

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 818 121 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

04.09.2002 Bulletin 2002/36

(21) Numéro de dépôt: **97900642.6**

(22) Date de dépôt: **14.01.1997**

(51) Int Cl.7: **H04R 3/04**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR97/00061

(87) Numéro de publication internationale:
WO 97/027723 (31.07.1997 Gazette 1997/33)

(54) **SYSTEME DE PRISE DE SON ET D'ECOUTE POUR EQUIPEMENT DE TETE EN AMBIANCE
BRUITEE**

SYSTEM ZUR TON- UND HÖRAUFNAHME FÜR HELM IN GERÄUSCHVOLLER UMGEBUNG

SOUND PICK-UP AND REPRODUCTION SYSTEM FOR A HEADSET IN A NOISY ENVIRONMENT

(84) Etats contractants désignés:
DE GB NL

(30) Priorité: **26.01.1996 FR 9600935**

(43) Date de publication de la demande:
14.01.1998 Bulletin 1998/03

(73) Titulaire: **THALES AVIONICS S.A.**
78141 Vélizy Villacoublay Cédex (FR)

(72) Inventeurs:
• **GULLI, Christian**
F-94117 Arcueil Cédex (FR)

• **REYNAUD, Gérard**
F-94117 Arcueil Cédex (FR)

(74) Mandataire: **Chaverneff, Vladimir et al**
Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 512 748 **EP-A- 0 605 281**
FR-A- 2 633 125 **JP-A- 7 123 028**
US-A- 4 356 519 **US-H- H 417**

EP 0 818 121 B1

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

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un système de prise de son et d'écoute pour équipement de tête en ambiance bruitée.

[0002] Dans une ambiance fortement bruitée, comme par exemple celle régnant dans un poste de pilotage d'un avion militaire, les appareils de prise de son, de restitution et de traitement de la voix ne sont pas optimisés, et sont même, pour la plupart, mal mis en oeuvre. Les communications radio entre l'équipage et leurs interlocuteurs sont de mauvaise qualité. Les utilisateurs communiquent avec plusieurs interlocuteurs (autres avions, stations au sol, les autres membres de l'équipage, leur propre voix leur revient). Ces communications sont monophoniques, parasitées, peu intelligibles et ne sont pas hiérarchisées. Si plusieurs alarmes sonores interviennent simultanément, elles sont difficiles à discriminer entre elles. Ces mauvaises communications, ajoutées au bruit ambiant, contribuent significativement à la fatigue des équipages, et peuvent même altérer leur audition. Les casques qu'ils portent les protègent peu ou mal de ces bruits. Les seuls moyens dont ils disposent pour essayer de rendre un peu plus intelligibles ces communications sont des commandes de réglage de niveau sonore, ce qui est loin d'être satisfaisant. Les divers appareils mettant en oeuvre ces communications sonores sont hétérogènes et leurs caractéristiques ne sont pas toujours complètement compatibles.

[0003] La présente invention a pour objet un système de prise de son et d'écoute pour casque en ambiance bruitée, qui permette d'établir des communications le plus intelligibles possible et d'optimiser les échanges de signaux numériques avec d'autres dispositifs du système audiophonique auquel peut être relié ce système de prise de son et d'écoute.

[0004] Le système de prise de son et d'écoute pour casque en ambiance bruitée conforme à l'invention comporte, du côté de la prise de son, au moins un microphone suivi d'un dispositif d'échantillonnage, d'un décimateur, d'un dispositif de compensation de déformations de signal survenues dans l'ensemble de la chaîne acoustique amont, et du côté de l'écoute, un interpolateur suivi d'un dispositif de compensation des défauts d'audiométrie de l'opérateur et d'une boucle de réduction active de bruit.

[0005] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé sur lequel :

- les figures 1 et 2 sont des blocs-diagrammes de circuits d'écoute et de prise de son, respectivement, conformes à l'invention.

[0006] L'invention est décrite ci-dessous en référence à un système audiophonique d'avion, en particulier d'avion de combat, mais il est bien entendu qu'elle n'est

pas limitée à une telle application, et qu'elle peut être mise en oeuvre aussi bien dans d'autres types de véhicules (terrestres ou maritimes) que dans des installations fixes, en particulier dans un environnement fortement bruité, comme par exemple dans des usines métallurgiques. L'utilisateur de ce système est, dans le cas présent, le pilote d'un avion de combat, mais il est bien entendu qu'il peut y avoir simultanément plusieurs utilisateurs, en particulier s'il s'agit d'un avion de transport civil, des dispositifs particuliers à chaque utilisateur étant prévus en nombre correspondant.

[0007] Le système de prise de son et d'écoute de l'invention a été représenté sur le dessin sous forme de deux modules 1 et 2 reliés à un bus 3, toutefois il est bien entendu que ce système peut être réalisé en un seul module regroupant ces deux modules 1 et 2.

[0008] Le module 1 comporte essentiellement un démultiplexeur 4, un dispositif 5 interpolateur et de sommation personnalisée des types de reproduction sonore (classique et/ou spatialisé, spatialisé signifiant reproduction permettant de localiser au moins approximativement - c'est-à-dire à quelques degrés près - l'origine spatiale des sons entendus), un dispositif 6 de compensation des défauts audiométriques de l'opérateur (rendu physiologique), un sommateur 7. Ce sommateur 7 effectue la somme des signaux provenant du dispositif 6 et d'une voie 8, et l'envoie à une voie 9.

[0009] La voie 8 comprend un microphone 10 par cavité acoustique d'écouteur, suivi d'un dispositif d'échantillonnage 11 dont la fréquence d'échantillonnage est, comme celle de l'interpolateur 5, par exemple de 96 kHz. La voie 9 comprend un dispositif 12 de réduction active de bruit, suivi d'un convertisseur numérique-analogique 13 et de transducteurs sonores 14 (écouteurs et/ou haut-parleurs) disposés par exemple dans un casque 15. Bien entendu, tous les éléments 4 à 7 et 11-12 sont de type numérique. Les microphones 10 et haut-parleurs 14 sont disposés de façon appropriée dans la voie à deux canaux, gauche et droit, indépendants.

[0010] La fonction du module 1 est d'assurer à chaque utilisateur une écoute confortable des signaux sonores produits par les différentes sources. Ces sources sont, en particulier, des signaux sonores provenant directement de la cabine de pilotage, des intercommunications de bord (téléphone de bord), des communications radio, des alarmes, des messages en synthèse vocale, ... Une entrée 5A de l'interpolateur 5 est reliée via le bus 3 à un dispositif (non représenté) de spatialisation sonore (effets sonores permettant de mieux localiser des sources sonores). Une autre entrée 5B de l'interpolateur 5 est reliée à la sortie du démultiplexeur 4, qui reçoit du bus 3 les voies sonores monophoniques destinées au(x) pilote(s). Une autre sortie du démultiplexeur 4 est reliée, via le bus 3, audit dispositif de spatialisation, auquel il envoie les voies monophoniques à "spatialiser". De façon avantageuse, les sorties du convertisseur 13 sont reliées à un dispositif 16 d'enregistrement analogique des écoutes, et les haut-parleurs 14

sont reliés à des bornes 17 sur lesquelles on peut envoyer des signaux sonores analogiques de secours. Bien entendu, les circuits compris entre l'interpolateur 5 et le casque 15 sont à une voie, à deux canaux, gauche et droit, indépendants.

[0011] Le casque renfermant les microphones 10 et les haut-parleurs 14 constitue pour eux une cavité acoustique. Les sons captés par les microphones se composent des bruits provenant de l'extérieur du casque et des sons produits par les haut-parleurs sont échantillonnés en 11, puis soustraits des signaux parvenant de 6. Le résultat est traité par le filtre 12, qui est un filtre de réduction active de bruit. La numérisation, en 11, est réalisée, de préférence, à une fréquence d'environ 96 kHz, qui représente un compromis entre le temps de traversée du filtre 12, le nombre et le type de cellules de ce filtre, ainsi que la compatibilité avec les autres fréquences d'échantillonnage des circuits audio-phoniques pouvant être reliés au bus 3 (dans le cas décrit ici, ces fréquences sont 6, 12, 24 et 48 kHz, comme cela est le cas pour les circuits des systèmes classiques d'avions).

[0012] Le filtre 12 est avantageusement un filtre numérique récuratif, produisant un bruit en opposition de phase par rapport à celui parvenant de l'extérieur dans le casque. La réduction active de bruit ainsi réalisée complète la réduction auditive passive réalisée par le casque (matériaux isolants et épaisseur). La réduction active est avantageusement effective dans une bande de fréquences s'étendant d'une fréquence de quelques dizaines de Hertz à plusieurs centaines de Hertz, et même environ 1 kHz. Cette bande de fréquences est celle dans laquelle la réduction passive réalisée par le casque est peu efficace, car dans cette bande la longueur d'onde du bruit ambiant est grande par rapport à l'épaisseur du casque. L'ensemble de ces deux protections active et passive peut produire une réduction de bruit d'environ 35 à 40 dB, ou mieux, sur toute la bande des fréquences auditives.

[0013] Le dispositif de compensation 6 est un filtre numérique compensant les imperfections de la fonction de transfert de l'oreille, et permettant d'augmenter l'acuité auditive de l'utilisateur, ce qui améliore l'effet de "spatialisation" (son en 3 dimensions) produit par ledit dispositif de spatialisation. En effet, la localisation spatiale est d'autant meilleure que le signal perçu par l'utilisateur a une large bande. La fonction de transfert d'un tel filtre est avantageusement personnalisée, par exemple à l'aide d'une carte à mémoire 18, propre à chaque utilisateur, introduite dans un lecteur 19 relié au dispositif 6. Cette carte à mémoire contient les paramètres relatifs à son utilisateur et permettant d'adapter la fonction de transfert du filtre du dispositif 6 aux caractéristiques auditives de cet utilisateur. Bien entendu, le lecteur 19 et la carte 18 peuvent être remplacés par tout dispositif équivalent (ROM amovible, dispositif de téléchargement...).

[0014] Le démultiplexeur 4 sépare les différentes

voies audio monophoniques multiplexées sur le bus 3. Ces voies proviennent en particulier du module 2 (décrit ci-dessous), voies de réception des équipements radio, intercommunication de bord, synthèse vocale, alarmes.

5 Les voies présentes sur le bus 3 et prélevées par le démultiplexeur 4 pour être directement envoyées à l'interpolateur 5 peuvent être mélangées, ou bien l'utilisateur peut en sélectionner certaines par une commande appropriée du démultiplexeur. En aval de l'interpolateur, la
10 voie résultante est répétée identiquement sur les canaux gauche et droite, afin d'assurer la compatibilité avec la voie "spatialisée", qui est nécessairement transmise sur les deux canaux, ces deux canaux véhiculant alors des informations différentes entre elles. L'utilisateur a également la possibilité de commander, via le démultiplexeur, l'envoi de certaines voies auditif dispositif
15 de spatialisation pour "spatialiser" ces voies, qui sont renvoyées, après traitement "3D" (3 Dimensions), directement à l'interpolateur 5.

20 **[0015]** Les sources de signaux audio qui peuvent être présentes dans un avion sont la plupart du temps échantillonnées à des fréquences différentes. Généralement, les fréquences d'échantillonnage sont de 6 kHz pour les signaux de radiocommunication et de radionavigation, de 12 kHz pour les alarmes et pour les inter-
25 communications avec le sol et avec les membres d'équipage de soute, le cas échéant, et de 24 kHz pour les intercommunications en cabine. L'échantillonneur 11 fonctionnant, comme précisé ci-dessus, à une fréquence de 96 kHz afin de permettre une réduction active de
30 bruit efficace, il est nécessaire que les signaux arrivant du démultiplexeur 4 au sommateur 7 aient la même fréquence d'échantillonnage. L'interpolateur 5 assure cette "mise à niveau" des fréquences d'échantillonnage en
35 intercalant, de façon connue en soi, entre les échantillons "utiles" des échantillons "nuls".

[0016] Le module 2 (figure 2) de prise de son assure l'acquisition du signal vocal de l'utilisateur pour l'envoyer sur son casque (vérification de la présence de ce
40 signal), vers les équipements de communication radio (éventuellement via des circuits d'anticompromission et de chiffrement), les équipements d'intercommunication de bord, et les dispositifs de commande vocale.

[0017] Le module 2 coopère avec plusieurs capteurs :
45 un microphone principal 20 disposé sur le masque inhalateur 20A ou le casque 15 de l'utilisateur, des capteurs crâniens 21, et des capteurs de secours 22. Ces capteurs sont reliés à un dispositif de gestion de capteurs 23, suivi d'un circuit de commande automatique de gain 24 et d'un circuit d'échantillonnage 25. Le circuit
50 25 est relié d'une part à un circuit de décimation 26 et d'autre part à un circuit de compensation acoustique 27, suivi d'un circuit de débruitage 28. Le circuit de débruitage 28 est relié au bus audio 3 par un commutateur 29 commandé par des alternats 30, qui commandent également le circuit 28. Ces alternats sont par exemple des boutons-poussoirs manoeuvrés par l'utilisateur pour lui
55 permettre de sélectionner le mode de communications

orales qu'il désire utiliser (radio ou intercommunication de bord ou commande vocale). Les entrées de commande des circuits 23, 25, 27, 28 sont reliées au bus d'un processeur de gestion (non représenté), afin de sélectionner le ou les capteur (s) à utiliser (commande de 23) et les traitements (commande de 25, 27 ou 28). La sortie 26A du filtre 26 est reliée via le bus 3 à des circuits d'anticomproission (s'ils existent, et non représentés) et de reconnaissance vocale. La sortie 29A du commutateur 29 est reliée via le bus 3 aux circuits d'écoute audio et de son spatialisé du module 1, aux équipements radio et d'intercommunication, s'ils existent.

[0018] Les alternats radio et intercommunication 30 déclenchent la numérisation du signal microphonique, ou bien, dans le cas où le débruitage des microphones est actif, la mise en oeuvre de l'algorithme de débruitage correspondant. Dans tous les cas, l'appui sur l'un quelconque des alternats commande l'ouverture du commutateur 29. En effet, bien que l'activation permanente d'un microphone soit nécessaire pour faire fonctionner le débruitage de ce microphone et la reconnaissance vocale, la liaison de retour audio n'est nécessaire que lors d'une élocution.

[0019] Les capteurs microphoniques crâniens 21, également appelés ostéomicrophones sont, avec les microphones 22, des capteurs de secours permettant de maintenir la communication orale lorsque le pilote est amené à ôter son masque (pour un avion militaire, en cas d'urgence, malaise, ...) ou en cas de panne du microphone principal 20.

[0020] Le dispositif 23 sélectionne le microphone actif. Dans le cas général, c'est le microphone 20, situé dans le masque de l'utilisateur ou sur le rail fixé au casque. En cas de panne de ce microphone, de mauvaise fixation ou de retrait de ce masque, les capteurs crâniens 21 ou autres capteurs 22 sont activés et le débruitage est inhibé s'il était en fonction.

[0021] Le dispositif de commande automatique de gain 24 adapte la dynamique du signal du microphone, c'est-à-dire la dynamique de la voix du locuteur, à celle autorisée par le codage numérique (en général sur 16 bits) utilisé par le système, afin d'éviter la saturation du signal vocal (ce qui dégraderait l'intelligibilité et le taux de reconnaissance vocale le cas échéant).

[0022] Le dispositif d'échantillonnage 25 a avantageusement une fréquence d'échantillonnage de 24 kHz, ce qui permet alors au signal audio d'avoir une bande passante suffisante pour être facilement "spatialisé" (en passant par 27, 28 et 29).

[0023] A la sortie de l'échantillonneur 25, les signaux sont envoyés au circuit 26 et/ou au dispositif de compensation 27. Le dispositif 26 comporte un circuit de décimation (circuit supprimant un échantillon sur deux) diminuant de moitié la fréquence d'échantillonnage des signaux pour les rendre compatibles avec les caractéristiques des circuits d'anticomproission et de reconnaissance vocale.

[0024] Le circuit de compensation 27 compense les

déformations subies en amont dans toute la chaîne acoustique par le signal vocal (en particulier dans la cavité 20A du masque inhalateur du locuteur). Ce circuit de compensation comporte un filtre numérique dont les coefficients sont déterminés d'après la fonction de transfert de l'ensemble cavité + microphone, afin d'obtenir en sortie du circuit 27 un spectre de signal vocal proche de celui que l'on obtiendrait sans le masque. Ce traitement est complémentaire d'un débruitage réalisé par le circuit 28.

[0025] Le circuit de débruitage 28 comporte par exemple un filtre réjecteur (filtre de blanchiment) et un filtre fréquentiel.

[0026] Le système décrit ci-dessus fonctionne selon le processus suivant. Le circuit 23 sélectionne le microphone actif (parmi les microphones 20 à 22). Pour parler, l'opérateur appuie sur l'alternat 30. Le circuit 24 adapte le gain du microphone sélectionné. Le signal résultant est numérisé en 25. Le circuit 26 effectue une décimation des signaux ainsi numérisés, afin d'optimiser le transfert de données vers d'autres dispositifs audio que peut comporter l'avion, et afin d'assurer la compatibilité avec d'autres traitements audio, comme par exemple une reconnaissance vocale. Le circuit 27 effectue une compensation des déformations du signal issu du microphone, comme précisé ci-dessus, et le circuit 28 le débruite. Le signal résultant est envoyé sur le bus 3.

[0027] Du côté du module 1, ledit signal résultant arrivant sur le bus 3 est démultiplexé en 4, puis interpolé en 5 à la fréquence d'échantillonnage de la boucle de réduction active de bruit (voies 8 et 9 avec leurs éléments), et éventuellement on lui ajoute d'autres signaux (arrivant en 5A). Le circuit 6 effectue la compensation audiométrique (compensation des défauts d'audiométrie de l'opérateur) des signaux arrivant de 5. Le sommateur 7 insère le signal ainsi compensé dans la boucle de réduction active de bruit, comprenant un microphone 10 par cavité acoustique d'écouteur, l'échantillonneur 11, le filtre de correction 12, le convertisseur 13 et un haut-parleur par cavité acoustique d'écouteur 14.

Revendications

1. Système de prise de son et d'écoute pour équipement de tête en ambiance bruitée, **caractérisé en ce qu'il** comporte, du côté de la prise de son, au moins un microphone (20) suivi d'un dispositif d'échantillonnage (25), d'un décimateur (26), d'un dispositif (27) de compensation de déformations de signal survenues dans l'ensemble de la chaîne acoustique amont, et du côté de l'écoute, un interpolateur (5) suivi d'un dispositif de compensation des défauts d'audiométrie de l'opérateur (6) et d'une boucle de réduction active de bruit (10, 11, 7, 12, 13, 14).

2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif d'échantillonnage (25) est précédé d'un dispositif de commande automatique de gain (24).
3. Système selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de compensation de déformations de signal (27) est suivi d'un dispositif de débruitage (28).
4. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'interpolateur (5) est associé à un sommateur de signaux audio extérieurs (5A).
5. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de compensation des défauts d'audiométrie (6) est relié à un dispositif (19) lecteur de cartes à mémoire.
6. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la boucle de réduction active comporte au moins un microphone (10), un échantillonneur (11), un sommateur (7), un filtre de bruit ANR (12), un convertisseur numérique/analogique (13) et au moins un haut-parleur (14).
7. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la boucle de réduction active de bruit est reliée à un dispositif d'enregistrement analogique des écoutes (16).

Claims

1. Sound capture and listening system for head equipment in a noisy environment, **characterized in that in that** it includes, on the sound capture side, at least one microphone (20) followed by a sampling device (25), by a decimator (26), by a device (27) compensating for signal distortions arising within the whole of the upstream acoustic chain, and on the listening side, an interpolator (5) followed by a device compensating for audiometry defects of the operator (6) and by an active noise reduction loop (10, 11, 7, 12, 13, 14).
2. System according to Claim 1, **characterized in that** the sampling device (25) is preceded by an automatic gain control device.
3. System according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the signal distortion compensation device (27) is followed by a noise-suppression device (28).
4. System according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the interpolator (5) is combined with a summator of external audio signals

(5A).

5. System according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the device compensating for audiometry defects (6) is connected to a memory card reader device (19).
6. System according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the active reduction loop includes at least one microphone (10), a sampler (11), a summator (7), an ANR noise filter (12), a digital/analogue converter (13) and at least one loudspeaker (14).
7. System according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the active noise reduction loop is connected to an analog recording device (16) for listening.

Patentansprüche

1. System zur Tonaufnahme und -wiedergabe für einen Kopfhörer mit Mikrophon in geräuschvoller Umgebung, **dadurch gekennzeichnet, daß** es seitens der Tonaufnahme wenigstens ein Mikrophon (20) enthält, daß gefolgt wird von einer Abtastvorrichtung (25), einem Dezimator (26), einer Vorrichtung (27) zur Kompensation von Signalverformungen, die in der vorhergehenden Schall-Kette aufgetreten sind, und auf der Seite der Wiedergabe einen Interpolator (5), der gefolgt wird von einer Vorrichtung (6) zur Kompensation von Audiometrie-Mängeln des Benutzers und einer Schleife (10, 11, 7, 12, 13, 14) zur aktiven Geräuschverminderung.
2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abtastvorrichtung (25) eine Vorrichtung zur automatischen Verstärkungssteuerung (24) vorhergeht.
3. System nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung (27) zur Kompensation von Signalverformungen von einer Vorrichtung (28) zur Geräuschbeseitigung gefolgt wird.
4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Interpolator (5) ein Summierglied (5A) für externe Audiosignale zugeordnet ist.
5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung (6) zur Kompensation von Audiometrie-Mängeln mit einer Lesevorrichtung (19) für Speicherkarten verbunden ist.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schleife zur aktiven Geräuschverminderung wenigstens ein Mikrophon (10), einen Abtaster (11), ein Summierglied (7), einen Geräuschfilter ANR (12), einen Analog/Digital-Wandler (13) und wenigstens einen Lautsprecher (14) enthält. 5
7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schleife zur aktiven Geräuschverminderung mit einer Vorrichtung (16) zur analogen Speicherung von Wiedergaben verbunden ist. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

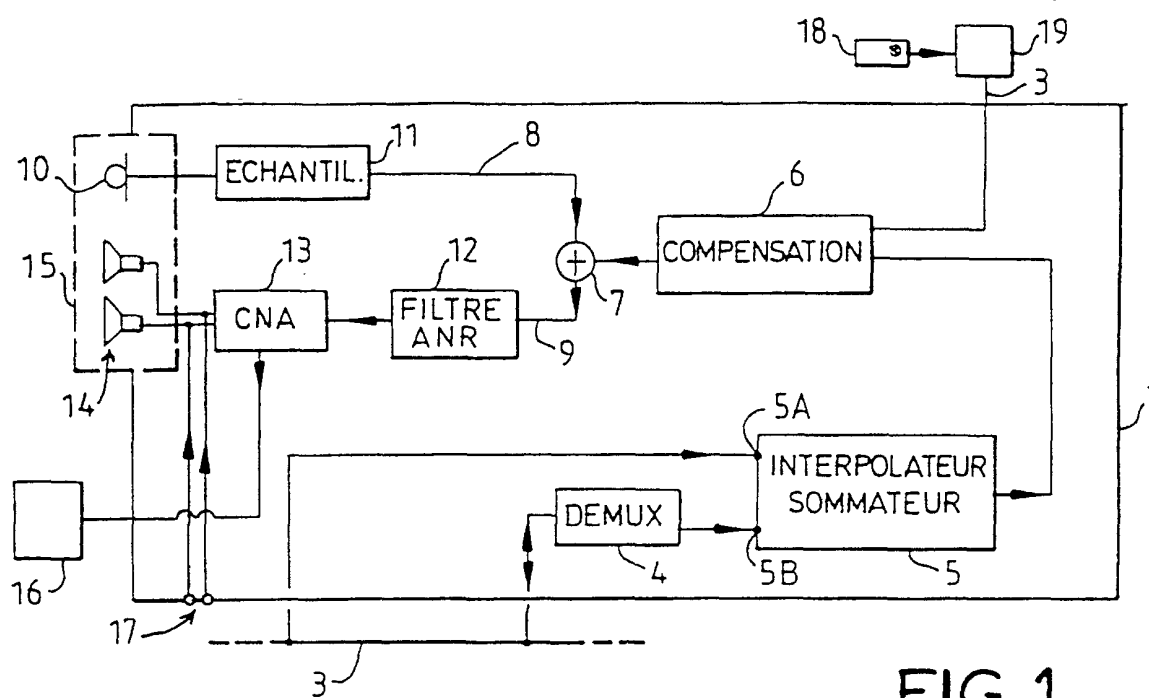


FIG. 1

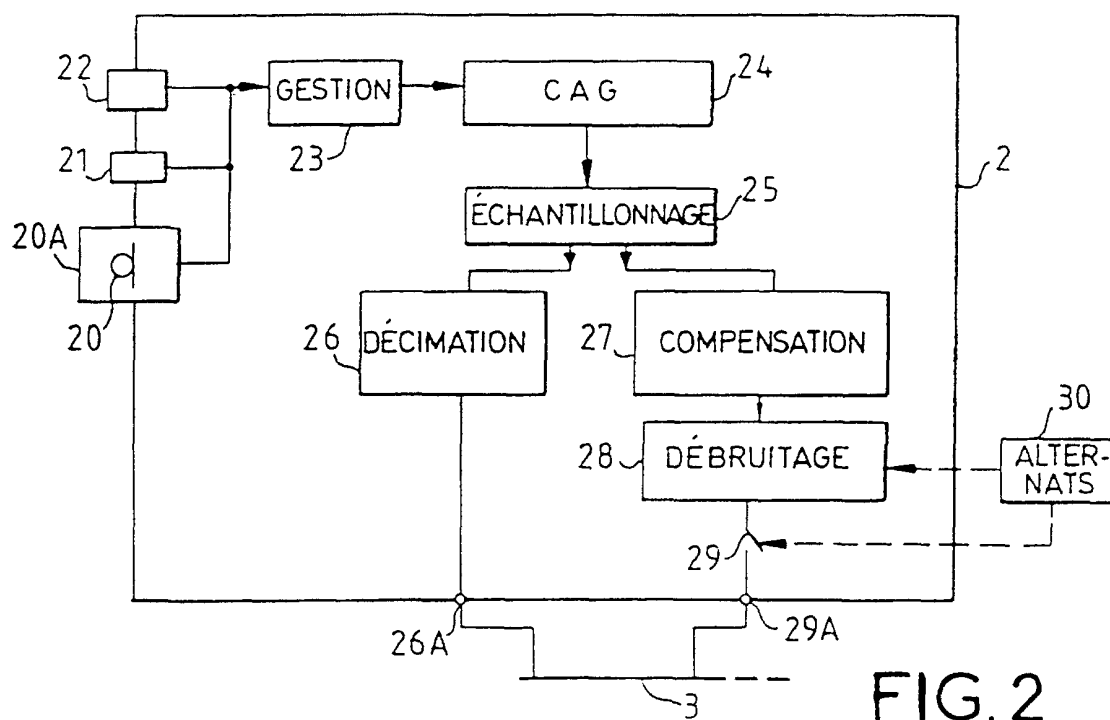


FIG. 2