroacoustique principal et un conduit cylindrique 38 s'étendant longitudinalement entre la cavité 36 et une extrémité libre 40 de la protubérance, l'extrémité libre 40 étant située à l'opposé du boîtier de protection 18. La direction longitudinale X est orientée sensiblement en direction de la bouche de l'utilisateur lorsque l'appareil acoustique 10 est positionné sur la tête de l'utilisateur. La direction longitudinale X forme, par exemple, un angle compris entre 45° et 75°, de préférence égal à 60°, avec un plan horizontal dans lequel est agencé l'arceau arrière 26 lorsqu'il est positionné contre le crâne de l'utilisateur.

[0019] Le premier microphone 12 comporte en complément un élément 42 de maintien du transducteur électroacoustique principal à l'intérieur de la cavité 36. L'élément de maintien 42 est propre à amortir d'éventuelles vibrations mécaniques du transducteur électroacoustique principal 32, et est réalisé, par exemple, en caoutchouc ou encore en silicone.

[0020] Le deuxième microphone 14 comprend un transducteur à excitation mécanique osseuse 44, visible sur la figure 3, disposé dans le boîtier de protection 18, et apte à recevoir par conduction osseuse, notamment à travers un os correspondant du crâne, les ondes vibratoires du signal sonore issu des cordes vocales de l'utilisateur et à le transformer en le deuxième signal électrique E2. Le deuxième microphone 14 est relié électriquement à l'unité de traitement 16.

[0021] L'unité de traitement 16 est, par exemple, réalisée sous forme d'un circuit électronique 46, comme représenté sur la figure 3. Le circuit électronique 46 comporte, par exemple, un processeur 47A et une mémoire 47B associée au processeur.

[0022] L'unité de traitement 16 comporte des moyens 48 de calcul d'un signal électrique corrigé Sc en fonction du premier signal électrique E1 et du deuxième signal électrique E2, le signal électrique corrigé Sc étant propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique 10, éventuellement après avoir été amplifié par un amplificateur 49. Les moyens de calcul 48 sont, par exemple, réalisés sous forme d'un logiciel de calcul apte à être stocké dans la mémoire 47B de l'unité de traitement.

[0023] L'unité de traitement 16 comporte en complément l'amplificateur 49 adapté pour amplifier le signal corrigé Sc et délivrer en sortie de l'appareil acoustique 10 un signal amplifié S.

[0024] Le boîtier 18 comporte une paroi 50 d'appui sur une zone du crâne et une coque extérieure de protection 52, la coque de protection 52 permettant de protéger à la fois l'unité de traitement et le transducteur à excitation mécanique osseuse du deuxième microphone, et étant située du côté opposé à la paroi d'appui 50, comme représenté sur la figure 3.

[0025] Le dispositif de réduction du bruit 20 est connecté en sortie du transducteur électroacoustique principal 32 pour réduire le bruit dans le premier signal E1.

[0026] Dans l'exemple de réalisation des figures 1, 3 et 4, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte un troisième microphone 54 et des premiers moyens 56 de détermination d'un premier signal intermédiaire corrigé Int1. Le troisième microphone 54, également appelé deuxième microphone aérien, comporte un transducteur électroacoustique secondaire 58 apte à recevoir des ondes sonores acoustiques d'un bruit ambiant et à transformer lesdites ondes acoustiques en un troisième signal électrique E3. Le troisième microphone 54 est omnidirectionnel afin de capter les ondes acoustiques venant de plusieurs directions. Les premiers moyens de détermination 56 sont par exemple réalisés sous forme d'un premier logiciel de détermination apte à être stocké dans la mémoire 47B de l'unité de traitement.

[0027] Le premier signal intermédiaire corrigé Int1 est fonction du premier signal électrique E1 et du troisième signal électrique E3, le signal électrique corrigé Sc étant alors fonction du premier signal intermédiaire corrigé Int1 et du deuxième signal E2.

[0028] Le premier signal intermédiaire corrigé Int1 est, par exemple, égal à la soustraction du troisième signal électrique

E3 au premier signal électrique E1, et vérifie alors l'équation suivante :

$$\text{Int1} = \text{E1} - \text{E3} \quad (1)$$

[0029] En complément, un filtre, non représenté, est utilisé afin de mettre en phase les signaux E1 et E3 avant de soustraire le signal E3 au signal E1 selon l'équation (1).

[0030] Dans l'exemple de réalisation de la figure 4, le signal électrique corrigé Sc est égal à la soustraction du deuxième signal E2 au premier signal intermédiaire corrigé Int1, et vérifie alors l'équation suivante :

$$\text{Sc} = \text{Int1} - \text{E2} \quad (2)$$

[0031] Le signal électrique corrigé Sc vérifie donc l'équation suivante :

$$\text{Sc} = \text{E1} - \text{E3} - \text{E2} \quad (3)$$

[0032] En complément et de manière analogue, un filtre, non représenté, est utilisé afin de mettre en phase les signaux E1, E2 et E3 avant de soustraire les signaux E2 et E3 au signal E1 selon l'équation (2).

[0033] Chaque module acoustique 22, visible sur la figure 1, comprend une platine 60 d'appui sur un flanc latéral crâne et un transducteur 62 d'excitation mécanique osseuse. Chaque platine 60 comprend une plaque d'appui 64 propre à prendre appui sur le crâne au-dessus d'une oreille, la plaque d'appui 64 présentant un dégagement de passage de l'oreille dans sa partie basse. Le boîtier de protection 18 est, par exemple, fixé en partie arrière de la plaque d'appui 64 qui est destinée à être positionnée au-dessus de l'oreille droite. Les plaques d'appui 64 sont réalisées en matière plastique et moulées par injection.

[0034] Chaque module acoustique 22 comprend une articulation 66 prévue entre la platine d'appui 60 et le transducteur 62. Un ressort, non représenté, équipe l'articulation 66 et est propre à assurer un rappel en rotation, autour de l'articulation 66, du transducteur 62 par rapport à la platine 60 vers une position de repos.

[0035] L'arceau supérieur 24, également appelé arceau de tête, est de longueur réglable et apte à être positionné sur le dessus de la tête. Dans l'exemple de la figure 1, l'arceau supérieur 24 est en forme d'une sangle de longueur réglable.

[0036] L'arceau arrière 26, réalisé avec un matériau rigide, est un arceau de maintien mécanique du microphone ostéophonique 14 et de chaque module acoustique 22 en appui sur un flanc latéral correspondant du crâne. L'arceau de maintien 26 est de longueur réglable, et apte à être positionné sous l'os du rocher derrière la tête, près de la nuque.

[0037] Le transducteur à excitation mécanique osseuse 44 est un accéléromètre, de préférence un accéléromètre à un axe, orienté sensiblement selon une direction normale à la paroi d'appui 50, afin de permettre une restitution de l'onde vibratoire transmise par conduction osseuse qui soit homogène en fonction des différents utilisateurs. Le transducteur à excitation mécanique osseuse 44 est orienté vers l'intérieur, c'est-à-dire vers le crâne de l'utilisateur lorsque l'appareil acoustique 10 est positionné sur le crâne.

[0038] Les moyens de calcul 48 sont connectés, d'une part, en sortie du dispositif de réduction du bruit 20, et d'autre part, en sortie du transducteur à excitation mécanique osseuse 44.

[0039] La paroi 50 est en forme de peau en contact avec l'accéléromètre 44 du deuxième microphone. La peau 50, visible en coupe sur la figure 3, présente une dureté de valeur comprise entre 45 et 85 shores A, de sorte que la peau 50 est d'impédance mécanique sensiblement égale à l'impédance mécanique de la zone correspondante du crâne. La valeur de la dureté de la peau 50 est de préférence comprise entre 55 et 80 shores A, de préférence encore comprise entre 65 et 75 shores A. L'épaisseur E de la peau 50 est comprise entre 0,4 mm et 0,6 mm, de préférence égale à 0,5 mm. La peau 50 est réalisée en caoutchouc synthétique, par exemple en caoutchouc à base de polychloroprène.

[0040] La coque extérieure 52 présente une section transversale en forme de U, et est réalisée en matière plastique.

[0041] Le transducteur électroacoustique secondaire 58 est fixé à l'intérieur de la coque extérieure 52 du boîtier de protection, et est adapté pour recevoir les ondes acoustiques du bruit ambiant via un orifice 68 ménagé à travers ladite coque extérieure 52, comme représenté sur la figure 3.

[0042] Le transducteur électroacoustique secondaire 58 est orienté sensiblement selon la même direction que le transducteur à excitation mécanique osseuse 44, mais dans le sens opposé. Autrement dit, le transducteur électroacoustique secondaire 58 est orienté sensiblement selon une direction normale à la paroi d'appui 50 et vers l'extérieur, c'est-à-dire dans le sens opposé au crâne de l'utilisateur lorsque l'appareil acoustique 10 est positionné sur le crâne.

[0043] Le transducteur d'excitation mécanique osseuse 62 de chaque module acoustique 22 comprend un élément émissif, non représenté, apte à transformer un signal électrique reçu en ondes vibratoires représentatives du signal sonore et à les transmettre au nerf auditif par conduction osseuse.

[0044] Ainsi, un utilisateur de l'appareil acoustique 10 commence par positionner l'appareil 10 sur sa tête, en plaçant la sangle 24 sur le dessus de son crâne, l'arceau arrière 26 derrière sa tête, près de sa nuque et les platines d'appui 60 sur les flancs latéraux de son crâne, au-dessus de chaque oreille respective. Le dégagement ménagé dans la partie basse des plaques d'appui 64 assure une bonne ergonomie de la platine 60 par rapport à la partie supérieure du pavillon de l'oreille.

[0045] Après avoir positionné l'appareil 10 sur sa tête, l'utilisateur ajuste l'arceau supérieur 24 sur sa tête, puis l'arceau arrière 26 sur sa nuque. L'ajustement de la position de chaque transducteur d'excitation mécanique osseuse 62 sur la tempe correspondante s'opère naturellement et automatiquement de par chaque articulation 66.

[0046] Lorsque l'appareil acoustique 10 est positionné de cette manière sur la tête de l'utilisateur, le premier microphone 12 capte un signal sonore comportant à la fois une composante correspondant à la voix de l'utilisateur, une composante correspondant au bruit ambiant, ainsi qu'une composante ostéophonique. Le deuxième microphone 14, également appelé microphone ostéophonique, capte uniquement la composante ostéophonique du signal sonore, et le troisième microphone 54 capte essentiellement, de par son orientation, la composante correspondant au bruit ambiant.

[0047] D'après l'équation (3), le signal électrique corrigé S_c contient donc essentiellement la seule composante correspondant à la voix de l'utilisateur, étant donné que la soustraction du troisième signal électrique E3 permet d'éliminer la composante correspondant au bruit ambiant, puis que la soustraction du deuxième signal électrique E2 permet d'éliminer la composante ostéophonique du signal sonore.

[0048] Autrement dit, avec l'appareil acoustique 10 selon l'invention, la composante correspondant au bruit ambiant est éliminée du signal délivré en sortie de l'appareil acoustique 10, alors qu'avec l'appareil acoustique de l'état de la technique cette composante correspondant au bruit ambiant n'est pas atténuée.

[0049] On conçoit ainsi que l'appareil acoustique 10 selon l'invention permet de réduire encore le bruit dans le signal électrique correspondant à la voix de l'utilisateur, afin d'améliorer la qualité du signal délivré par l'appareil acoustique.

[0050] La figure 5 illustre une première variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments analogues à ceux qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0051] Selon cette première variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte des moyens 70 de traitement numérique du bruit, et ne comporte ni le troisième microphone, ni les premiers moyens de détermination.

[0052] Les moyens de traitement numérique du bruit 70 sont propres à recevoir le premier signal électrique E1 et à délivrer en sortie le premier signal intermédiaire corrigé $Int1$, le premier signal intermédiaire corrigé $Int1$ présentant alors un rapport signal sur bruit supérieur au rapport signal sur bruit du premier signal E1.

[0053] Les moyens de traitement numérique du bruit 70 sont par exemple réalisés sous forme d'un logiciel de traitement numérique du bruit apte à être stocké dans la mémoire 47B de l'unité de traitement.

[0054] Dans l'exemple de réalisation de la figure 6, les moyens de traitement numérique du bruit 70 sont propres à mettre en oeuvre un algorithme de réduction de bruit basé sur le filtrage de Wiener et sur une soustraction spectrale étendue. Les moyens de traitement numérique 70 comportent une entrée 70A, une sortie 70B, un filtre de Wiener 71 connecté à l'entrée 70A, et un additionneur 72 connecté en sortie du filtre de Wiener 71 via un premier amplificateur 73. Les moyens de traitement numérique 70 comportent un premier inverseur 74 connecté en sortie de l'additionneur 72 et un deuxième amplificateur 75 connectant la sortie du premier inverseur 74 à l'additionneur 72. Les moyens de traitement numérique 70 comportent un premier sommateur 76 connecté à l'entrée 70A et en sortie de l'additionneur 72, et un deuxième inverseur 77 connecté entre la sortie du premier sommateur 76 et le filtre de Wiener 71. Les moyens de traitement numérique 70 comportent un deuxième sommateur 78 connecté à l'entrée 70A et en sortie du filtre de Wiener 71 via un troisième amplificateur 79, la sortie du deuxième sommateur 78 étant connectée à la sortie 70B des moyens de traitement numérique 70.

[0055] Les moyens de traitement numérique 70 sont propres à recevoir à l'entrée 70A à l'instant p le module d'un signal de parole contenant du bruit, le signal de parole bruité à l'instant p étant noté X_p . Le filtre de Wiener 71 présente une fonction de transfert H_p et est propre à délivrer en sortie le module du spectre du bruit estimé à l'instant p , le spectre du bruit estimé à l'instant p étant noté $\hat{N}_p$. Le premier amplificateur 73 présente un gain égal à $1-\lambda$, et le deuxième amplificateur 75 présente un gain égal à λ , où λ est un coefficient compris entre 0 et 1. Le signal délivré en sortie de l'additionneur 72 représente une moyenne des estimations spectrales du bruit, notée $\bar{N}_p$, et vérifie l'équation suivante :

$$\bar{N}_p = (1 - \lambda) \times |\hat{N}_p| + \lambda \times |\bar{N}_{p-1}| \quad (4)$$

[0056] Le premier inverseur 74 permet d'obtenir en sortie le module du spectre du bruit estimé à l'instant précédent $p-1$ $|\bar{N}_{p-1}|$, à partir du module du spectre du bruit estimé à l'instant p $|\bar{N}_p|$ reçu en entrée.

[0057] Le signal délivré en sortie du premier sommateur 76 correspond au module d'une moyenne des estimations de la parole à l'instant p , la moyenne des estimations de la parole à l'instant p étant notée $\bar{S}_p$ et vérifiant l'équation suivante :

$$|\bar{S}_p| = |X_p| - \bar{N}_p \quad (5)$$

[0058] Le deuxième inverseur 77 permet d'obtenir en sortie le module de la moyenne des estimations de la parole à l'instant précédent p-1 $|\bar{S}_{p-1}|$ à partir du module de la moyenne des estimations de la parole à l'instant p $|\bar{S}_p|$ reçu en entrée.

[0059] Le troisième amplificateur 79 présente un gain égal à K, et le signal délivré en sortie du deuxième sommateur 78 correspond au module du signal de parole estimé à l'instant p, le signal de parole estimé à l'instant p étant noté $\hat{S}_p$ et vérifiant l'équation suivante :

$$|\hat{S}_p| = |X_p| - K \times |\hat{N}_p| \quad (6)$$

[0060] Le module du signal de parole estimé à l'instant p $|\hat{S}_p|$ est délivré en la sortie 70B des moyens de traitement numérique du bruit 70, et correspond au premier signal intermédiaire corrigé Int1 qui présente un rapport signal sur bruit supérieur au rapport signal sur bruit du premier signal E1 reçu en entrée des moyens de traitement numérique du bruit 70.

[0061] Dans l'exemple de réalisation de la figure 5, le signal électrique corrigé Sc est égal à la soustraction du deuxième signal E2 au premier signal intermédiaire corrigé Int1, et vérifie alors l'équation (2) décrite précédemment.

[0062] D'après l'équation (2), le signal électrique corrigé Sc contient donc essentiellement égale à la seule composante correspondant à la voix de l'utilisateur, étant donné que le traitement numérique du bruit permet de réduire fortement la composante correspondant au bruit ambiant, puis que la soustraction du deuxième signal électrique E2 permet d'éliminer la composante ostéophonique du signal sonore.

[0063] Autrement dit, avec l'appareil acoustique 10 selon l'invention, la composante correspondant au bruit ambiant est fortement réduite dans le signal délivré en sortie de l'appareil acoustique 10, alors qu'avec l'appareil acoustique de l'état de la technique cette composante correspondant au bruit ambiant n'est pas atténuée.

[0064] La figure 7 illustre une deuxième variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments analogues à ceux qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0065] Selon cette deuxième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte le troisième microphone 54 et les premiers moyens de détermination 56. Le dispositif de réduction du bruit 20 ne comporte pas de moyens de traitement numérique du bruit.

[0066] Selon cette deuxième variante de réalisation, l'appareil acoustique 10 comprend en outre des premiers moyens de filtrage 80 connectés entre le dispositif de réduction du bruit 20 et les moyens de calcul 48, les premiers moyens de filtrage 80 étant propres à diminuer l'amplitude du signal pour des fréquences inférieures à une première fréquence prédéterminée F1. Autrement dit, les premiers moyens de filtrage 80 forment un filtre passe-haut avec une fréquence de coupure égale à la première fréquence prédéterminée F1.

[0067] Les premiers moyens de filtrage 80 sont par exemple réalisés sous forme d'un premier logiciel de filtrage apte à être stocké dans la mémoire 47B de l'unité de traitement. La première fréquence prédéterminée F1 présente une valeur, par exemple comprise entre 800 Hz et 1600 Hz, de préférence sensiblement égale à 1200 Hz.

[0068] En complément, selon deuxième variante de réalisation, l'appareil acoustique 10 comprend des deuxième moyens de filtrage 82 connectés entre le transducteur à excitation mécanique osseuse du deuxième microphone 14 et les moyens de calcul 48, les deuxième moyens de filtrage 82 étant propres à diminuer l'amplitude du signal pour des fréquences supérieures à une deuxième fréquence prédéterminée F2. Autrement dit, les deuxième moyens de filtrage 82 forment un filtre passe-bas avec une fréquence de coupure égale à la deuxième fréquence prédéterminée F2.

[0069] Les deuxième moyens de filtrage 82 sont par exemple réalisés sous forme d'un deuxième logiciel de filtrage apte à être stocké dans la mémoire 47B de l'unité de traitement. La deuxième fréquence prédéterminée F2 présente une valeur, par exemple comprise entre 400 Hz et 1200 Hz, de préférence sensiblement égale à 800 Hz.

[0070] Dans l'exemple de réalisation de la figure 7, le signal électrique corrigé Sc est alors égal à l'addition d'une partie basses fréquences du deuxième signal E2 et d'une partie hautes fréquences du premier signal intermédiaire corrigé Int1, et vérifie alors l'équation suivante :

$$Sc = Int1_{HF} + E2_{BF} \quad (7)$$

[0071] Le signal électrique corrigé Sc vérifie donc l'équation suivante :

$$Sc = (E1 - E3)_{HF} + E2_{BF} \quad (8)$$

[0072] En variante, le signal électrique corrigé Sc est alors égal à la soustraction d'une partie basses fréquences du deuxième signal E2 et d'une partie hautes fréquences du premier signal intermédiaire corrigé Int1, et vérifie alors l'équation suivante :

$$Sc = Int1_{HF} - E2_{BF} \quad (9)$$

[0073] Selon cette variante, le signal électrique corrigé Sc vérifie alors l'équation suivante :

$$Sc = (E1 - E3)_{HF} - E2_{BF} \quad (10)$$

[0074] En complément, un filtre, non représenté, est utilisé afin de mettre en phase les signaux E1, E2 et E3 avant de soustraire la partie hautes fréquences du signal E3 à la partie hautes fréquences du signal E1, puis d'ajouter le résultat de cette soustraction à la partie basses fréquences du signal E2 selon l'équation (8).

[0075] Par la suite, on entend par « partie basses fréquences », les fréquences du signal inférieures à la deuxième fréquence F2, c'est-à-dire celles qui n'ont pas été atténuées par les deuxièmes moyens de filtrage 82. De manière analogue, on entend par « partie hautes fréquences », les fréquences du signal supérieures à la première fréquence F1, c'est-à-dire celles qui n'ont pas été atténuées par les premiers moyens de filtrage 80.

[0076] D'après ce qui précède, ainsi que l'équation (8), le signal électrique corrigé Sc contient donc essentiellement la partie hautes fréquences de la composante correspondant à la voix de l'utilisateur et la partie basses fréquences de la composante ostéophonique du signal sonore, étant donné que la soustraction du troisième signal électrique E3 permet d'éliminer du premier signal E1 la composante correspondant au bruit ambiant. En outre, le signal issu des premiers moyens de filtrage 80 comporte une composante ostéophonique de valeur réduite, puisque la composante ostéophonique du signal sonore se situe principalement dans le domaine des basses fréquences.

[0077] Selon cette deuxième variante de réalisation, la qualité du signal délivré par l'appareil acoustique 10 selon l'invention est encore améliorée puisque la partie basses fréquences de la composante ostéophonique offre une meilleure intelligibilité du signal sonore issu des cordes vocales que la partie basses fréquences de la composante correspondant à la voix, notamment en cas de chuchotement de l'utilisateur. L'homme du métier observera également que lorsque l'utilisateur parle normalement, la partie basses fréquences de la composante ostéophonique est sensiblement identique à la partie basses fréquences de la composante correspondant à la voix.

[0078] Autrement dit, avec l'appareil acoustique 10 selon cette deuxième variante de réalisation, la composante correspondant au bruit ambiant est éliminée du signal délivré en sortie de l'appareil acoustique 10, tout en offrant une meilleure restitution du signal en cas de chuchotement de l'utilisateur.

[0079] La figure 8 illustre une troisième variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments analogues à ceux qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0080] Selon cette troisième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte les moyens 70 de traitement numérique du bruit, et ne comporte ni le troisième microphone, ni les premiers moyens de détermination.

[0081] Selon cette troisième variante de réalisation, l'appareil acoustique 10 comprend en outre les premiers moyens de filtrage 80 connectés entre le dispositif de réduction du bruit 20 et les moyens de calcul 48.

[0082] En complément, selon troisième variante de réalisation, l'appareil acoustique 10 comprend les deuxièmes moyens de filtrage 82 connectés entre le transducteur à excitation mécanique osseuse du deuxième microphone 14 et les moyens de calcul 48.

[0083] Dans l'exemple de réalisation de la figure 8, le signal électrique corrigé Sc est alors égal à l'addition de la partie basses fréquences du deuxième signal E2 et de la partie hautes fréquences du premier signal intermédiaire corrigé Int1, et vérifie alors l'équation (7) décrite précédemment.

[0084] D'après l'équation (7) et ce qui précède, le signal électrique corrigé Sc contient donc essentiellement la partie hautes fréquences de la composante correspondant à la voix de l'utilisateur et la partie basses fréquences de la composante ostéophonique du signal sonore, étant donné que le traitement numérique du bruit permet de réduire fortement la composante correspondant au bruit ambiant dans le premier signal E1.

[0085] Les avantages de cette troisième variante de réalisation sont analogues à ceux de la deuxième variante de réalisation décrite précédemment.

[0086] La figure 9 illustre une quatrième variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments analogues à ceux qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0087] Selon cette quatrième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte le troisième microphone 54 et les premiers moyens de détermination 56. Le dispositif de réduction du bruit 20 ne comporte pas de moyens de traitement numérique du bruit.

[0088] L'appareil acoustique 10 comprend les premiers moyens de filtrage 80 connectés entre le dispositif de réduction du bruit 20 et les moyens de calcul 48. En complément, l'appareil acoustique 10 comprend les deuxièmes moyens de filtrage 82 connectés entre le transducteur à excitation mécanique osseuse du deuxième microphone 14 et les moyens de calcul 48.

[0089] Selon cette quatrième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte en outre des deuxièmes moyens 90 de détermination d'un deuxième signal intermédiaire corrigé Int2 en fonction du premier signal intermédiaire corrigé Int1 et du deuxième signal E2, les deuxièmes moyens de détermination 90 étant connectés en sortie des premiers moyens de détermination 56.

[0090] Les deuxièmes moyens de détermination 90 sont, par exemple, réalisés sous forme d'un deuxième logiciel de détermination apte à être stocké dans la mémoire 47B de l'unité de traitement.

[0091] Dans l'exemple de réalisation de la figure 9, le deuxième signal intermédiaire corrigé Int2 est égal à la soustraction du deuxième signal E2 au premier signal intermédiaire corrigé Int1, et vérifie alors l'équation suivante :

$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2} \quad (11)$$

[0092] Le deuxième signal intermédiaire corrigé Int2 vérifie donc l'équation suivante :

$$\text{Int2} = \text{E1} - \text{E3} - \text{E2} \quad (12)$$

[0093] En complément, un filtre, non représenté, est utilisé afin de mettre en phase les signaux E1, E2 et E3 avant de soustraire les signaux E2 et E3 au signal E1 selon l'équation (12).

[0094] D'après l'équation (3), le deuxième signal intermédiaire corrigé Int2 contient donc essentiellement la seule composante correspondant à la voix de l'utilisateur, étant donné que la soustraction du troisième signal électrique E3 permet d'éliminer la composante correspondant au bruit ambiant, puis que la soustraction du deuxième signal électrique E2 permet d'éliminer la composante ostéophonique du signal sonore.

[0095] Dans l'exemple de réalisation de la figure 9, le signal électrique corrigé Sc est alors égal à l'addition d'une partie basses fréquences du deuxième signal E2 et d'une partie hautes fréquences du deuxième signal intermédiaire corrigé Int2, et vérifie alors l'équation suivante :

$$\text{Sc} = \text{Int2}_{\text{HF}} + \text{E2}_{\text{BF}} \quad (13)$$

[0096] Le signal électrique corrigé Sc vérifie donc l'équation suivante :

$$\text{Sc} = (\text{E1} - \text{E3} - \text{E2})_{\text{HF}} + \text{E2}_{\text{BF}} \quad (14)$$

[0097] En complément et de manière analogue, un filtre, non représenté, est utilisé afin de mettre en phase les signaux E1, E2 et E3 avant de soustraire la partie hautes fréquences des signaux E2 et E3 à la partie hautes fréquences du signal E1, puis d'ajouter le résultat de cette soustraction à la partie basses fréquences du signal E2 selon l'équation (11).

[0098] D'après ce qui précède, ainsi que l'équation (14), le signal électrique corrigé Sc contient donc seulement la partie hautes fréquences de la composante correspondant à la voix de l'utilisateur et la partie basses fréquences de la composante ostéophonique du signal sonore, étant donné que la soustraction du troisième signal électrique E3 permet d'éliminer du premier signal E1 la composante correspondant au bruit ambiant, puis que la soustraction du deuxième signal électrique E2 permet d'éliminer du premier signal E1 la composante ostéophonique du signal sonore.

[0099] Selon cette quatrième variante de réalisation, la qualité du signal délivré par l'appareil acoustique 10 selon l'invention est encore améliorée puisque la partie hautes fréquences du signal délivré ne comporte que la composante correspondant à la voix de l'utilisateur.

[0100] Autrement dit, avec l'appareil acoustique 10 selon cette quatrième variante de réalisation, la composante correspondant au bruit ambiant est éliminée du signal délivré en sortie de l'appareil acoustique 10, tout en offrant une meilleure restitution du signal en cas de chuchotement de l'utilisateur et une meilleure intelligibilité du signal délivré dans les hautes fréquences.

[0101] La figure 10 illustre une cinquième variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments

analogues à ceux qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0102] Selon cette cinquième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte les moyens 70 de traitement numérique du bruit, et ne comporte ni le troisième microphone, ni les premiers moyens de détermination.

[0103] L'appareil acoustique 10 comprend les premiers moyens de filtrage 80 connectés entre le dispositif de réduction du bruit 20 et les moyens de calcul 48. En complément, l'appareil acoustique 10 comprend les deuxièmes moyens de filtrage 82 connectés entre le transducteur à excitation mécanique osseuse du deuxième microphone 14 et les moyens de calcul 48.

[0104] Selon cette cinquième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte en outre les deuxièmes moyens 90 de détermination d'un deuxième signal intermédiaire corrigé Int2 en fonction du premier signal intermédiaire corrigé Int1 et du deuxième signal E2, les deuxièmes moyens de détermination 90 étant connectés en sortie des moyens de traitement numérique du bruit 70.

[0105] Dans l'exemple de réalisation de la figure 10, le signal électrique corrigé Sc est alors égal à l'addition de la partie basses fréquences du deuxième signal E2 et de la partie hautes fréquences du deuxième signal intermédiaire corrigé Int2, et vérifie alors l'équation (13) décrite précédemment.

[0106] D'après l'équation (13) et ce qui précède, le signal électrique corrigé Sc contient donc la partie hautes fréquences de la composante correspondant à la voix de l'utilisateur et la partie basses fréquences de la composante ostéophonique du signal sonore, étant donné que le traitement numérique du bruit permet de réduire fortement la composante correspondant au bruit ambiant dans le premier signal E1 et que la soustraction du deuxième signal électrique E2 permet d'éliminer du premier signal E1 la composante ostéophonique du signal sonore.

[0107] Les avantages de cette cinquième variante de réalisation sont analogues à ceux de la quatrième variante de réalisation décrite précédemment.

[0108] La figure 11 illustre une sixième variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments analogues à ceux qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0109] Selon cette sixième variante de réalisation, l'appareil acoustique 10 comprend en outre des moyens de commutation 95 propres à commuter entre une première configuration dans laquelle le signal électrique S propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique 10 est fonction du signal électrique corrigé Sc issu des moyens de calcul et une deuxième configuration dans laquelle le signal électrique S propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique 10 est fonction uniquement du deuxième signal électrique E2.

[0110] Les moyens de commutation 95 sont, par exemple, connectés en sortie, d'une part, des moyens de calcul 48, et d'autre part, des deuxièmes moyens de filtrage 82, comme représenté sur la figure 11.

[0111] En complément, les moyens de commutation 95 sont des moyens commandables suivant une loi de commande, et la loi de commande dépend d'un premier rapport signal sur bruit SNR_1 qui est fonction du premier signal électrique E1 et du deuxième signal électrique E2.

[0112] Le premier rapport signal sur bruit SNR_1 vérifie, par exemple, l'équation suivante :

$$SNR_1 = 20 \times \log_{10} \left(\frac{En_2}{En_2 - En_1} \right) \quad (15)$$

où En_1 et En_2 sont les énergies estimées respectives des premier et deuxième signaux électriques E1 et E2.

[0113] Les énergies estimées En_1 et En_2 sont calculées en fonction d'une moyenne, telle qu'une moyenne arithmétique, des valeurs des premier E1, et respectivement deuxième E2, signaux électriques au cours d'une période temporelle donnée.

[0114] La loi de commande est telle que les moyens de commutation 95 commutent dans la première configuration lorsque le premier rapport signal sur bruit SNR_1 présente une valeur supérieure à un premier seuil. Le premier seuil est par exemple égal à 15 dB.

[0115] En complément, la loi de commande dépend également d'un deuxième rapport signal sur bruit SNR_2 qui est fonction du premier signal intermédiaire corrigé Int1 et du deuxième signal électrique E2.

[0116] Le deuxième rapport signal sur bruit SNR_2 vérifie par exemple l'équation suivante :

$$SNR_2 = 20 \times \log_{10} \left(\frac{En_2}{En_2 - En_3} \right) \quad (16)$$

où En_2 et En_3 sont les énergies estimées respectives du deuxième signal électrique E2 et du premier signal intermédiaire

corrigé Int1.

[0117] On définit également un écart Δ de la manière suivante :

$$\Delta = SNR_2 - SNR_1 \quad (17)$$

[0118] La loi de commande est alors telle que les moyens de commutation 95 commutent également dans la première configuration lorsque le premier rapport signal sur bruit SNR_1 présente une valeur inférieure ou égale au premier seuil et que l'écart Δ présente une valeur supérieure à un deuxième seuil. Le deuxième seuil est par exemple égal à 5 dB.

[0119] Dans les autres cas, c'est-à-dire lorsque que le premier rapport signal sur bruit SNR_1 présente une valeur inférieure ou égale au premier seuil et que l'écart Δ présente une valeur inférieure ou égale au deuxième seuil, la loi de commande est telle que les moyens de commutation 95 commutent dans la deuxième configuration. Le signal électrique S est alors fonction uniquement du deuxième signal électrique E2.

[0120] Plus généralement, les moyens de commutation 95 sont propres à délivrer en sortie un signal corrigé amélioré Sca vérifiant l'équation suivante :

$$Sca = A \times E2_{BF} + B \times Sc \quad (18)$$

où A et B sont des coefficients de pondération dont la valeur dépend des premier et deuxième rapports signal sur bruit SNR_1 , SNR_2 .

[0121] La figure 12 illustre une sixième variante de ce premier mode de réalisation pour laquelle les éléments analogues à ceux de la cinquième variante qui ont été décrits précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0122] Selon cette sixième variante de réalisation, le dispositif de réduction du bruit 20 comporte les moyens 70 de traitement numérique du bruit en lieu et place du troisième microphone et des premiers moyens de détermination de la cinquième variante.

[0123] La figure 13 illustre un deuxième mode de réalisation pour lequel les éléments analogues à ceux du premier mode de réalisation décrit précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0124] Selon le deuxième mode de réalisation, le deuxième microphone 14 n'est pas disposé dans le boîtier de protection 18, mais est disposé dans un boîtier additionnel 100, le boîtier additionnel 100 étant relié à l'un des deux modules acoustique 22 par deux bras de liaison 102. Le transducteur à excitation mécanique osseuse 44 du deuxième microphone est alors disposé dans le boîtier additionnel 100.

[0125] Le boîtier additionnel 100 est de préférence destiné à être appliqué au contact du côté droit du crâne de l'utilisateur, et le boîtier additionnel 100 est alors de préférence relié au module acoustique 22 droit.

[0126] Le deuxième microphone 14 est alors identique au microphone de contact décrit dans le document FR 2 945 905 A1. L'agencement du deuxième microphone 14 à l'intérieur du boîtier additionnel 100 est analogue à l'agencement du microphone de contact dans son boîtier de protection tel que décrit dans le document FR 2 945 905 A1.

[0127] Le fonctionnement de ce deuxième mode de réalisation est identique à celui du premier mode de réalisation décrit précédemment, et n'est pas décrit à nouveau.

[0128] Les avantages de ce deuxième mode de réalisation sont identiques à ceux du premier mode de réalisation décrit précédemment, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0129] La figure 14 illustre un troisième mode de réalisation pour lequel les éléments analogues à ceux du premier mode de réalisation décrit précédemment, sont repérés par des références identiques, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0130] Selon le troisième mode de réalisation, le premier microphone 12 et le deuxième microphone 14 ne sont pas disposés dans le boîtier de protection 18, mais sont disposés dans un boîtier additionnel 200, le boîtier additionnel 200 étant relié à l'un des deux modules acoustique 22 par deux bras de liaison 202.

[0131] Le transducteur électroacoustique principal 32 et le transducteur à excitation mécanique osseuse 44 sont alors chacun disposés dans le boîtier additionnel 200.

[0132] Le boîtier additionnel 200 est de préférence destiné à être appliqué au contact du côté droit du crâne de l'utilisateur, et le boîtier additionnel 200 est alors de préférence relié au module acoustique 22 droit, comme représenté sur la figure 14.

[0133] Le deuxième microphone 14 est identique au microphone de contact décrit dans le document FR 2 945 905 A1. L'agencement du deuxième microphone 14 à l'intérieur du boîtier additionnel 200 est analogue à l'agencement du microphone de contact dans son boîtier de protection tel que décrit dans le document FR 2 945 905 A1.

[0134] Le fonctionnement de ce troisième mode de réalisation est identique à celui du premier mode de réalisation décrit précédemment, et n'est pas décrit à nouveau.

[0135] Les avantages de ce troisième mode de réalisation sont identiques à ceux du premier mode de réalisation

décrit précédemment, et ne sont pas décrits à nouveau.

[0136] Quel que soit le mode de réalisation et/ou quelle que soit la variante de réalisation du premier mode de réalisation, l'arceau supérieur 24, par exemple en forme de sangle, permet, de par sa faible épaisseur et sa matière souple, le port d'un casque lourd sans gêne sur le dessus de la tête. L'arceau arrière 26, étant positionné sous l'os du rocher derrière la tête, permet également le port de tous les casques lourds de combat.

[0137] Le maintien mécanique du deuxième microphone 14 et des deux modules 22 au contact du crâne est assuré par l'arceau arrière 26, alors que l'arceau supérieur 24 a un rôle de maintien en position sur le dessus de la tête.

[0138] L'appareil acoustique 10 est également apte à être utilisé avec un casque de motard, un casque pour pilote de véhicule automobile, un casque pour véhicule blindé, un casque de pompier, un casque pour agent de sécurité, un casque de chantier, ou encore un casque pour pilote d'aéronef.

[0139] En variante, l'appareil acoustique 10 est un casque pour standardiste.

[0140] On conçoit ainsi que l'appareil acoustique 10 selon l'invention permet de réduire encore le bruit dans le signal électrique correspondant à la voix de l'utilisateur, afin d'améliorer la qualité du signal délivré.

Revendications

1. Appareil acoustique (10) comprenant :

- un premier microphone (12), le premier microphone (12) comportant un transducteur électroacoustique principal (32) apte à recevoir des ondes sonores acoustiques d'un signal sonore issu des cordes vocales et à transformer lesdites ondes acoustiques en un premier signal électrique (E1),
- un deuxième microphone (14), le deuxième microphone (14) comportant un transducteur à excitation mécanique osseuse (44) apte à recevoir par conduction osseuse des oscillations vibratoires dudit signal sonore et à transformer lesdites oscillations vibratoires en un deuxième signal électrique (E2),
- des moyens (48) de calcul d'un signal électrique corrigé (Sc) en fonction du premier signal électrique (E1) et du deuxième signal électrique (E2), le signal électrique corrigé (Sc) étant propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique (10),
- un dispositif de réduction du bruit (20), le dispositif de réduction du bruit (20) étant connecté en sortie du transducteur électroacoustique principal (32) pour réduire le bruit dans le premier signal électrique (E1) et les moyens de calcul (48) étant connectés, d'une part, en sortie du dispositif de réduction du bruit (20), et d'autre part, en sortie du transducteur à excitation mécanique osseuse (44),

le dispositif de réduction du bruit (20) comportant un troisième microphone (54) et des premiers moyens (56) de détermination d'un premier signal intermédiaire corrigé (Int1), le troisième microphone (54) comportant un transducteur électroacoustique secondaire (58) apte à recevoir des ondes sonores acoustiques d'un bruit ambiant et à transformer lesdites ondes acoustiques en un troisième signal électrique (E3), le premier signal intermédiaire corrigé (Int1) étant fonction du premier signal électrique (E1) et du troisième signal électrique (E3), le premier signal intermédiaire corrigé (Int1) vérifiant l'équation suivante :

$$\text{Int1} = \text{E1} - \text{E3}$$

où E1 représente le premier signal électrique, et

E3 représente le troisième signal électrique,

le dispositif de réduction du bruit (20) comportant des moyens de détermination d'un deuxième signal intermédiaire corrigé (Int2) en fonction du premier signal intermédiaire corrigé (Int1) et du deuxième signal (E2), les moyens de détermination étant connectés en sortie des premiers moyens de détermination (56), et le signal électrique corrigé (Sc) étant alors fonction du deuxième signal intermédiaire corrigé (Int2),

caractérisé en ce que le deuxième signal intermédiaire corrigé (Int2) vérifie l'équation suivante :

$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2}$$

où Int1 représente le premier signal intermédiaire corrigé, et

E2 représente le deuxième signal électrique.

2. Appareil acoustique (10) comprenant :

- un premier microphone (12), le premier microphone (12) comportant un transducteur électroacoustique principal (32) apte à recevoir des ondes sonores acoustiques d'un signal sonore issu des cordes vocales et à transformer lesdites ondes acoustiques en un premier signal électrique (E1),
 - un deuxième microphone (14), le deuxième microphone (14) comportant un transducteur à excitation mécanique osseuse (44) apte à recevoir par conduction osseuse des oscillations vibratoires dudit signal sonore et à transformer lesdites oscillations vibratoires en un deuxième signal électrique (E2),
 - des moyens (48) de calcul d'un signal électrique corrigé (Sc) en fonction du premier signal électrique (E1) et du deuxième signal électrique (E2), le signal électrique corrigé (Sc) étant propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique (10),
 - un dispositif de réduction du bruit (20), le dispositif de réduction du bruit (20) étant connecté en sortie du transducteur électroacoustique principal (32) pour réduire le bruit dans le premier signal électrique (E1) et les moyens de calcul (48) étant connectés, d'une part, en sortie du dispositif de réduction du bruit (20), et d'autre part, en sortie du transducteur à excitation mécanique osseuse (44),

le dispositif de réduction du bruit (20) comportant des moyens de traitement numérique du bruit (70) propres à recevoir le premier signal électrique (E1) et à délivrer un premier signal intermédiaire corrigé (Int1), le premier signal intermédiaire corrigé (Int1) présentant un rapport signal sur bruit supérieur au rapport signal sur bruit du premier signal (E1),

le dispositif de réduction du bruit (20) comportant des moyens de détermination d'un deuxième signal intermédiaire corrigé (Int2) en fonction du premier signal intermédiaire corrigé (Int1) et du deuxième signal (E2), les moyens de détermination étant connectés en sortie des moyens de traitement numérique du bruit (70), et le signal électrique corrigé (Sc) étant alors fonction du deuxième signal intermédiaire corrigé (Int2), **caractérisé en ce que** le deuxième signal intermédiaire corrigé (Int2) vérifie l'équation suivante :

$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2}$$

où Int1 représente le premier signal intermédiaire corrigé, et
 E2 représente le deuxième signal électrique.

3. Appareil acoustique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'appareil acoustique (10) comprend en outre des premiers moyens de filtrage (80) connectés entre le dispositif de réduction du bruit (20) et les moyens de calcul (48), les premiers moyens de filtrage (80) étant propres à diminuer l'amplitude du signal pour des fréquences inférieures à une première fréquence prédéterminée (F1).
4. Appareil acoustique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'appareil acoustique (10) comprend en outre des deuxièmes moyens de filtrage (82) connectés entre le transducteur à excitation mécanique osseuse (44) et les moyens de calcul (48), les deuxièmes moyens de filtrage (82) étant propres à diminuer l'amplitude du signal pour des fréquences supérieures à une deuxième fréquence prédéterminée (F2).
5. Appareil acoustique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'appareil acoustique (10) comprend en outre des moyens de commutation (95) propres à commuter entre une première configuration dans laquelle le signal électrique (S) propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique (10) est fonction du signal électrique corrigé (Sc) issu des moyens de calcul et une deuxième configuration dans laquelle le signal électrique (S) propre à être délivré en sortie de l'appareil acoustique (10) est fonction uniquement du deuxième signal électrique (E2).
6. Appareil acoustique (10) selon la revendication 5, dans lequel les moyens de commutation (95) sont des moyens commandables suivant une loi de commande, et la loi de commande dépend d'un rapport signal sur bruit qui est fonction du premier signal électrique (E1) et du deuxième signal électrique (E2).
7. Appareil acoustique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'appareil acoustique (10) comprend en outre deux modules acoustiques latéraux (22) en appui sur les flancs latéraux du crâne et propres à transmettre un signal sonore au nerf auditif.
8. Équipement de tête pour opérateur comprenant un casque de protection, **caractérisé en ce qu'il** comporte un appareil acoustique (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Akustische Vorrichtung (10), aufweisend:

- ein erstes Mikrofon (12), wobei das erste Mikrofon (12) einen elektroakustischen Hauptwandler (32) aufweist, der in der Lage ist, akustische Schallwellen eines Schallsignals zu empfangen, das aus den Stimmbändern stammt, und die akustischen Wellen in ein erstes elektrisches Signal (E1) umzuwandeln,
- ein zweites Mikrofon (14), wobei das zweite Mikrofon (14) einen Wandler mit mechanischer Knochenanregung (44) aufweist, der in der Lage ist, durch Knochenleitung Vibrationsschwingungen des Schallsignals zu empfangen und die Vibrationsschwingungen in ein zweites elektrisches Signal (E2) umzuwandeln,
- Mittel (48) zum Berechnen eines korrigierten elektrischen Signals (Sc) in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal (E1) und dem zweiten elektrischen Signal (E2), wobei das korrigierte elektrische Signal (Sc) in der Lage ist, am Ausgang der akustischen Vorrichtung (10) ausgegeben zu werden,
- eine Vorrichtung zur Rauschminderung (20), wobei die Vorrichtung zur Rauschminderung (20) am Ausgang des elektroakustischen Hauptwandlers (32) angeschlossen ist, um das Rauschen in dem ersten elektrischen Signal (E1) zu verringern, und die Mittel zum Berechnen (48) einerseits am Ausgang der Vorrichtung zur Rauschminderung (20) und andererseits am Ausgang des Wandlers mit mechanischer Knochenanregung (44) angeschlossen sind,

wobei die Vorrichtung zur Rauschminderung (20) ein drittes Mikrofon (54) und erste Mittel (56) zum Ermitteln eines ersten korrigierten Zwischensignals (Int1) aufweist, wobei das dritte Mikrofon (54) einen sekundären elektroakustischen Wandler (58) aufweist, der in der Lage ist, akustische Schallwellen eines Umgebungsgeräuschs zu empfangen und die akustischen Wellen in ein drittes elektrisches Signal (E3) umzuwandeln, wobei das erste korrigierte Zwischensignal (Int1) von dem ersten elektrischen Signal (E1) und dem dritten elektrischen Signal (E3) abhängig ist, wobei das erste korrigierte Zwischensignal (Int1) die folgende Gleichung verifiziert:

$$\text{Int1} = \text{E1} - \text{E3},$$

wobei E1 das erste elektrische Signal repräsentiert und E3 das dritte elektrische Signal repräsentiert, wobei die Vorrichtung zur Rauschminderung (20) Mittel zum Ermitteln eines zweiten korrigierten Zwischensignals (Int2) in Abhängigkeit von dem ersten korrigierten Zwischensignal (Int1) und dem zweiten Signal (E2) aufweist, wobei die Mittel zum Ermitteln am Ausgang der ersten Mittel zum Ermitteln (56) angeschlossen sind und das korrigierte elektrische Signal (Sc) dann von dem zweiten korrigierten Zwischensignal (Int2) abhängt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite korrigierte Zwischensignal (Int2) die folgende Gleichung verifiziert:

$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2}$$

wobei Int1 das erste korrigierte Zwischensignal repräsentiert und E2 das zweite elektrische Signal repräsentiert.

2. Akustische Vorrichtung (10), aufweisend:

- ein erstes Mikrofon (12), wobei das erste Mikrofon (12) einen elektroakustischen Hauptwandler (32) aufweist, der in der Lage ist, akustische Schallwellen eines Schallsignals zu empfangen, das aus den Stimmbändern stammt, und die akustischen Wellen in ein erstes elektrisches Signal (E1) umzuwandeln,
- ein zweites Mikrofon (14), wobei das zweite Mikrofon (14) einen Wandler mit mechanischer Knochenanregung (44) aufweist, der in der Lage ist, durch Knochenleitung Vibrationsschwingungen des Schallsignals zu empfangen und die Vibrationsschwingungen in ein zweites elektrisches Signal (E2) umzuwandeln,
- Mittel (48) zum Berechnen eines korrigierten elektrischen Signals (Sc) in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal (E1) und dem zweiten elektrischen Signal (E2), wobei das korrigierte elektrische Signal (Sc) in der Lage ist, am Ausgang der akustischen Vorrichtung (10) ausgegeben zu werden,
- eine Vorrichtung zur Rauschminderung (20), wobei die Vorrichtung zur Rauschminderung (20) am Ausgang des elektroakustischen Hauptwandlers (32) angeschlossen ist, um das Rauschen in dem ersten elektrischen Signal (E1) zu verringern, und die Mittel zum Berechnen (48) einerseits am Ausgang der Vorrichtung zur Rauschminderung (20) und andererseits am Ausgang des Wandlers mit mechanischer Knochenanregung (44) angeschlossen sind,

angeschlossen sind,

wobei die Vorrichtung zur Rauschminderung (20) Mittel zur digitalen Verarbeitung des Rauschens (70) aufweist, die in der Lage sind, das erste elektrische Signal (E1) zu empfangen und ein erstes korrigiertes Zwischensignal (Int1) auszugeben, wobei das erste korrigierte Zwischensignal (Int1) ein Signal-Rausch-Verhältnis aufweist, das größer als das Signal-Rausch-Verhältnis des ersten Signals (E1) ist, wobei die Vorrichtung zur Rauschminderung (20) Mittel zum Ermitteln eines zweiten korrigierten Zwischensignals (Int2) in Abhängigkeit von dem ersten korrigierten Zwischensignal (Int1) und dem zweiten Signal (E2) aufweist, wobei die Mittel zum Ermitteln am Ausgang der Mittel zur digitalen Verarbeitung des Rauschens (70) angeschlossen sind und das korrigierte elektrische Signal (Sc) dann von dem zweiten korrigierten Zwischensignal (Int2) abhängt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite korrigierte Zwischensignal (Int2) die folgende Gleichung verifiziert:

$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2}$$

wobei Int1 das erste korrigierte Zwischensignal repräsentiert und E2 das zweite elektrische Signal repräsentiert.

3. Akustische Vorrichtung (10) gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die akustische Vorrichtung (10) ferner erste Filtermittel (80) aufweist, die zwischen der Vorrichtung zur Rauschminderung (20) und den Mitteln zum Berechnen (48) angeschlossen sind, wobei die ersten Filtermittel (80) in der Lage sind, die Amplitude des Signals für Frequenzen zu verringern, die kleiner als eine erste vorbestimmte Frequenz (F1) sind.
4. Akustische Vorrichtung (10) gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die akustische Vorrichtung (10) ferner zweite Filtermittel (82) aufweist, die zwischen dem Wandler mit mechanischer Knochenanregung (44) und den Mitteln zum Berechnen (48) angeschlossen sind, wobei die zweiten Filtermittel (82) in der Lage sind, die Amplitude des Signals für Frequenzen zu verringern, die größer als eine zweite vorbestimmte Frequenz (F2) sind.
5. Akustische Vorrichtung (10) gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die akustische Vorrichtung (10) ferner Mittel zum Umschalten (95) aufweist, die in der Lage sind, zwischen einer ersten Konfiguration, in der das elektrische Signal (S), das in der Lage ist, am Ausgang der akustischen Vorrichtung (10) ausgegeben zu werden, abhängig von dem korrigierten elektrischen Signal (Sc) ist, das aus den Mitteln zum Berechnen stammt, und einer zweiten Konfiguration umzuschalten, in der das elektrische Signal (S), das in der Lage ist, am Ausgang der akustischen Vorrichtung (10) ausgegeben zu werden, ausschließlich von dem zweiten elektrischen Signal (E2) abhängt.
6. Akustische Vorrichtung (10) gemäß Anspruch 5, wobei die Mittel zum Umschalten (95) Mittel sind, die gemäß einem Steuergesetz steuerbar sind, und das Steuergesetz von einem Signal-Rausch-Verhältnis abhängt, das von dem ersten elektrischen Signal (E1) und dem zweiten elektrischen Signal (E2) abhängt.
7. Akustische Vorrichtung (10) gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die akustische Vorrichtung (10) ferner zwei seitliche akustische Module (22) aufweist, die an den seitlichen Flanken des Schädels abgestützt sind und in der Lage sind, dem Hörnerv ein Schallsignal zu übermitteln.
8. Kopfeinrichtung für Bedienperson, aufweisend einen Schutzhelm, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine akustische Vorrichtung (10) gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

Claims

1. Acoustic apparatus (10) comprising:

- a first microphone (12), the first microphone (12) having a main electroacoustic transducer (32) capable of receiving acoustic sound waves of a sound signal coming from the vocal cords and of converting said acoustic waves into a first electrical signal (E1),
- a second microphone (14), the second microphone (14) having a transducer for osseous mechanical excitation (44) capable of receiving by bone conduction vibratory oscillations of said sound signal and of converting said vibratory oscillations into a second electrical signal (E2),
- means (48) for calculating a corrected electrical signal (Sc) as a function of the first electrical signal (E1) and

of the second electrical signal (E2), the corrected electrical signal (Sc) being capable of being delivered at the output of the acoustic apparatus (10),

- a noise reduction device (20), the noise reduction device (20) being connected at the output of the main electroacoustic transducer (32) in order to reduce the noise in the first electrical signal (E1) and the calculation means (48) being connected, on the one hand, at the output of the noise reduction device (20) and, on the other hand, at the output of the transducer for osseous mechanical excitation (44),

the noise reduction device (20) having a third microphone (54) and first means (56) for determining a first corrected intermediate signal (Int1), the third microphone (54) having a secondary electroacoustic transducer (58) capable of receiving acoustic sound waves of an ambient noise and of converting said acoustic waves into a third electrical signal (E3), the first corrected intermediate signal (Int1) being a function of the first electrical signal (E1) and of the third electrical signal (E3),

the first corrected intermediate signal (Int1) satisfying the following equation:

$$\text{Int1} = \text{E1} - \text{E3}$$

where E1 represents the first electrical signal and E3 represents the third electrical signal,

the noise reduction device (20) having means for determining a second corrected intermediate signal (Int2) as a function of the first corrected intermediate signal (Int1) and of the second signal (E2), the determination means being connected at the output of the first determination means (56) and the corrected electrical signal (Sc) then being a function of the second corrected intermediate signal (Int2),

characterised in that the second corrected intermediate signal (Int2) satisfies the following equation:

$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2}$$

wherein Int1 represents the first corrected intermediate signal and E2 represents the second electrical signal.

2. Acoustic apparatus (10) comprising:

- a first microphone (12), the first microphone (12) having a main electroacoustic transducer (32) capable of receiving acoustic sound waves of a sound signal coming from the vocal cords and of converting said acoustic waves into a first electrical signal (E1),

- a second microphone (14), the second microphone (14) having a transducer for osseous mechanical excitation (44) capable of receiving by bone conduction vibratory oscillations of said sound signal and of converting said vibratory oscillations into a second electrical signal (E2),

- means (48) for calculating a corrected electrical signal (Sc) as a function of the first electrical signal (E1) and of the second electrical signal (E2), the corrected electrical signal (Sc) being capable of being delivered at the output of the acoustic apparatus (10),

- a noise reduction device (20), the noise reduction device (20) being connected at the output of the main electroacoustic transducer (32) in order to reduce the noise in the first electrical signal (E1) and the calculation means (48) being connected, on the one hand, at the output of the noise reduction device (20) and, on the other hand, at the output of the transducer for osseous mechanical excitation (44),

the noise reduction device (20) having digital noise processing means (70) capable of receiving the first electrical signal (E1) and of delivering a first corrected intermediate signal (Int1), the first corrected intermediate signal (Int1) having a signal-to-noise ratio greater than the signal-to-noise ratio of the first signal (E1),

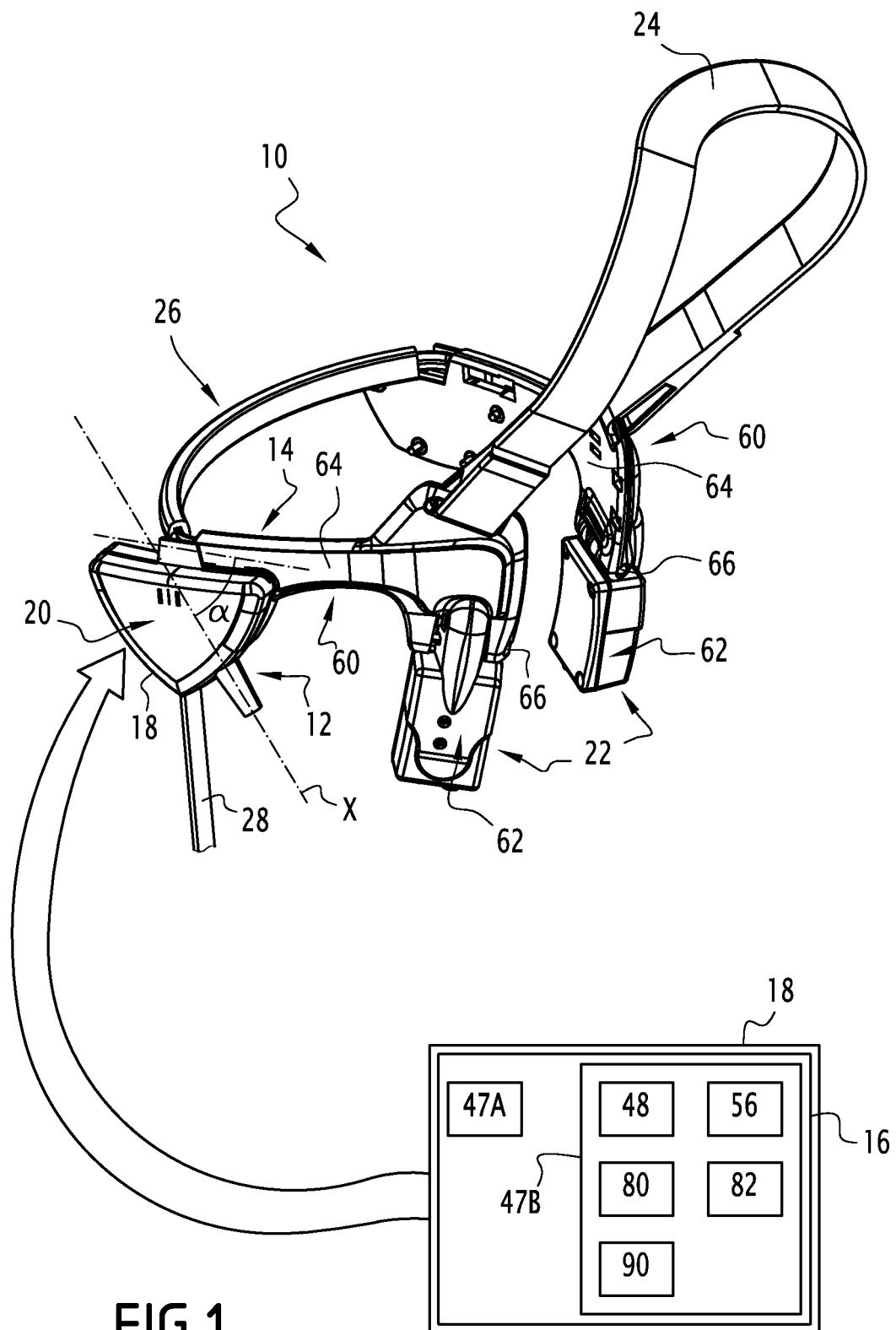
the noise reduction device (20) having means for determining a second corrected intermediate signal (Int2) as a function of the first corrected intermediate signal (Int1) and of the second signal (E2), the determination means being connected at the output of the digital noise processing means (70) and the corrected electrical signal (Sc) then being a function of the second corrected intermediate signal (Int2),

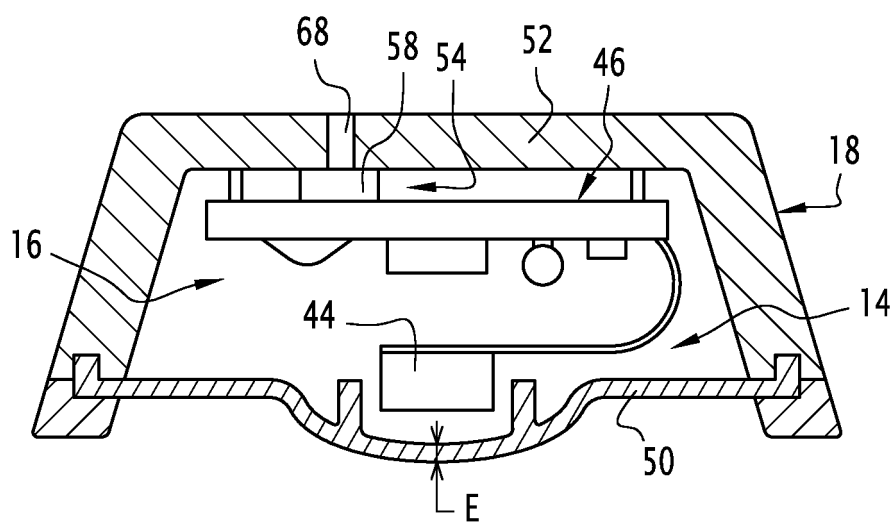
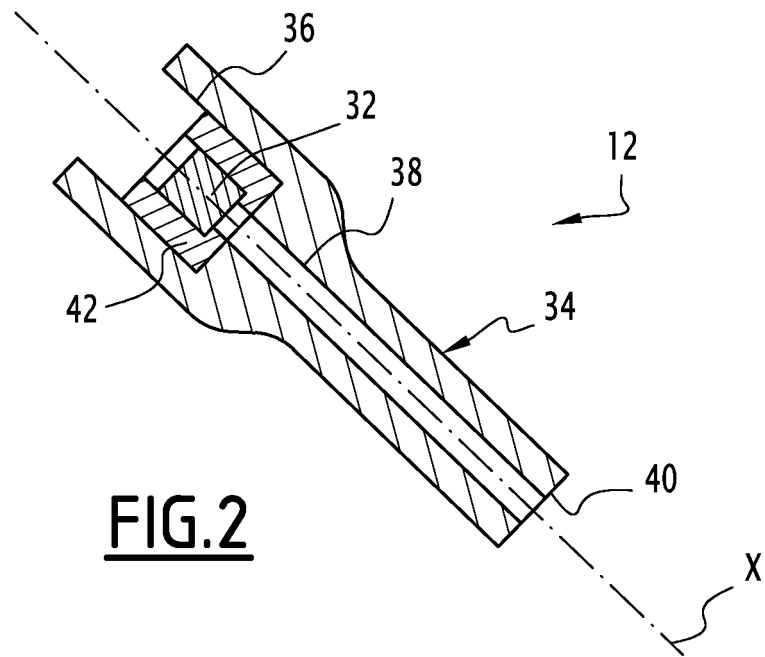
characterised in that the second corrected intermediate signal (Int2) satisfies the following equation:

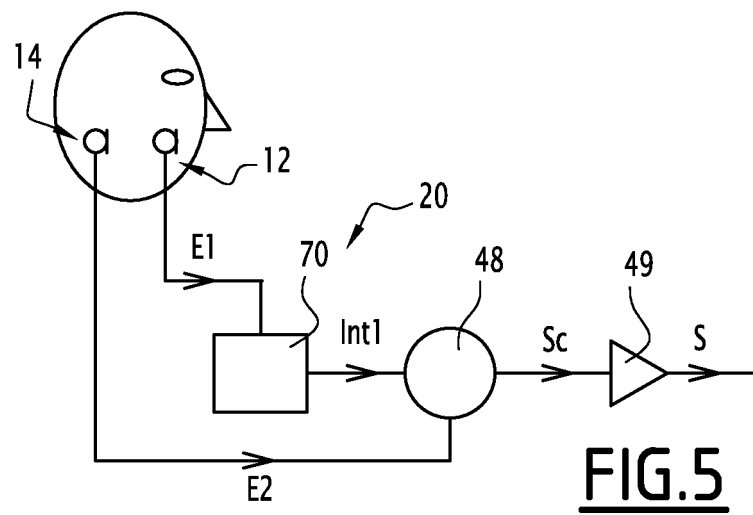
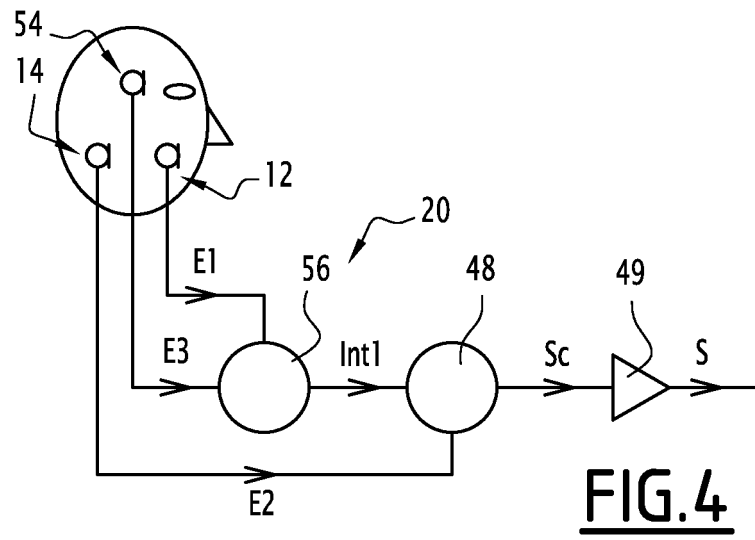
$$\text{Int2} = \text{Int1} - \text{E2}$$

where Int1 represents the first corrected intermediate signal and E2 represents the second electrical signal.

3. Acoustic apparatus (10) according to any one of the preceding claims, wherein the acoustic apparatus (10) further comprises first filtering means (80) connected between the noise reduction device (20) and the calculation means (48), the first filtering means (80) being capable of reducing the amplitude of the signal for frequencies below a first predetermined frequency (F1).
4. Acoustic apparatus (10) according to any one of the preceding claims, wherein the acoustic apparatus (10) further comprises second filtering means (82) connected between the transducer for osseous mechanical excitation (44) and the calculation means (48), the second filtering means (82) being capable of reducing the amplitude of the signal for frequencies greater than a second predetermined frequency (F2).
5. Acoustic apparatus (10) according to any one of the preceding claims, wherein the acoustic apparatus (10) further comprises switching means (95) capable of switching between a first configuration in which the electrical signal (S) capable of being delivered at the output of the acoustic apparatus (10) is a function of the corrected electrical signal (Sc) obtained from the calculation means and a second configuration in which the electrical signal (S) capable of being delivered at the output of the acoustic apparatus (10) is a function only of the second electrical signal (E2).
6. Acoustic apparatus (10) according to claim 5, wherein the switching means (95) are means which are controllable in accordance with a control law, and the control law is dependent on a signal-to-noise ratio which is a function of the first electrical signal (E1) and of the second electrical signal (E2).
7. Acoustic apparatus (10) according to any one of the preceding claims, wherein the acoustic apparatus (10) further comprises two lateral acoustic modules (22) which rest on the lateral flanks of the skull and are capable of transmitting a sound signal to the auditory nerve.
8. Headset for an operator comprising a protective helmet, **characterised in that** it comprises an acoustic apparatus (10) according to any one of the preceding claims.







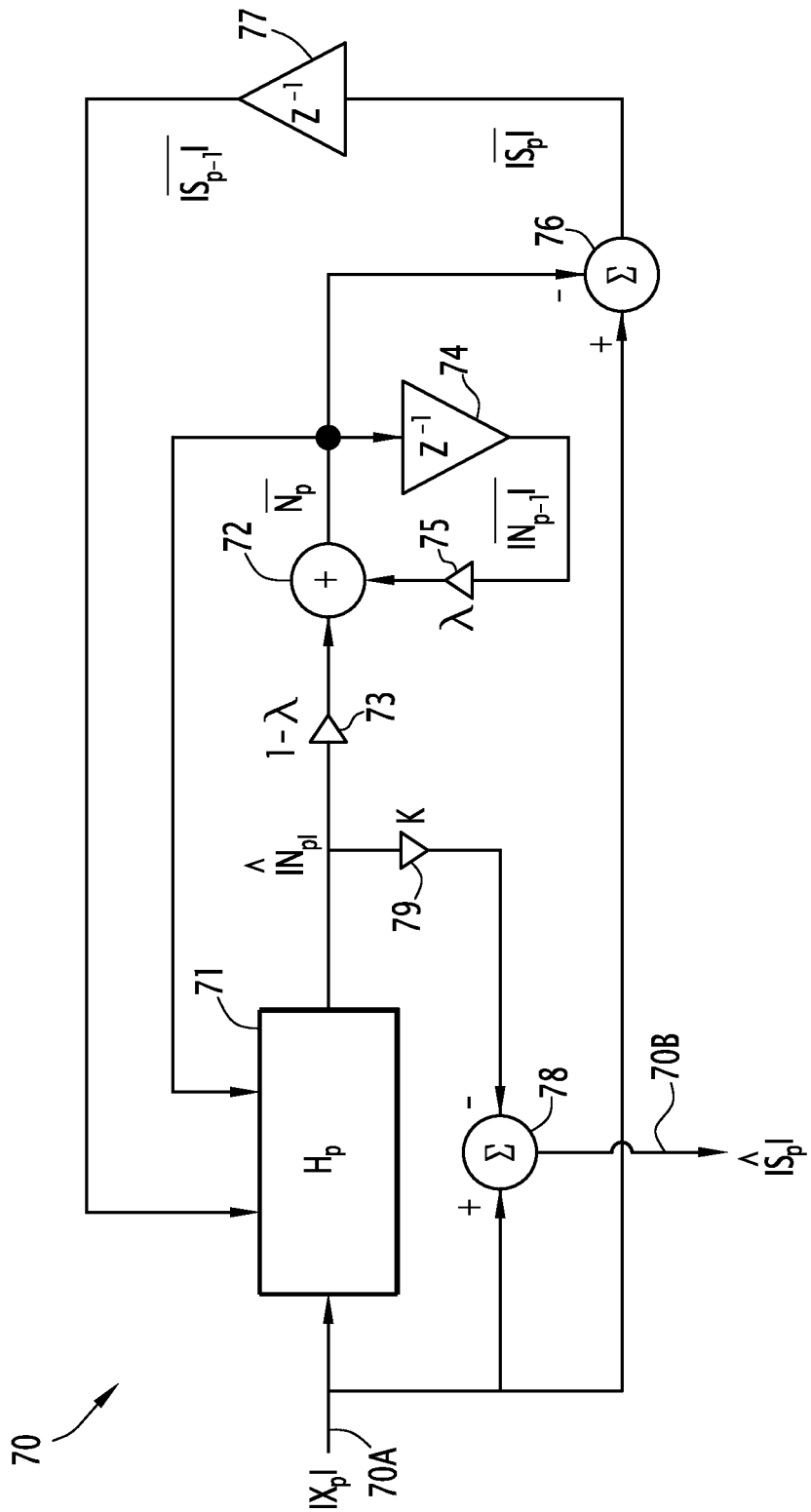


FIG. 6

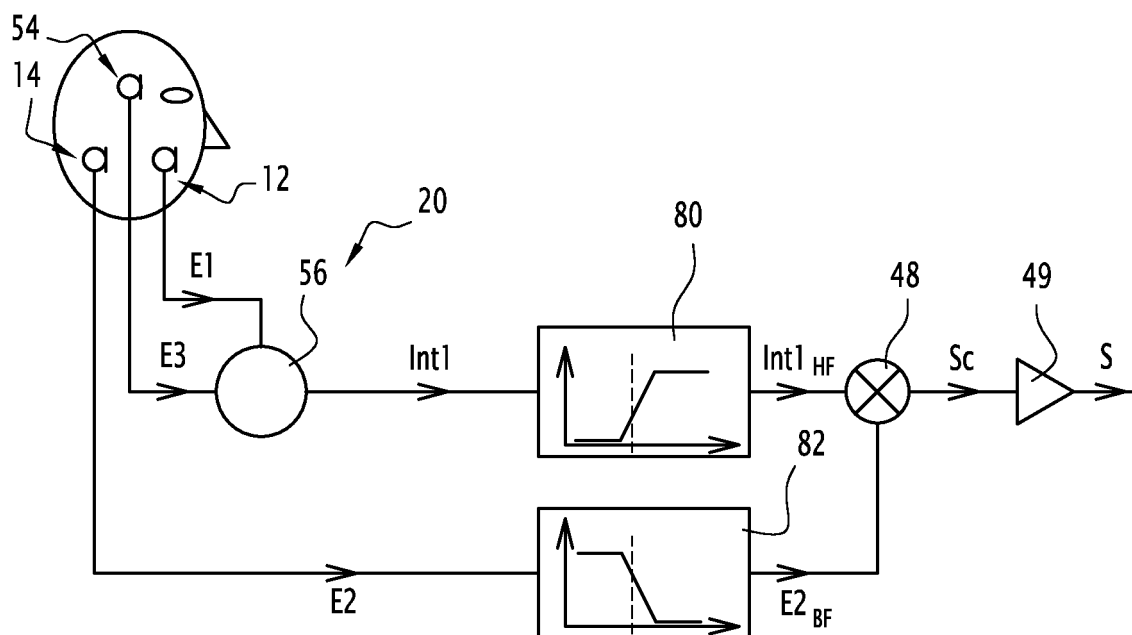


FIG. 7

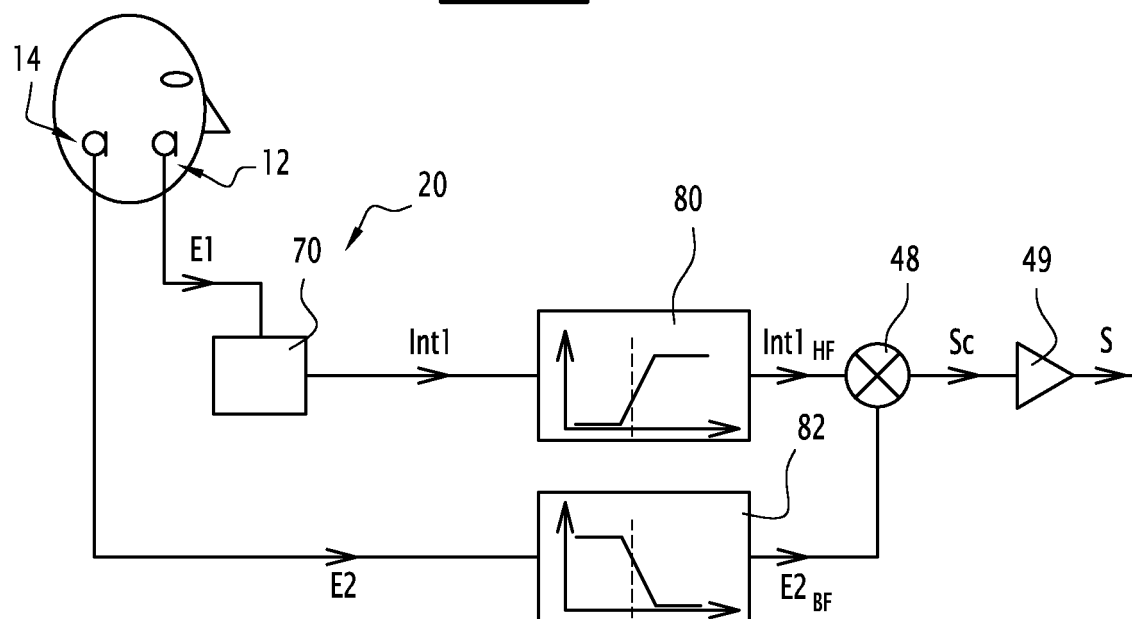


FIG. 8

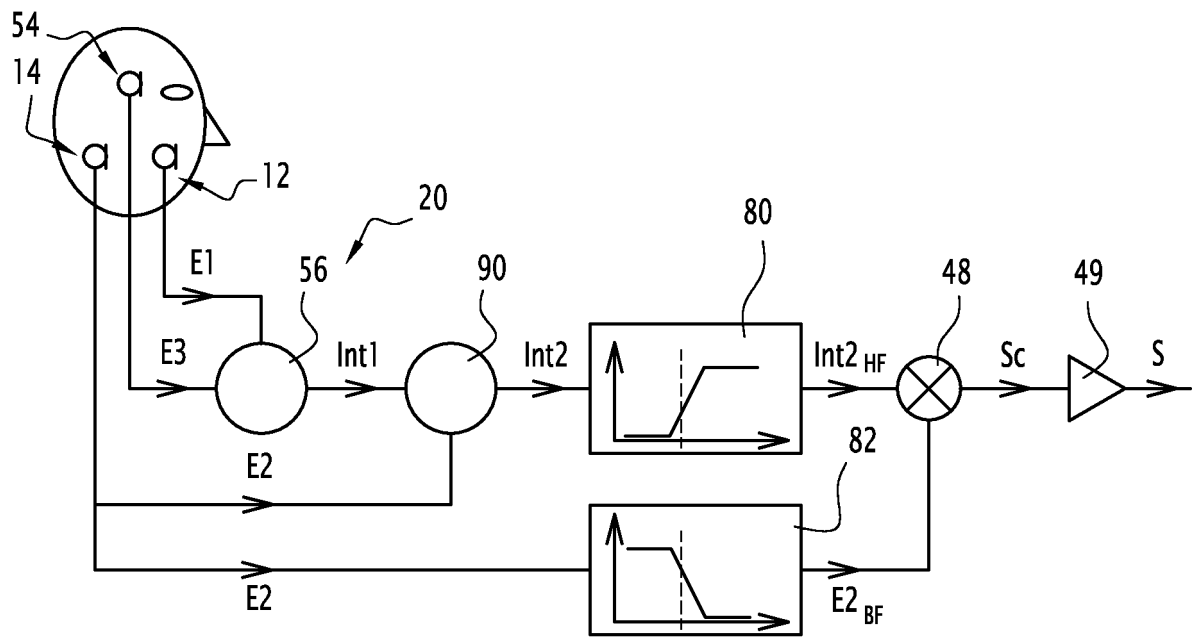


FIG.9

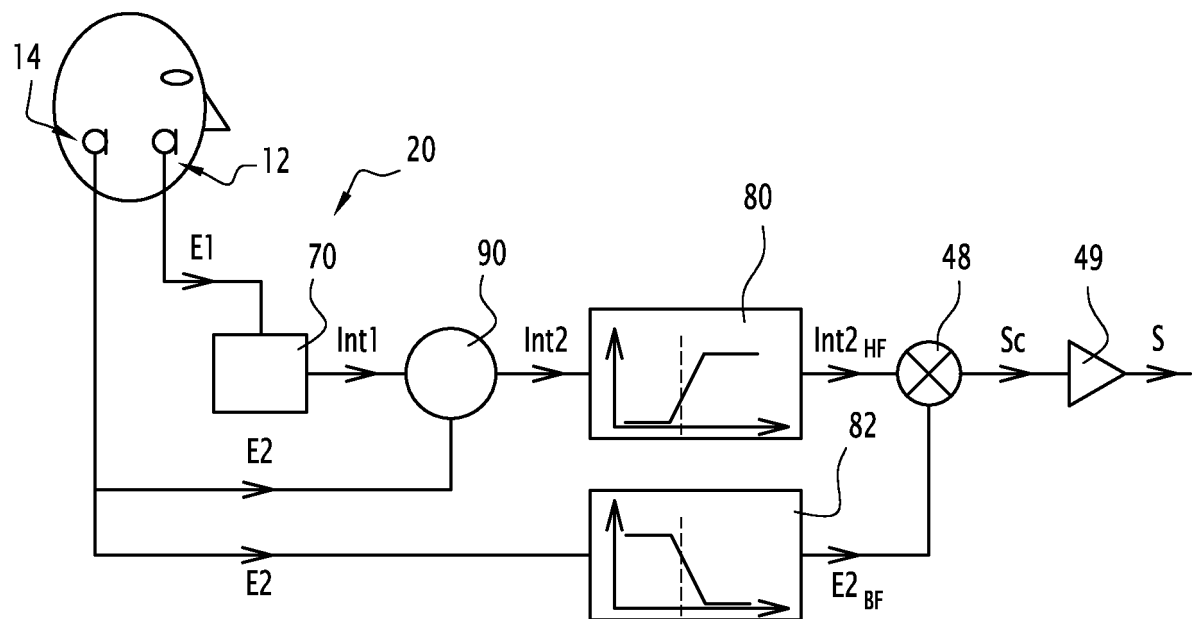


FIG.10

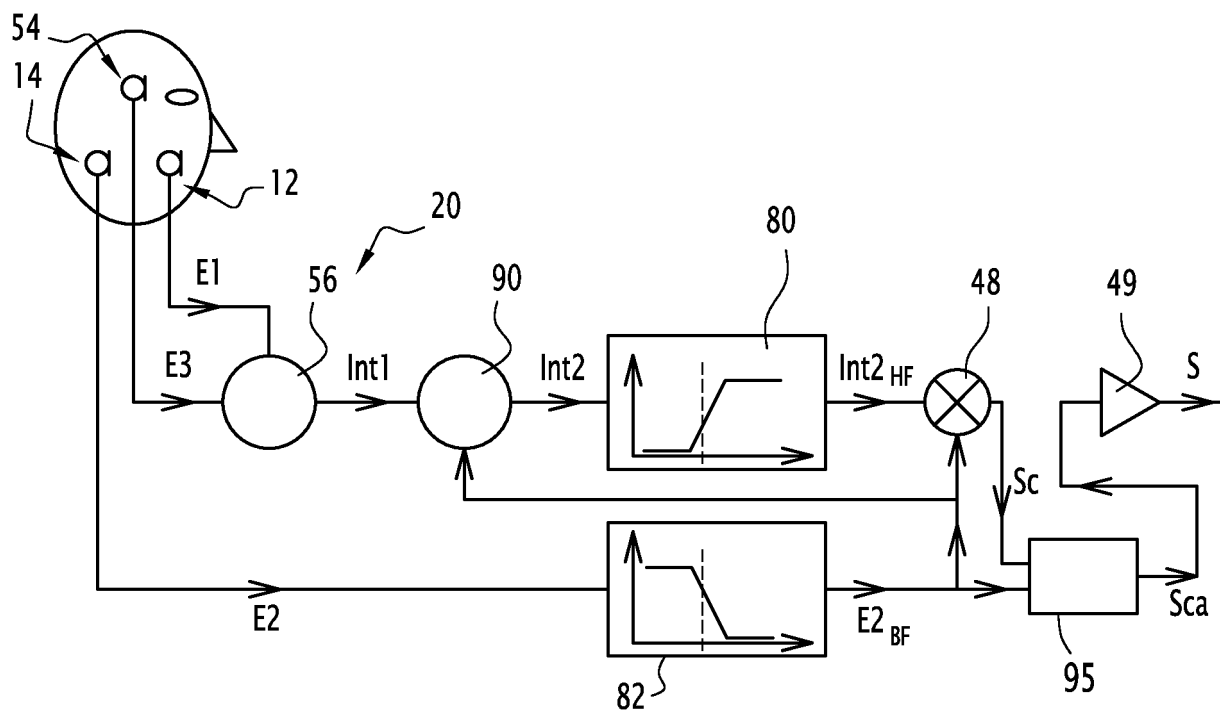


FIG.11

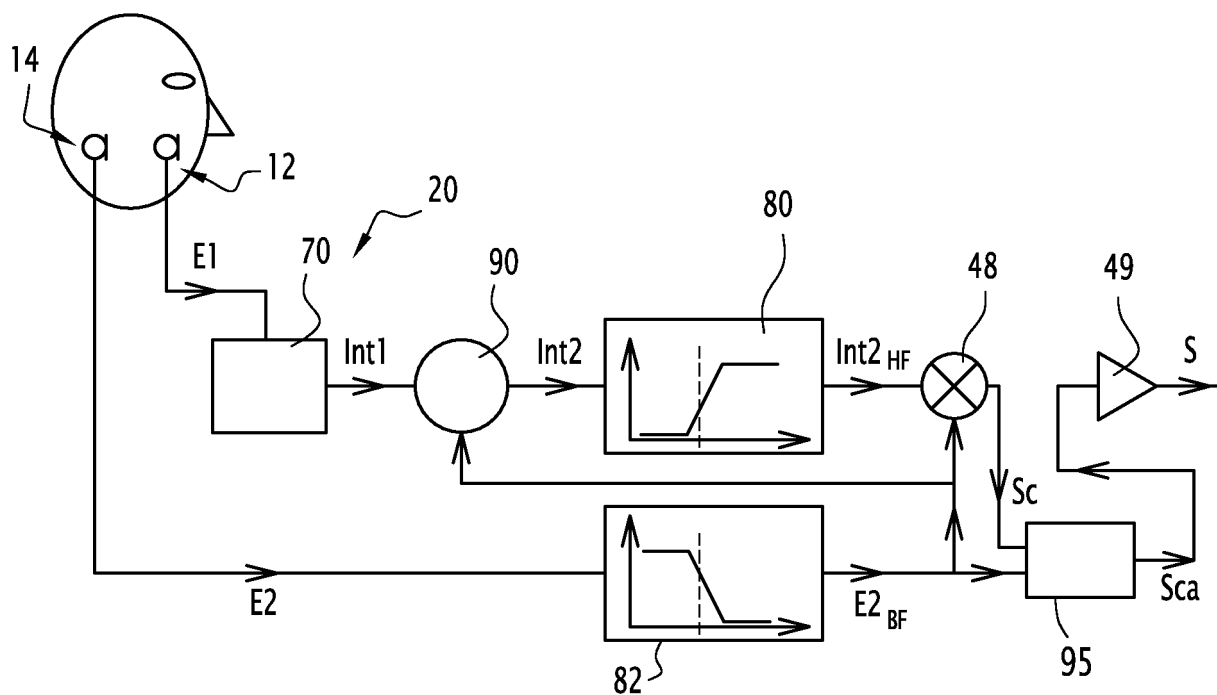
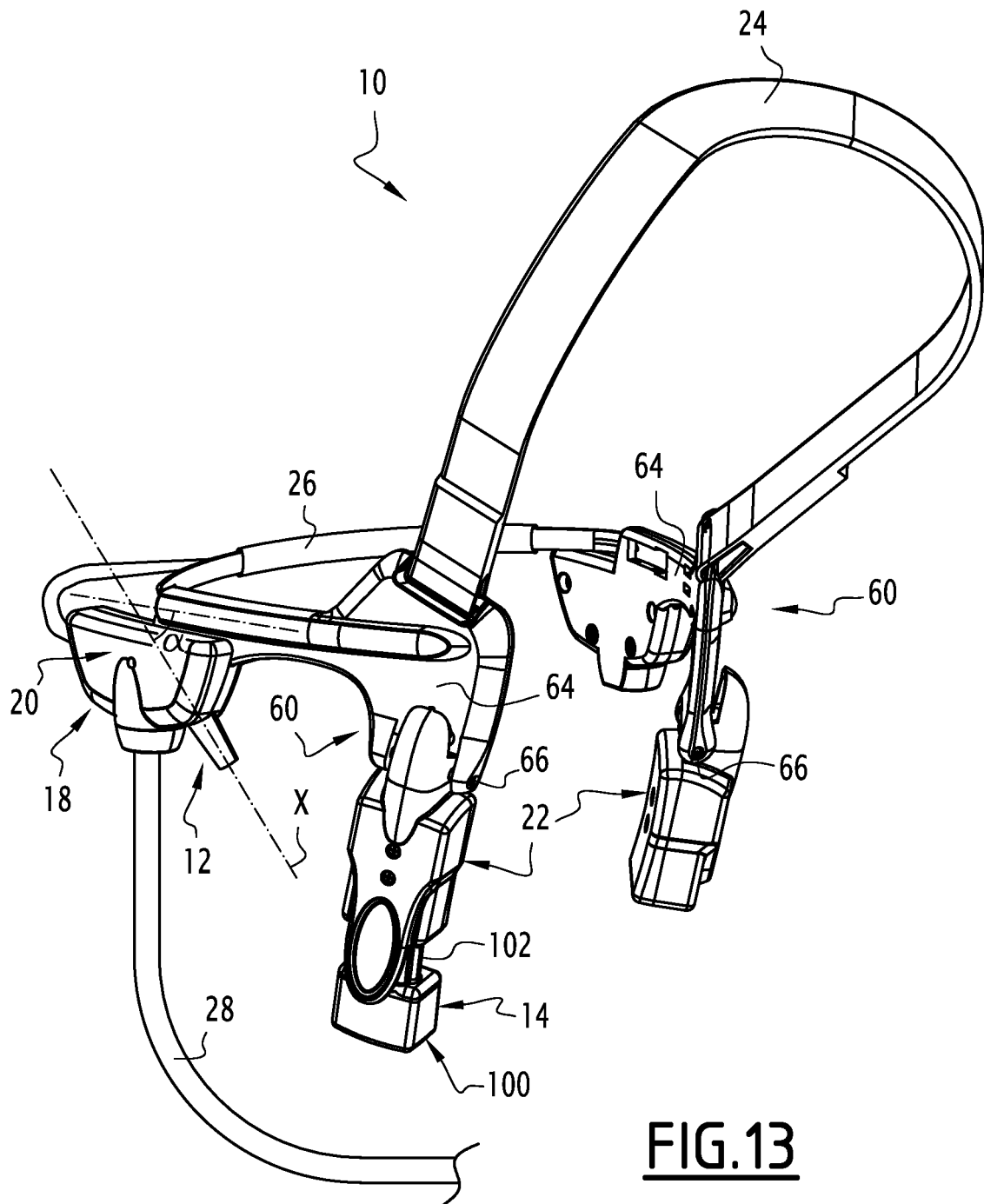


FIG.12



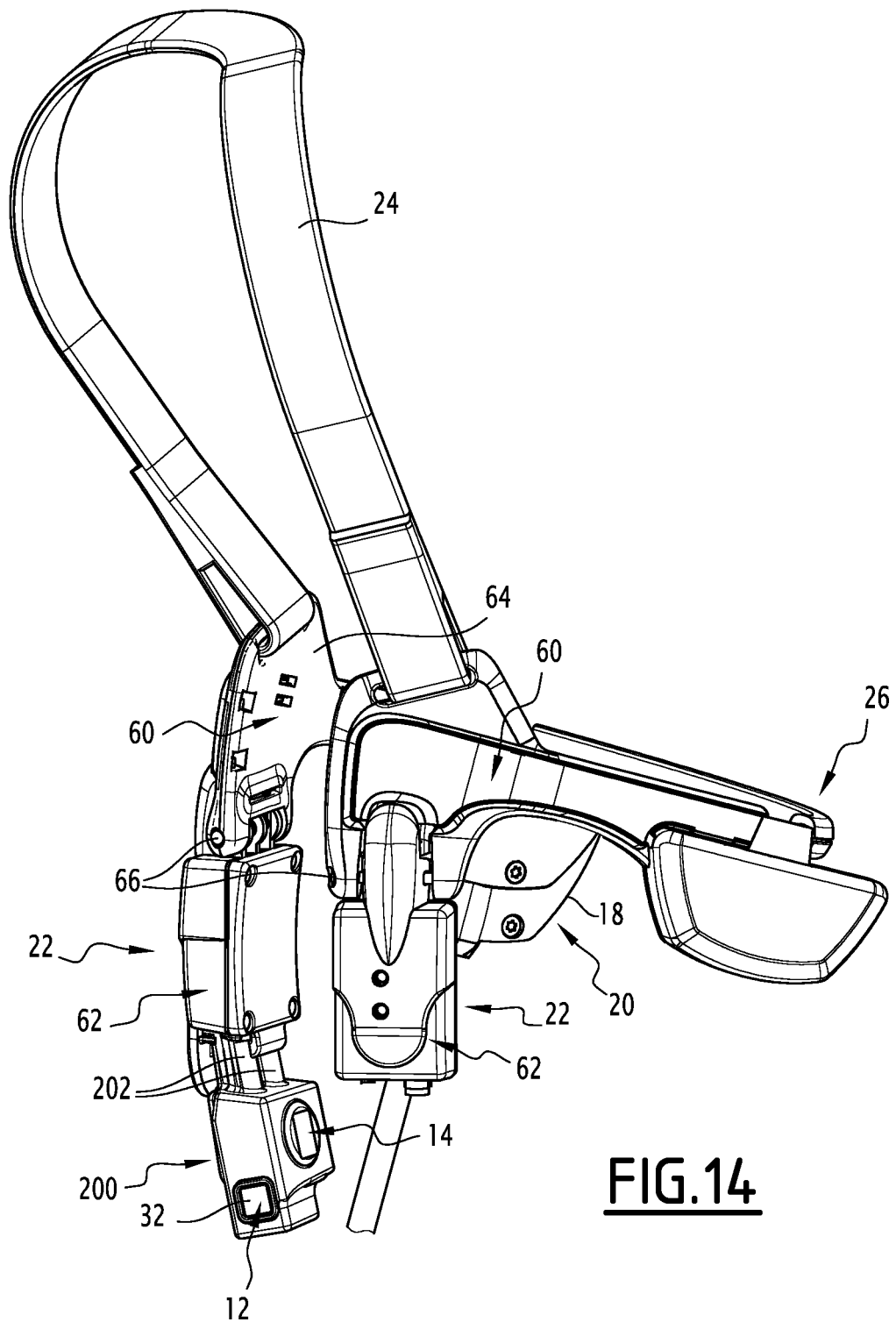


FIG.14

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 5692059 A [0003]
- US 7283850 B2 [0004]
- EP 2518724 A1 [0005]
- FR 2945905 A1 [0126] [0133]