



(11) **EP 3 326 170 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
25.05.2022 Bulletin 2022/21

(21) Numéro de dépôt: **16745669.8**

(22) Date de dépôt: **22.07.2016**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G10K 11/178 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
**G10K 11/1783; G10K 11/17821; G10K 11/17823;
G10K 11/17837; G10K 11/17853; G10K 11/17857;
G10K 11/17861; G10K 11/17881; G10K 11/17885;
G10K 2210/1081; G10K 2210/111;
G10K 2210/3039; G10K 2210/3056;
G10K 2210/509**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2016/067589

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/017037 (02.02.2017 Gazette 2017/05)

(54) **DISPOSITIF DE CONTROLE ACTIF DE BRUIT**
VORRICHTUNG ZUR AKTIVEN GERÄUSCHDÄMPFUNG
ACTIVE NOISE-CONTROL DEVICE

(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**

(30) Priorité: **24.07.2015 FR 1557049**

(43) Date de publication de la demande:
30.05.2018 Bulletin 2018/22

(73) Titulaire: **Orosound**
94100 Saint Maur des Fosses (FR)

(72) Inventeurs:
• **GUIU, Pierre**
92140 Clamart (FR)
• **BENHAÏM, Eric**
94100 Saint Maur ds Fosses (FR)

(74) Mandataire: **Lavaud, Thomas et al**
Cabinet Boettcher
16, rue Médéric
75017 Paris (FR)

(56) Documents cités:
US-A1- 2011 007 907 US-A1- 2011 243 343
US-A1- 2011 293 103 US-A1- 2012 215 519
US-A1- 2013 129 105

• **Various: "Dynamic range compression -
Wikipedia", , 18 juillet 2015 (2015-07-18),
XP55314180, Extrait de l'Internet:
URL:https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dynamic_range_compression&oldid=672033255 [extrait le 2016-10-26]**

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).

EP 3 326 170 B1

Description

[0001] L'invention concerne le domaine de la réduction de bruit et, plus particulièrement, un dispositif de contrôle actif de bruit.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

[0002] De nombreuses personnes travaillent dans des environnements bruités dans lesquels elles sont exposées à des niveaux de bruit très élevés provenant de sources variées. On trouve par exemple de tels environnements bruités sur des chantiers de construction, sur des chantiers de démolition (dynamitage), dans des usines dans lesquelles sont utilisées des scies mécaniques, etc. Il est nécessaire, dans de tels environnements bruités, de réduire le niveau de bruit pour protéger l'ouïe de ces personnes.

[0003] D'autres personnes travaillent dans des environnements bruités dans lesquels règnent de manière continue des niveaux de bruit moins élevés, ce qui présente un risque plus faible à court terme de dégradation des capacités auditives mais tend à augmenter la fatigue, le stress et à diminuer les capacités d'attention et de concentration de ces personnes. On trouve par exemple de tels environnements bruités dans les espaces de travail partagés (« open space ») utilisés dans les centres d'appel. Le niveau de bruit doit être atténué pour améliorer les conditions de travail de ces personnes.

[0004] D'autres personnes, dans un cadre non professionnel, souhaitent aussi réduire les niveaux de bruit de leur environnement pour améliorer leur confort lorsqu'elles souhaitent se reposer, se concentrer (par exemple pour lire), ou bien lorsqu'elles souhaitent profiter pleinement de la musique qu'elles écoutent.

[0005] Dans la plupart de ces situations, il est important de réduire efficacement les niveaux de bruits, mais il peut aussi être très avantageux de ne pas complètement isoler acoustiquement la personne concernée et de lui permettre, tout en étant protégée efficacement des bruits indésirables, de percevoir des bruits utiles : voix, alarmes, sonneries, etc. Il est très avantageux, en d'autres termes, d'adapter le niveau d'atténuation du bruit en fonction du type de bruit et éventuellement en fonction du niveau de bruit, du type d'environnement extérieur, etc.

[0006] Certains dispositifs de protection auditive sont équipés de systèmes de contrôle de bruit qui permettent d'atténuer le bruit de manière différente selon le niveau de bruit.

[0007] On connaît par exemple des casques dédiés à la protection de forts bruits provoqués par un impact ou une explosion. Ces casques sont principalement utilisés pour atténuer les bruits de tirs d'armes à feu. Ils limitent les bruits de tirs tout en permettant à l'utilisateur d'entendre les sons de plus faible niveau. Ces casques comportent deux écouteurs comprenant chacun généralement une coque, un microphone et un haut-parleur. La coque

comprend un matériau de forte densité apportant une atténuation passive très importante. Le microphone capte les bruits environnants extérieurs à la coque et restitue un signal filtré de manière à ce que les sons ne dépassant pas un certain seuil prédéfini (typiquement 88 dB(A)) soient transmis à un haut-parleur qui les émet alors à l'oreille de l'utilisateur. Les sons de voix sont ainsi par exemple entendus par l'utilisateur, alors que les sons de tirs sont étouffés.

[0008] On connaît aussi des écouteurs intra-auriculaires fonctionnant de manière similaire aux casques qui viennent d'être décrits et particulièrement adaptés à protéger un utilisateur contre de forts bruits tels que ceux rencontrés au cours de travaux de construction ou dans des environnements industriels particulièrement bruyants (voir par exemple le document US-A-5 355 418).

[0009] En outre, un casque ayant des filtres du type «feedforward» et du type «feedback» séparés et ayant un contrôleur de compression est connu d'après US 2011/0243343 A1.

[0010] Ces casques et ces écouteurs présentent aux moins deux désavantages. Le contrôle de bruit qu'ils réalisent tient compte du niveau de bruit mais pas du type de bruit. De plus, les seuils prédéfinis au-delà desquels les bruits ne sont pas retransmis ne sont pas réglables selon les conditions d'utilisation.

OBJET DE L'INVENTION

[0011] L'invention a pour objet une solution peu coûteuse et simple à mettre en œuvre permettant de supprimer au moins en partie les désavantages évoqués plus tôt.

RESUME DE L'INVENTION

[0012] En vue de la réalisation de ce but, on propose un dispositif de contrôle actif de bruit comportant deux oreillettes d'atténuation passive munies chacune d'un microphone externe, d'un microphone interne, et d'un haut-parleur pour restituer un bruit dans l'oreillette. Le dispositif de contrôle comporte une chaîne de traitement comprenant un filtre *feedforward* relié aux microphones externes, un filtre *feedback* relié aux microphones internes, un module de restitution fournissant à chaque haut-parleur un signal restitué à partir des signaux de sortie du filtre *feedforward* et du filtre *feedback*. Selon l'invention, la chaîne de traitement comporte un filtre limiteur positionné entre le filtre *feedforward* et le module de restitution et agencé pour limiter les signaux de sortie du filtre *feedforward* de manière à éviter que le bruit restitué ait un niveau sonore trop important, et le dispositif de contrôle comporte des moyens de réglage pour régler de manière combinée le filtre limiteur et un gain total du dispositif de contrôle.

[0013] Le réglage combiné du filtre limiteur et du gain total du dispositif de contrôle permet, selon les condi-

tions, de régler le contrôle actif de bruit en fonction à la fois du type de bruit et du niveau de bruit. L'utilisation d'un filtre limiteur en sortie du filtre *feedforward* pour éviter que le bruit restitué ait un niveau sonore trop important est peu complexe et peu coûteux à mettre en œuvre, notamment en termes d'efforts de conception, d'intégration, de test.

[0014] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier, non limitatif de l'invention.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0015] Il sera fait référence aux dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 représente un utilisateur situé dans un environnement bruité et muni du dispositif de contrôle actif de bruit de l'invention ;
- la figure 2 est une vue de détail de la figure 1 représentant une oreillette du dispositif de contrôle de l'invention ;
- la figure 3 est un schéma électrique de moyens de traitement du dispositif de contrôle de l'invention ;
- la figure 4 représente une première chaîne de traitement et une deuxième chaîne de traitement du dispositif de contrôle de l'invention ;
- la figure 5 est un diagramme d'une antenne microphonique directive constituée grâce à des microphones externes du dispositif de contrôle de l'invention ;
- la figure 6 est un graphique sur lequel sont représentées une courbe d'atténuation passive et une courbe d'atténuation à la fois passive et active du dispositif de contrôle de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0016] En référence à la figure 1, le dispositif de contrôle actif de bruit 1, conforme à l'invention, est destiné à équiper un utilisateur 2 situé dans un environnement bruité (espace de travail, etc.).

[0017] Le dispositif de contrôle 1 permet d'améliorer l'accès de l'utilisateur 2 à un bruit dit « bruit utile » régnant dans l'environnement bruité tout en atténuant au maximum un bruit dit « bruit indésirable » régnant aussi dans l'environnement bruité.

[0018] Comme on le verra dans la suite de la présente description, on entend ici par « bruit utile » un type de bruit particulier ayant une amplitude particulière et provenant d'une direction spatiale particulière.

[0019] Le dispositif de contrôle 1 permet aussi à l'utilisateur 2 d'écouter de la musique. Cette fonction sera évoquée très brièvement dans la suite de la présente description car elle ne constitue pas le cœur de l'invention.

[0020] Le dispositif de contrôle 1 comporte une oreillette gauche d'atténuation passive 3a et une oreillette droite

d'atténuation passive 3b reliées chacune par un câble 4 à un boîtier 5 positionné ici dans une poche d'une veste de l'utilisateur 2. Chaque câble 4 comporte une pluralité de fils conducteurs entourés par une gaine de protection, les fils conducteurs étant destinés à transmettre différents signaux électriques analogiques et numériques évoqués ci-après et cheminant entre chacune des oreillettes 3 et le boîtier 5.

[0021] En référence à la figure 2, chaque oreillette 3 se présente ici sous la forme d'un écouteur intra-auriculaire qui comporte un corps 6 et un embout 7 porté par le corps 6.

[0022] L'embout 7 a une forme adaptée pour permettre à l'embout 7 d'être inséré dans un conduit auditif 8 d'une oreille 9 de l'utilisateur 2 en obturant ledit conduit auditif. L'embout 7 maintient l'oreillette 3 dans le conduit auditif 8 de l'oreille 9 et apporte à l'utilisateur 2 une atténuation sonore passive en produisant une isolation sonore.

[0023] Chaque corps 6 délimite un espace acoustique interne 11 s'étendant au regard de l'intérieur du conduit auditif 8 et définit également un espace acoustique externe 12 s'étendant à l'extérieur de l'oreillette 3.

[0024] Chaque oreillette 3 comporte de plus un microphone externe 14, un microphone interne 15 et un haut-parleur 16 qui équipent le corps 6 de l'oreillette 3.

[0025] Le microphone externe 14 est monté sur le corps 6 à l'extérieur de l'espace acoustique interne 11 pour capter un bruit externe régnant dans l'espace acoustique externe 12 et à produire un signal électrique externe représentatif du bruit externe. Le signal électrique externe de chaque oreillette 3 est transmis au boîtier 5 via le câble 4 reliant l'oreillette 3 au boîtier 5.

[0026] Le microphone interne 15 est monté dans le corps 6 pour capter un bruit interne régnant dans l'espace acoustique interne 11 et à produire un signal électrique interne représentatif du bruit interne. Le signal électrique interne de chaque oreillette 3 est transmis au boîtier 5 via le câble 4 reliant l'oreillette 3 au boîtier 5.

[0027] Le haut-parleur 16 est positionné de manière à restituer dans l'espace acoustique interne 11 et donc dans le conduit auditif 8 de l'oreille 9 un bruit restitué à partir d'un signal restitué produit par le boîtier 5 et transmis par le boîtier 5 à chaque oreillette 3 via le câble 4 reliant l'oreillette 3 au boîtier 5.

[0028] Le boîtier 5, quant à lui, comporte une carte électrique sur laquelle sont montés une pluralité de composants électronique constituant des moyens de traitement 20.

[0029] En référence à la figure 3, les moyens de traitement 20 comportent un module d'alimentation 21, un microcontrôleur 22, un module d'horloge 23, un module source audio 24, quatre convertisseurs analogique-numérique 25, deux convertisseurs numérique-analogique 26, des premiers composants d'interface analogique 27, des deuxièmes composants d'interface analogique 28 et un DSP 29 (pour « Digital Signal Processor »).

[0030] Le module d'alimentation 21 comporte ici une batterie rechargeable et un circuit d'alimentation qui, no-

tamment, gère la charge de la batterie et fournit à la carte électrique et aux oreillettes 3 via les câbles 4 une ou plusieurs tensions d'alimentation pour alimenter les composants électriques de la carte et les oreillettes 3.

[0031] Le microcontrôleur 22 et le DSP 29 gèrent le fonctionnement de la carte électrique et, plus largement, du dispositif de contrôle 1 dans son ensemble.

[0032] Le module d'horloge 23 comporte un composant d'horloge (quartz, etc.) utilisé pour cadencer les opérations du microcontrôleur 22 et donc les opérations des autres composants (convertisseurs analogique-numérique 25, etc.).

[0033] Le module source audio 24 permet à l'utilisateur d'écouter de la musique. Le module source audio 24 acquiert des signaux musicaux qui sont ici transmis au boîtier 5 par un téléphone via une communication sans-fil de type Bluetooth. Le microcontrôleur 22 reçoit à son tour les signaux musicaux et transmet ces signaux musicaux aux oreillettes 3 via les câbles 4 pour que les haut-parleurs 16 des oreillettes 3 restituent la musique dans l'espace acoustique interne 11 de chaque oreillette 3.

[0034] Les convertisseurs analogique-numérique 25 convertissent en signaux numériques les signaux électriques externes et les signaux électriques internes produits sous la forme de signaux analogiques respectivement par les microphones externes 14 et les microphones internes 15. De même, les convertisseurs numérique-analogique 26 convertissent en signaux analogiques les signaux restitués et les signaux musicaux produits par le microcontrôleur 22 sous la forme de signaux numériques.

[0035] Les premiers composants d'interface analogique 27 mettent en forme (amplification, atténuation, filtrage, etc.) les signaux électriques externes et les signaux électriques internes produits respectivement par les microphones externes 14 et les microphones internes 15 sous la forme de signaux analogiques préalablement à leur conversion en signaux numériques par les convertisseurs analogique-numérique 25. De même, les deuxièmes composants d'interface analogique 28 mettent en forme (amplification, atténuation, filtrage, etc.) les signaux restitués et les signaux musicaux suite à leur conversion en signaux analogiques par les convertisseurs numérique-analogique 26.

[0036] On décrit maintenant plus en détail les traitements réalisés par le dispositif de contrôle 1.

[0037] En référence à la figure 4, une première chaîne de traitement 30 est mise en œuvre par le microcontrôleur 22 et le DSP 29 des moyens de traitement 20 du boîtier 5.

[0038] La première chaîne de traitement 30 comprend les blocs fonctionnels suivants reliés en série et disposés successivement d'amont en aval de la première chaîne de traitement 30 (c'est à dire depuis l'entrée jusqu'à la sortie de la première chaîne de traitement 30): un module de partition de l'espace acoustique externe 31, un module *feedforward* 32, un module de limitation 33, un module de restitution 34, un module d'amplification 35 et un

module *feedback* 36.

[0039] Le module de partition de l'espace acoustique externe 31 a pour entrées le signal externe produit par le microphone externe 14 de l'oreillette gauche 3a et le signal externe produit par le microphone externe 14 de l'oreillette droite 3b. Le module de partition de l'espace acoustique externe 31 combine le signal externe produit par le microphone externe 14 de l'oreillette gauche 3a et le signal externe produit par le microphone externe 14 de l'oreillette droite 3b pour former une antenne microphonique directive.

[0040] L'antenne microphonique directive présente un diagramme de directivité déterminé par des coefficients de pondération et des coefficients de retard utilisés dans la combinaison de chaque signal externe. L'antenne microphonique directive formée ici et dont le diagramme de directivité 38 est visible sur la figure 5 est une antenne de type « broadside bidirectionnelle d'ordre 1 ».

[0041] En faisant varier la direction du lobe principal 39 du diagramme de directivité 38 de l'antenne microphonique directive, on définit ici onze antennes microphoniques selon des directions différentes. On partitionne ainsi l'espace acoustique externe en onze secteurs d'incidence Sect_i (visibles sur la figure 1 et sur la figure 5, i variant de 1 à 11) définis dans un plan horizontal passant par les microphones externes 14. On définit ensuite onze signaux externes directifs Sign_i qui correspondent chacun à un bruit externe directif provenant de l'un des onze secteurs d'incidence Sect_i.

[0042] Chacun des onze signaux externes directifs Sign_i est traité séparément par le module *feedforward* 32 et par le module de limitation 33.

[0043] Le module *feedforward* 32 comporte onze filtres *feedforward* FF_i qui filtrent chacun l'un des onze signaux externes directifs Sign_i. Chaque filtre *feedforward* FF_i fonctionne selon le principe connu et non rappelé ici du contrôle par anticipation en boucle ouverte.

[0044] Ainsi, le filtre *feedforward* FF_i est adapté soit à atténuer soit à amplifier le bruit externe directif du secteur d'incidence Sect_i et ce, de manière plus ou moins importante en fonction de paramètres *feedforward* du filtre FF_i. Si le bruit externe directif est un bruit utile, le signal externe directif Sign_i correspondant sera amplifié par le filtre *feedforward* FF_i correspondant (ou bien retransmis tel quel). Au contraire, si le bruit externe directif est un bruit indésirable, le signal externe directif Sign_i correspondant sera atténué par le filtre *feedforward* FF_i correspondant.

[0045] Chaque filtre *feedforward* FF_i permet typiquement une atténuation maximale d'environ 20dB pour les bruits externes directifs de fréquence comprise entre 50Hz et 2kHz.

[0046] Le module limiteur 33 comporte onze filtres limiteurs FL_i qui reçoivent chacun un signal de sortie de l'un des onze filtres *feedforward* FF_i.

[0047] Chaque filtre limiteur FL_i est agencé pour limiter le signal de sortie du filtre *feedforward* FF_i associé pour éviter que le bruit restitué dans l'espace acoustique

interne 11 et donc dans le conduit auditif 8 de chaque oreille 9 de l'utilisateur 2 ait un niveau sonore trop important. Les filtres limiteurs FL_i permettent donc de protéger l'ouïe de l'utilisateur 2 contre un bruit de niveau sonore important.

[0048] Pour limiter le signal de sortie du filtre *feedforward* FF_i, le filtre limiteur FL_i laisse passer les composantes fréquentielles du signal de sortie du filtre *feedforward* FF_i dont l'amplitude est inférieure à un seuil de limitation, et écrête au niveau du seuil de limitation l'amplitude des composantes fréquentielles dont l'amplitude est supérieure au seuil de limitation.

[0049] Le module de restitution 34 reçoit les onze signaux de sortie du module limiteur 33 et les recombine en tenant compte du secteur d'incidence Sect_i dont ils proviennent afin de respecter la partition de l'espace acoustique externe 12. Le module de restitution 34 reçoit aussi les signaux musicaux 40 évoqués plus tôt.

[0050] Le module de restitution 34 effectue un mixage entre les onze signaux de sortie du module de limitation 33 recombinaison et les signaux musicaux 40 et produit un signal restitué gauche Sr_g et un signal restitué droit Sr_d qui respectent la perception binaurale de l'utilisateur 2.

[0051] Le signal restitué gauche Srg et le signal restitué droit Srd forment un signal stéréo qui est amplifié par le module d'amplification 35 et transmis au haut-parleur 16 de l'oreillette gauche 3a et au haut-parleur 16 de l'oreillette droite 3b via les câbles 4.

[0052] Le haut-parleur 16 de l'oreillette gauche 3a et le haut-parleur 16 de l'oreillette droite 3b restituent alors un bruit restitué respectivement dans l'espace acoustique interne 11 de l'oreillette gauche 3a et dans l'espace acoustique interne 11 de l'oreillette droite 3b de l'utilisateur 2.

[0053] Chaque microphone interne 15 capte le bruit interne dans l'espace acoustique interne 11 de l'oreillette 3 et produit un signal électrique interne représentatif du bruit interne.

[0054] Le module *feedback* 36 comporte deux filtres *feedback* FB (ou « filtres avec rétroaction »). Chaque filtre *feedback* FB reçoit le signal électrique interne de l'un des microphones internes 15 et isole un signal électrique résiduel correspondant à un bruit résiduel à atténuer régnant dans l'espace acoustique interne 11. Le bruit résiduel est constitué par la combinaison du bruit que laisse passer les oreillettes 3 dans l'espace acoustique interne 11 et des bruits physiologiques transmis au canal auditif par conduction osseuse.

[0055] Les filtres *feedback* FB produisent alors un signal électrique résiduel opposé Ser et transmettent le signal électrique résiduel opposé Ser au module de restitution 34 pour que le module de restitution 34 génère un bruit correctif opposé de même gain et en opposition de phase par rapport au bruit résiduel.

[0056] On atténue de la sorte le bruit résiduel, en obtenant en particulier une atténuation maximale de l'ordre de 30dB pour les composantes de basse fréquence du bruit résiduel comprises entre 10Hz et 1kHz.

[0057] Le module *feedback* 36 est ainsi adapté à atténuer le bruit externe et ce, de manière plus ou moins importante en fonction de paramètres *feedback* des filtres *feedback* FB.

5 **[0058]** Comme on vient de le voir, la première chaîne de traitement 30 fonctionne en utilisant des paramètres de réglage, qui sont les paramètres *feedforward* des filtres *feedforward* FF_i, les paramètres *feedback* des filtres *feedback* FB et les seuils de limitation des filtres limiteurs FL_i.

10 **[0059]** Les paramètres *feedforward*, les paramètres *feedback*, les seuils de limitation et l'atténuation passive apportée par les oreillettes 3 contribuent à un gain total du dispositif de contrôle 1. Le gain total du dispositif de contrôle 1 peut être une amplification totale ou une atténuation totale.

15 **[0060]** Le dispositif de contrôle 1 comporte des premiers moyens de réglage mis en œuvre dans les moyens de traitement 20, qui permettent de régler de manière combinée les seuils de limitation des filtres limiteurs FL_i, les paramètres *feedforward* des filtres *feedforward* FF_i et les paramètres *feedback* des filtres *feedback* FB de la première chaîne de traitement 30 (et donc le gain total du dispositif de contrôle 1).

20 **[0061]** Le boîtier 5 du dispositif de contrôle 1 comporte une première interface utilisateur 45 (visible sur la figure 1) permettant à l'utilisateur 2 du dispositif de contrôle 1 de contrôler les premiers moyens de réglage. La première interface utilisateur 45 comprend ici un potentiomètre et un ou des boutons de réglage.

25 **[0062]** Les premiers moyens de réglage permettent à l'utilisateur 2 de sélectionner si le gain total est une atténuation totale ou une amplification totale.

30 **[0063]** Lorsque l'utilisateur 2 choisit une atténuation totale, l'utilisateur 2 peut régler un niveau d'atténuation totale supérieur ou inférieur à l'atténuation passive apportée par les oreillettes 3 elles-mêmes.

35 **[0064]** En référence à la figure 6, lorsque le niveau d'atténuation totale est supérieur à l'atténuation passive 46, ce qui correspond à la zone hachurée en traits pointillés, la première chaîne de traitement 30 doit produire un complément d'atténuation pour atteindre le niveau d'atténuation totale.

40 **[0065]** Cette situation se produit notamment lorsque le bruit externe directif est un bruit indésirable qu'il convient d'atténuer de manière importante.

45 **[0066]** Les paramètres *feedforward* et les paramètres *feedback* sont réglés pour que le filtre *feedforward* FF_i concerné et les filtres *feedback* FB apportent le complément d'atténuation.

50 **[0067]** Les premiers moyens de réglage comportent des moyens d'activation des filtres limiteurs FL_i qui, dans cette situation, désactivent le filtre limiteur FL_i concerné. Le filtre *feedforward* FF_i et le filtre *feedback* FB sont alors utilisés, via un réglage approprié des paramètres *feedback* et des paramètres *feedforward*, pour limiter le signal externe directif Sign_i. Cette limitation s'ajoute à l'atténuation passive fournie par les oreillettes 3 et per-

met d'éviter que le bruit restitué ait un niveau sonore trop important. La protection de l'ouïe de l'utilisateur 2 est donc assurée passivement par les oreillettes 3 et activement par le filtre *feedforward* FF_i et les filtres *feedback* FB lorsque le filtre limiteur FL_i est désactivé.

[0068] Lorsque le gain total est une atténuation totale inférieure à l'atténuation passive 46, ce qui correspond à la zone hachurée en traits continus sur la figure 6, la première chaîne de traitement 30 doit amplifier le bruit pour réduire l'atténuation passive apportée par les oreillettes 3.

[0069] De même, lorsque le gain total est une amplification totale, ce qui correspond à la zone hachurée en traits continus sur la figure 6 située sous l'axe des abscisses, la première chaîne de traitement 30 doit amplifier le bruit pour annuler l'effet de l'atténuation passive et apporter une amplification additionnelle.

[0070] Ces deux situations se produisent notamment lorsque le bruit externe directif est un bruit utile, tel qu'un bruit de parole, que l'utilisateur 2 souhaite amplifier ou au moins écouter en réduisant l'impact de l'atténuation passive produite par les oreillettes 3. Le signal externe directif Sign_i est alors retransmis tel quel ou amplifié dans une bande de fréquence typiquement comprise entre 50Hz et 8kHz.

[0071] Les paramètres *feedforward* sont réglés pour que les filtres *feedforward* FF_i réalisent l'amplification totale.

[0072] Les moyens d'activation des filtres limiteurs FL_i, dans ces situations, activent le filtre limiteur FL_i concerné. La protection de l'ouïe de l'utilisateur 2 contre les bruits de niveau sonore important est donc assurée passivement par les oreillettes 3 et activement par le filtre limiteur FL_i.

[0073] On note que, dans ces deux situations, le seuil de limitation est réglé en fonction du gain total : plus l'amplification apportée par la première chaîne de traitement est importante, plus le seuil de limitation est élevé. Ainsi, les bruits de niveau sonore important sont limités proportionnellement au réglage du gain total effectué par l'utilisateur 2. Au-delà d'un certain gain total, le seuil de limitation ne varie plus, il est alors figé au niveau maximum pour préserver les oreilles de l'utilisateur.

[0074] En référence de nouveau à la figure 4, une deuxième chaîne de traitement 50 est mise en œuvre par le microcontrôleur 22 des moyens de traitement 20 dans le boîtier 5.

[0075] La deuxième chaîne de traitement 50 comporte un module d'identification des sources sonores 51.

[0076] Le module d'identification 51 comporte onze entrées d'identification Ent_i et une sortie de paramétrage Sp.

[0077] Chaque entrée d'identification Ent_i est reliée au module de partition de l'espace acoustique externe 31 et reçoit l'un des onze signaux externes directifs Sign_i qui correspondent chacun à un bruit externe directif provenant de l'un des onze secteurs d'incidence Sect_i.

[0078] La sortie de paramétrage Sp est quant à elle reliée au module *feedforward* 32, au module de limitation 33 et au module *feedback* 36.

[0079] Le module d'identification 51 est adapté à paramétrer la première chaîne de traitement 30 via la sortie de paramétrage Sp en paramétrant le module *feedforward* 32 (et donc en réglant les paramètres *feedforward*), le module de limitation 33 (et donc en réglant les seuils de limitation) et le module *feedback* 36 (et donc en réglant les paramètres *feedback*).

[0080] Le dispositif de contrôle 1 comporte des deuxièmes moyens de réglage mis en œuvre dans les moyens de traitement 20 pour régler le module d'identification 51. Le boîtier 5 du dispositif de contrôle 1 comporte une deuxième interface utilisateur 53 permettant à l'utilisateur 2 du dispositif de contrôle 1 de contrôler les deuxièmes moyens de réglage.

[0081] Le module d'identification 51 fonctionne de la manière suivante.

[0082] Grâce à la deuxième interface utilisateur 53, l'utilisateur peut sélectionner un type de bruit utile (bruit de parole, alarme, etc.), des premiers secteurs d'incidence Sect1 et des deuxièmes secteurs d'incidence Sect2 parmi les onze secteurs d'incidence Sect_i.

[0083] Le module d'identification 51 atténue fortement voire totalement tout bruit externe directif provenant des deuxièmes secteurs d'incidence Sect2.

[0084] Le module d'identification 51 identifie si le bruit externe directif provenant de chaque premier secteur d'incidence Sect1 est un bruit utile, en fonction du choix de l'utilisateur. L'identification du type de bruit externe directif est réalisée à partir d'une pluralité de paramètres extraits des contenus spectraux et temporels du signal externe directif Sign_i.

[0085] Si le bruit externe directif est un bruit utile, le module d'identification 51 paramètre la première chaîne de traitement 30 de manière à ce que le gain total du dispositif de contrôle 1 soit une amplification totale, ou bien une atténuation totale inférieure à l'atténuation passive. Le niveau de gain total est quant à lui réglé via les premiers moyens de réglage.

[0086] Si le bruit externe directif est un bruit indésirable, le module d'identification 51 paramètre la première chaîne de traitement 30 de manière à ce que le gain total du dispositif de contrôle soit une forte atténuation totale.

[0087] On note que le traitement réalisé par la première chaîne de traitement 30 et le traitement réalisé par la deuxième chaîne de traitement 50 sont effectués en parallèle, c'est-à-dire que le module d'identification 51 de la deuxième chaîne de traitement 50 identifie le ou les types de bruits utiles dans les premiers secteurs d'incidence Sect_1 alors que la première chaîne de traitement 30 traite l'ensemble des signaux externes directifs Sign_i des onze secteurs d'incidence Sect_i.

[0088] Le paramétrage réalisé par la deuxième chaîne de traitement 50 est bien sûr prioritaire par rapport au paramétrage réalisé via les premiers moyens de réglage. Si l'utilisateur 2 sélectionne un secteur d'incidence Sect_i

comme étant un deuxième secteur Sect2, tout bruit externe directif provenant de ce secteur d'incidence est atténué fortement quels que soient les réglages produits via les premiers moyens de réglage.

[0089] Les paramètres *feedforward*, les paramètres *feedback* et les seuils de limitation de la première chaîne de traitement 30 évoluent donc dynamiquement en fonction des traitements réalisés par la deuxième chaîne de traitement 50 (et bien sûr, en fonction des réglages effectués par l'utilisateur 2 via les premiers moyens de réglage et les deuxièmes moyens de réglage).

[0090] Le contrôle actif de bruit réalisé par la première chaîne de traitement 30 et par la deuxième chaîne de traitement 50 en parallèle est ainsi plus réactif mais aussi nettement plus efficace. En effet, les traitements réalisés par la première chaîne de traitement 30 sont à très faible latence, typiquement d'une cinquantaine de microsecondes pour les filtres *feedforward* FF_i, alors que l'identification du bruit réalisé par la deuxième chaîne de traitement 50 nécessite un temps de calcul plus important compris typiquement entre une milliseconde et dix millisecondes. La première chaîne de traitement 30 ne subit donc pas un retard qui serait préjudiciable à la fois pour le traitement effectué (par exemple pour le contrôle par anticipation en boucle ouverte réalisé par chacun des filtres *feedforward*), mais aussi pour la restitution d'un bruit utile qui ne doit pas souffrir d'un retard trop important.

[0091] L'invention n'est pas limitée au mode de réalisation particulier qui vient d'être décrit, mais, bien au contraire, couvre toute variante entrant dans le cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

[0092] Bien que l'on ait décrit ici un dispositif de contrôle actif de bruit comportant deux oreillettes reliées par des câbles à un boîtier déporté, il est parfaitement possible de remplacer les câbles par une transmission sans fil (Wi-Fi, etc.), d'intégrer les moyens de traitement du boîtier dans les oreillettes (ou dans une seule des oreillettes), d'intégrer les moyens de traitement d'une pluralité de dispositifs de contrôle dans un serveur déporté communiquant via une liaison sans fil avec les oreillettes, etc. Les deux oreillettes peuvent aussi former un casque avec un élément de liaison mécanique (arceau), et peuvent se présenter non pas sous la forme d'écouteurs intra-auriculaires mais sous la forme de dispositifs intraconcha, circum-auraux, supra-auraux, etc.

[0093] On note de plus que la première chaîne de traitement peut parfaitement être mise en œuvre sans la deuxième chaîne de traitement.

[0094] Bien que l'on ait indiqué que la première chaîne de traitement et la deuxième chaîne de traitement sont mises en œuvre « en numérique » par le microcontrôleur et par le DSP, les chaînes de traitement peuvent être réalisées « en analogique », chaque module ou filtre étant alors constitué d'une pluralité de composants analogiques.

[0095] Bien que, dans la description, l'antenne formée grâce aux deux microphones externes soit une antenne

broadside bidirectionnelle d'ordre 1, il est parfaitement possible de constituer un autre type d'antenne (ayant un diagramme de type cardioïde, hyper-cardioïde, etc.). Il est en outre parfaitement possible d'utiliser un nombre de microphones externes différent, et de partitionner l'espace en un nombre de secteurs différents.

[0096] Bien que le dispositif de contrôle permette ici d'écouter de la musique, cette application n'est en rien restrictive, et le dispositif de contrôle peut parfaitement être destiné uniquement à contrôler le bruit, ou bien peut être connecté à un téléphone fixe ou mobile et servir à tenir une conversation téléphonique, etc.

15 Revendications

1. Dispositif de contrôle actif de bruit comportant deux oreillettes d'atténuation passive (3) munies chacune d'un microphone externe (14), d'un microphone interne (15), et d'un haut-parleur (16) pour restituer un bruit dans l'oreillette ; le dispositif de contrôle comportant une chaîne de traitement (30) comprenant un filtre *feedforward* (FF_i) relié aux microphones externes, un filtre *feedback* (FB) relié aux microphones internes, un module de restitution (34) fournissant à chaque haut-parleur un signal restitué à partir des signaux de sortie du filtre *feedforward* et du filtre *feedback* ; dans lequel la chaîne de traitement comporte un filtre limiteur (FL_i) positionné entre le filtre *feedforward* et le module de restitution et agencé pour limiter les signaux de sortie du filtre *feedforward* de manière à éviter que le bruit restitué ait un niveau sonore trop important, et dans lequel le dispositif de contrôle comporte des moyens de réglage pour régler de manière combinée le seuil de limitation du filtre limiteur et un gain total du dispositif de contrôle, le dispositif de contrôle **caractérisé par** le filtre limiteur (FL_i) laissant passer des composantes fréquentielles du signal de sortie du filtre *feedforward* dont une amplitude est inférieure à un seuil de limitation, et écrêtant au niveau du seuil de limitation l'amplitude des composantes fréquentielles dont l'amplitude est supérieure au seuil de limitation.
2. Dispositif de contrôle selon la revendication 1, dans lequel les moyens de réglage sont agencés pour permettre de sélectionner si le gain total est une atténuation totale ou une amplification totale et de régler un niveau d'atténuation totale ou d'amplification totale.
3. Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes comportant des moyens d'activation du filtre limiteur (FL_i).
4. Dispositif de contrôle selon les revendications 2 et 3, dans lequel les moyens d'activation sont agencés pour activer le filtre limiteur lorsque le gain total est

une amplification totale ou bien une atténuation totale inférieure à l'atténuation passive produite par les oreillettes (3), et dans lequel les moyens d'activation sont agencés pour désactiver le filtre limiteur dans le cas contraire.

5. Dispositif de contrôle selon la revendication 4, dans lequel, lorsque le filtre limiteur est désactivé, le filtre *feedforward* (FF_i) et/ou le filtre *feedback* (FB) sont agencés pour apporter un complément d'atténuation de sorte que l'atténuation totale soit égale à la somme de l'atténuation passive et du complément d'atténuation.
6. Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes comportant en outre une interface utilisateur (45) permettant à un utilisateur du dispositif de contrôle de contrôler les moyens de réglage.
7. Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la chaîne de traitement comporte un module de partition d'un espace acoustique externe (31), le module de partition (31) étant situé en amont du filtre *feedforward* et utilisant une antenne microphonique directive formée par les microphones externes.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur aktiven Lärmkontrolle, umfassend zwei Ohrstöpsel (3) zur passiven Dämpfung, die jeweils mit einem externen Mikrofon (14), einem internen Mikrofon (15) und einem Lautsprecher (16) versehen sind, um einen Lärm in dem Ohrstöpsel wiederzugeben; wobei die Kontrollvorrichtung eine Verarbeitungskette (30) umfasst, die ein Feedforward-Filter (FF_i) enthält, das mit den externen Mikrofonen verbunden ist, ein Feedback-Filter (FB), das mit den internen Mikrofonen verbunden ist, ein Wiedergabemodul (34), das jedem Lautsprecher ein Signal liefert, das anhand der Ausgangssignale des Feedforward-Filters und des Feedback-Filters wiedergegeben wird; wobei die Verarbeitungskette ein Begrenzungsfilter (FL_i) umfasst, das zwischen dem Feedforward-Filter und dem Wiedergabemodul positioniert und ausgebildet ist, um die Ausgangssignale des Feedforward-Filters derart zu begrenzen, dass verhindert wird, dass der wiedergegebene Lärm einen zu hohen Lärmpegel hat, und wobei die Kontrollvorrichtung Einstellmittel umfasst, um den Begrenzungsschwellenwert des Begrenzungsfilters und einen Gesamt-Gain der Kontrollvorrichtung auf kombinierte Weise einzustellen, wobei die Kontrollvorrichtung **dadurch gekennzeichnet ist, dass** der Begrenzungsfilter (FL_i) Frequenzkomponenten des Ausgangssignals des Feedforward-Filters durchlässt, deren Amplitude kleiner als ein Begren-

zungsschwellenwert ist, und im Bereich des Begrenzungsschwellenwertes die Amplitude der Frequenzkomponenten kappt, deren Amplitude größer als der Begrenzungsschwellenwert ist.

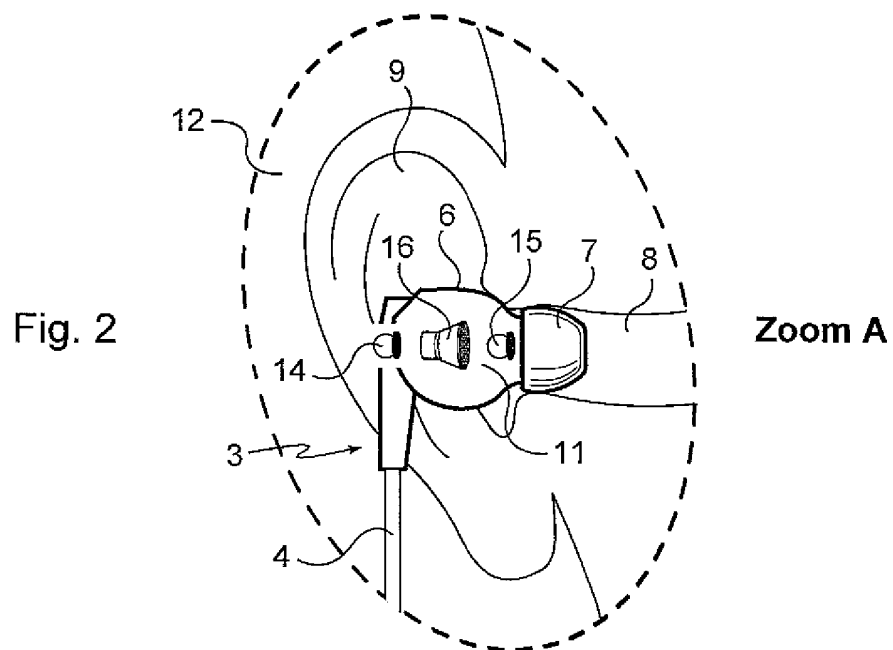
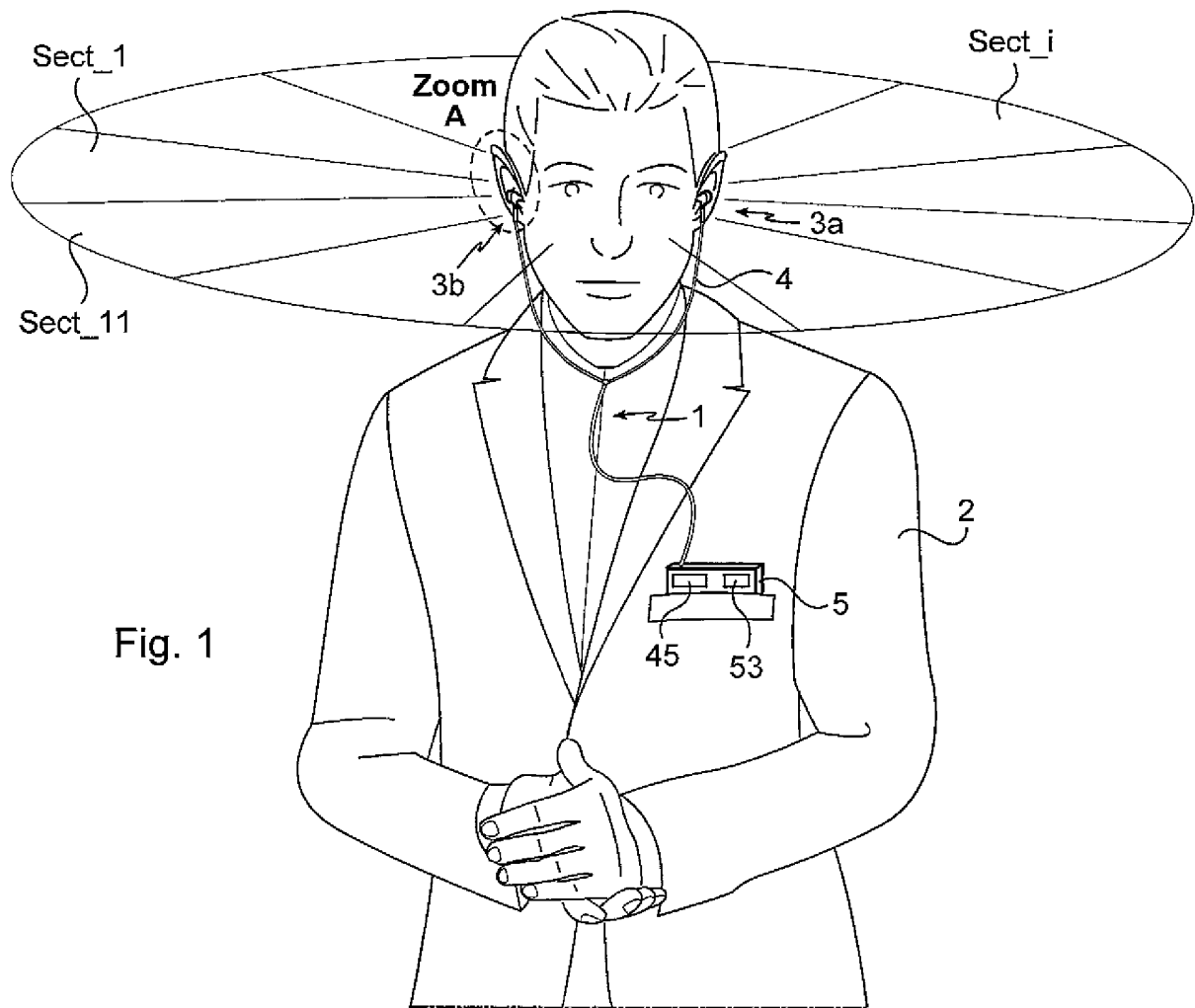
2. Kontrollvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Einstellmittel so ausgebildet sind, dass sie es ermöglichen, auszuwählen, ob der Gesamt-Gain eine Gesamtdämpfung oder eine Gesamtverstärkung ist, und einen Pegel der Gesamtdämpfung oder Gesamtverstärkung einzustellen.
3. Kontrollvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend Aktivierungsmittel zur Aktivierung des Begrenzungsfilters (FL_i).
4. Kontrollvorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, bei der die Aktivierungsmittel ausgebildet sind, um das Begrenzungsfilter zu aktivieren, wenn der Gesamt-Gain eine Gesamtverstärkung oder auch eine Gesamtdämpfung ist, die kleiner als die von den Ohrstöpseln (3) erzeugte passive Dämpfung ist, und bei der die Aktivierungsmittel ausgebildet sind, um das Begrenzungsfilter im umgekehrten Fall zu deaktivieren.
5. Kontrollvorrichtung nach Anspruch 4, bei der, wenn das Begrenzungsfilter deaktiviert ist, das Feedforward-Filter (FF_i) und/oder das Feedback-Filter (FB) ausgebildet sind, um eine Dämpfungsergänzung zu liefern, sodass die Gesamtdämpfung gleich der Summe der passiven Dämpfung und der Dämpfungsergänzung ist.
6. Kontrollvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine Benutzerschnittstelle (45), die es einem Benutzer der Kontrollvorrichtung ermöglicht, die Einstellmittel zu kontrollieren.
7. Kontrollvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Verarbeitungskette ein Teilungsmodul (31) zum Teilen eines externen akustischen Raums umfasst, wobei sich das Teilungsmodul (31) stromaufwärts des Feedforward-Filters befindet und eine Richtmikrofonantenne verwendet, die von den externen Mikrofonen gebildet ist.

Claims

1. An active noise control device having two passive attenuation earpieces (3), each fitted with an external microphone (14), an internal microphone (15), and a loudspeaker (16) for reproducing a noise in the earpiece; the control device having a processor system (30) comprising a feedforward filter (FF_i) connected to the external microphones, a feedback filter

(FB) connected to the internal microphones, a reproduction module (34) supplying each loudspeaker with a signal reproduced from output signals of the feedforward filter and of the feedback filter; wherein the processor system includes a limiting filter (FL_i) 5 positioned between the feedforward filter and the reproduction module and arranged to limit the output signals from the feedforward filter so as to avoid the reproduced noise having a sound level that is too great, and wherein the control device includes ad- 10 justment means for adjusting both the limit threshold of the limiting filter and also the total gain of the control device in combined manner; the control device being **characterized by** the limiting filter (FL_i) passing frequency components of the 15 output signal from the feedforward filter that are of amplitude lower than a limit threshold, and clipping frequency components that are greater than the limit threshold at the limit threshold.

2. A control device according to claim 1, wherein the adjustment means are arranged to make it possible to select whether the total gain is a total attenuation or a total amplification, and to adjust the level of the total attenuation or of the total amplification. 20 25
3. A control device according to either preceding claim including activation means for activating the limiting filter (FL_i). 30
4. A control device according to claims 2 and 3, wherein the activation means are arranged to activate the limiting filter when the total gain is a total amplification or else a total attenuation that is less than the passive attenuation produced by the earpieces (3), and 35 wherein the activation means are arranged otherwise to deactivate the limiting filter.
5. A control device according to claim 4, wherein, when the limiting filter is deactivated, the feedforward filter (FF_i) and/or the feedback filter (FB) is/are arranged to provide additional attenuation such that the total attenuation is equal to the sum of the passive atten- 40 uation plus the additional attenuation. 45
6. A control device according to any preceding claim further including a user interface (45) enabling a user of the control device to control the adjustment means. 50
7. A control device according to any preceding claim, wherein the processor system includes a partition module (31) for partitioning an external acoustic space, the partition module (31) being situated up- 55 stream from the feedforward filter and using a directional microphone antenna formed by the external microphones.



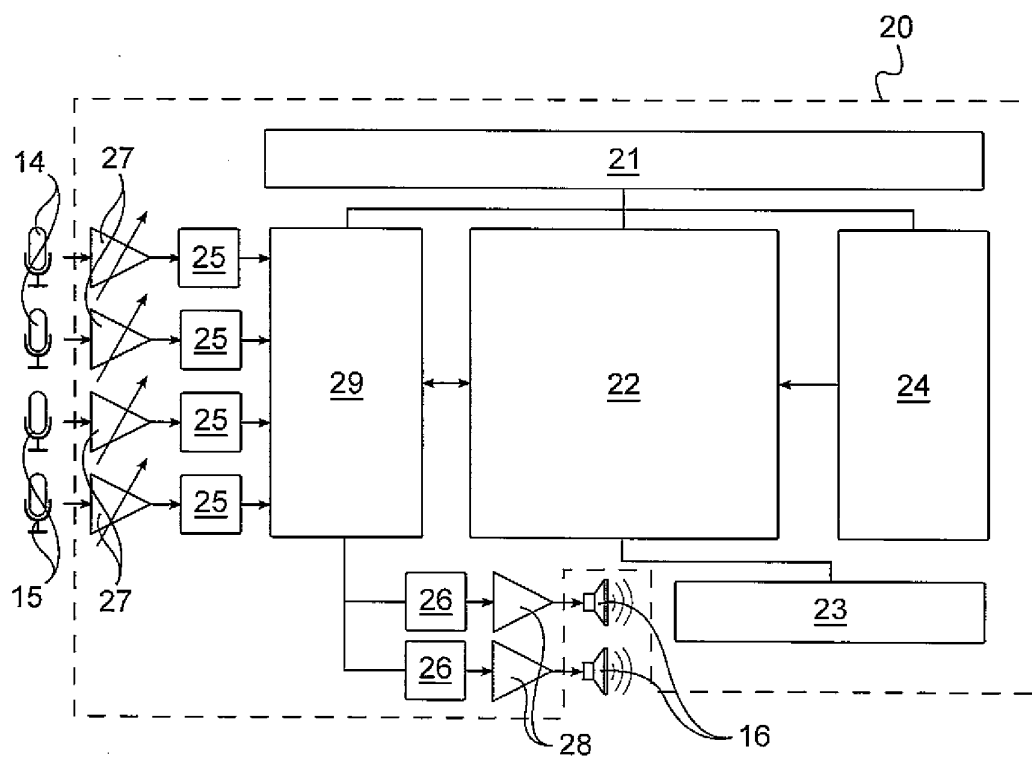


Fig. 3

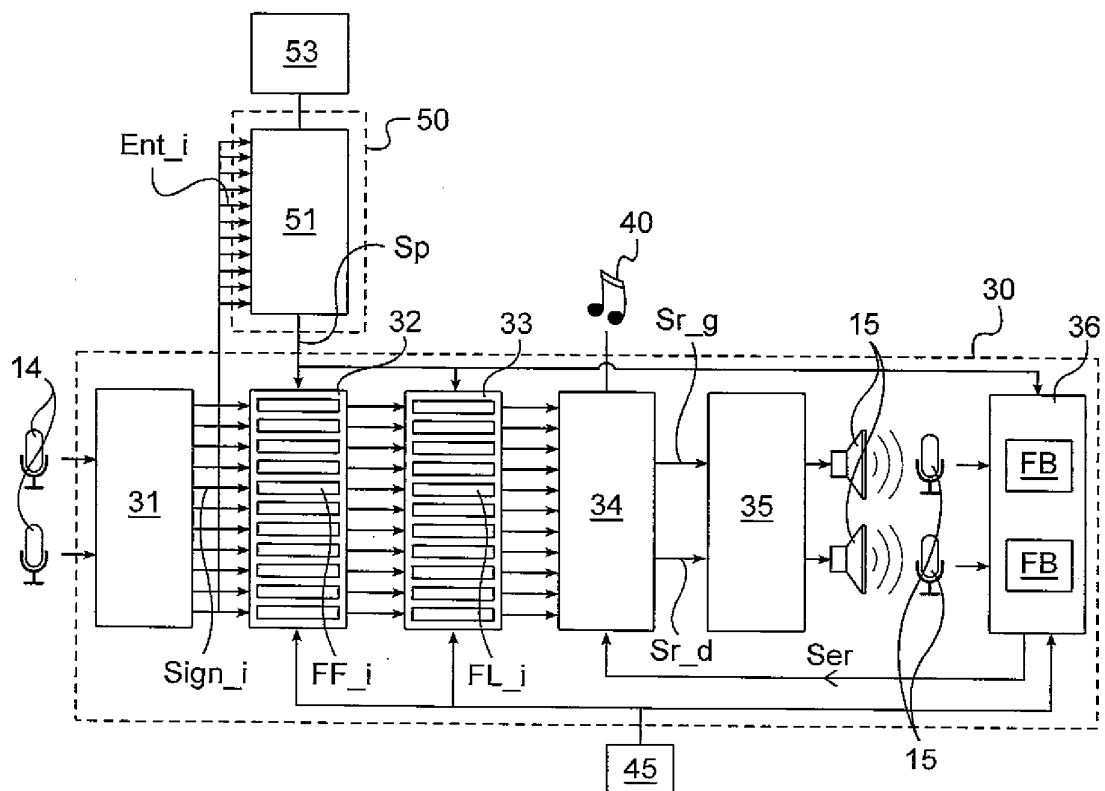


Fig. 4

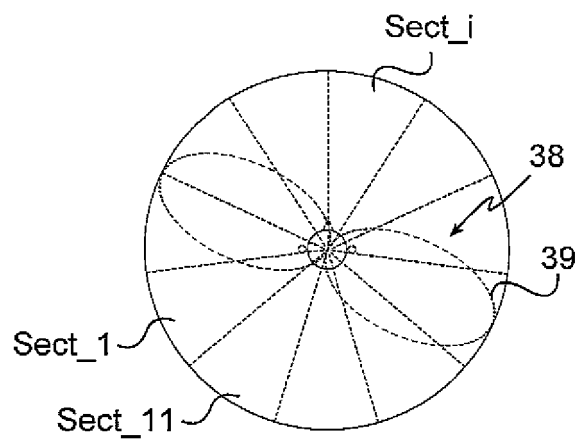


Fig. 5

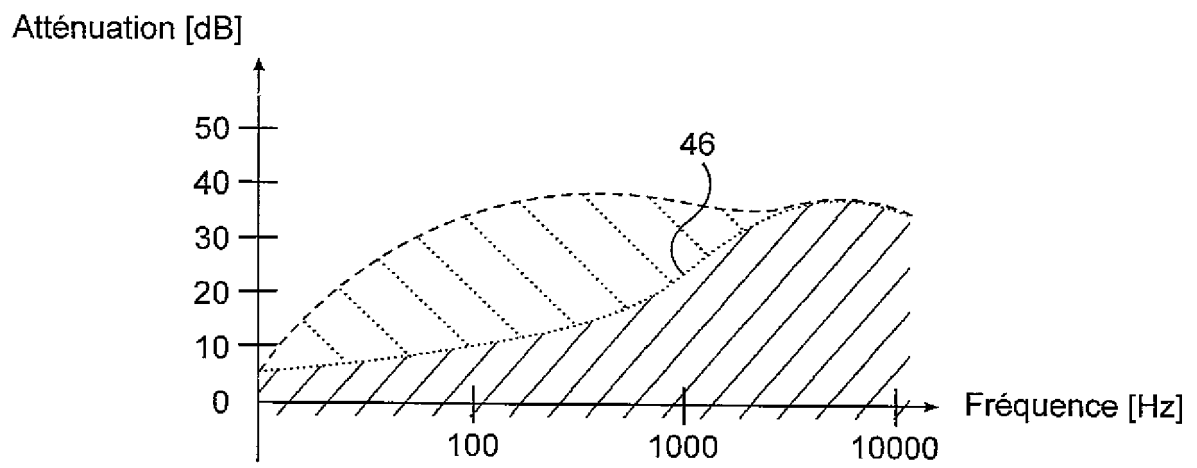


Fig. 6

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 5355418 A [0008]
- US 20110243343 A1 [0009]