



(11) **EP 1 621 044 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
11.08.2010 Bulletin 2010/32

(21) Numéro de dépôt: **04742599.6**

(22) Date de dépôt: **28.04.2004**

(51) Int Cl.:
H04R 5/033 (2006.01) H04R 5/027 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2004/001033

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2004/098235 (11.11.2004 Gazette 2004/46)

(54) **CASQUE ACOUSTIQUE POUR LA RESTITUTION SPATIALE D'UN SON.**

KOPFHÖRER ZUR RÄUMLICHEN SCHALLWIEDERGABE

HEADPHONE FOR SPATIAL SOUND REPRODUCTION

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **29.04.2003 FR 0305266**

(43) Date de publication de la demande:
01.02.2006 Bulletin 2006/05

(73) Titulaires:
• **Pham, Hong Cong Tuyên**
94460 Valenton (FR)
• **Recht, Ambroise**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Pham, Hong Cong Tuyên**
94460 Valenton (FR)
• **Recht, Ambroise**
75015 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Duthoit, Michel Georges André et al**
Bureau Duthoit Legros Associés
96/98, Boulevard Carnot
B.P. 105
59027 Lille Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 848 572 EP-A- 1 274 274
WO-A-02/25990 US-A- 5 260 920
US-A- 6 038 330 US-B1- 6 263 085

• **G. THEILE, H. WITTEK, M. REISINGER:**
"Wellenfeldsynthese, Teil I" FERNSEH- UND KINOTECHNIK, VORGETRAGEN AUF DER 22. TONMEISTERTAGUNG IN HANNOVER, 22-11-2002, vol. 57, no. 4/2003, 1 avril 2003 (2003-04-01), pages 735-739, XP002260015 Heidelberg

EP 1 621 044 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 est relative à un dispositif, notamment un casque acoustique, pour la spatialisation d'un son. L'invention concerne également un dispositif d'enregistrement compatible avec un tel dispositif de spatialisation.

[0002] Par spatialisation d'un son, on entend la restitution des caractéristiques tridimensionnelles - azimut, élévation et distance - d'une source sonore émettant un son ayant une fréquence et une intensité données.

[0003] On connaît de nombreux systèmes et dispositifs dont le but est de résoudre un tel problème technique. Cependant, ils ne proposent, le plus souvent, qu'une simple immersion dans une ambiance sonore, sans restituer véritablement les caractéristiques tridimensionnelles d'un son. Ces systèmes peuvent être mis en oeuvre soit dans une salle, auquel cas la salle est équipée de plusieurs enceintes munies de haut-parleurs, soit à l'aide d'un casque acoustique, chaque écouteur du casque comprenant un haut-parleur.

[0004] Selon une première méthode, dite stéréophonie sur deux canaux, pour simuler le déplacement d'une source sonore, on utilise deux haut-parleurs, un canal par haut-parleur, et on pondère l'intensité du son sur les deux canaux correspondants, en répartissant la puissance à émettre entre les deux haut-parleurs. Il est donc possible de déplacer la source sonore en jouant sur le coefficient de pondération.

[0005] Cependant, cette technique a l'inconvénient de placer les sources sonores à l'intérieur de la tête de l'auditeur. De plus, on ne peut déplacer les sources sonores que sur une seule dimension au lieu de tout l'espace.

[0006] Afin d'améliorer l'impression d'immersion dans une ambiance sonore, il a été proposé d'utiliser quatre ou cinq haut-parleurs dans une salle. Il s'agit notamment du dispositif « Dolby Surround ». Un tel système comprend trois canaux acoustiques frontaux et un canal acoustique arrière. Un haut-parleur central et deux haut-parleurs gauche et droit diffusent lesdits canaux frontaux. Le haut-parleur central focalise les sources sonores quelle que soit la position d'écoute. Le quatrième canal est diffusé par deux enceintes arrière et correspond à des informations d'ambiance et des effets de réverbération.

[0007] Cependant, un tel système ne permet pas de localiser précisément les sources sonores étant donné que le haut-parleur central les focalise quelle que soit la position d'écoute. Par ailleurs, il n'est pas possible, dans une telle salle, d'émettre des sons distincts pour les deux oreilles.

[0008] Selon un autre procédé pour simuler un effet de spatialisation, on répartit régulièrement, en cercle, une série de haut-parleurs orientés vers un point d'écoute, chaque haut-parleur diffusant un canal sonore particulier. Il s'agit donc d'une extension du procédé stéréophonique sur deux canaux. Cependant, l'effet de spatialisation n'est réellement obtenu qu'en un point particulier de la salle, dit point focal. Les auditeurs qui se trouvent

ailleurs qu'en ce point focal entendent également les sons, mais ils subissent des illusions acoustiques, que l'on pourrait comparer à des illusions optiques.

[0009] Cela étant, un son perçu peut se réduire à une pression acoustique, supposée uniforme, au niveau des tympans. Ainsi, au niveau d'une oreille, la seule variable d'intérêt est la pression acoustique au niveau du tympan, qui dépend elle-même de la pression acoustique à l'entrée du conduit auditif, de la morphologie de l'oreille de l'auditeur. Dans un casque acoustique, le but est de reproduire cette pression, afin de reconstituer un son.

[0010] Cependant, pour deux auditeurs différents, la pression acoustique au niveau du tympan, et même de l'entrée du conduit auditif, résultant d'une même source sonore, sera différente. Cela ne les empêchera pas, sauf déficience auditive, de localiser la source sonore correctement.

[0011] Ces différences entre individus et entre les oreilles d'un même individu, proviennent des différences morphologiques. En effet, l'écartement des oreilles de l'auditeur et la présence d'un obstacle, la tête, sur la trajectoire de l'onde acoustique, introduisent un déphasage et une différence d'intensité dans une onde acoustique issue d'une même source sonore. Ainsi, la pression acoustique au niveau du tympan est différente entre l'oreille droite et l'oreille gauche, pour une même source sonore, en fonction de la position de cette source par rapport à l'auditeur.

[0012] Divers dispositifs tentent de spatialiser un son en tenant compte de ces différences de perception entre les deux oreilles. Il s'agit simplement de diffuser le même son, en tenant compte des phénomènes physiques aboutissant au déphasage et à la différence d'intensité, dans les deux oreilles. C'est le principal binaural.

[0013] Cependant, des techniques binaurales reposent sur une base de données regroupant des mesures expérimentales, correspondant à des morphologies « moyennes ». Il n'est pas possible de modéliser l'appareil auditif humain, notamment le pavillon de l'oreille, dont la forme est trop complexe pour prendre en compte tous les phénomènes physiques nécessaires à une approche calculatoire. Ainsi, les techniques utilisées correspondent à des oreilles moyennes et les mesures sont réalisées sur des mannequins. Ces techniques présentent donc l'inconvénient de ne pas être adaptées à tous.

[0014] On connaît du casque du document US-6.038.330 un casque dont les haut-parleurs sont rendus directifs par des guides d'onde.

[0015] L'article « Wellenfeldsynthese » du magazine FERNSEH UND KINOTECHNIK n° 57 concerne une technique pour la reconstitution d'un front d'ondes en champ libre à partir de plusieurs haut-parleurs. Cette technique ne prend pas l'auditeur en compte. L'auditeur se plonge naturellement dans le champ acoustique reconstitué.

[0016] Le but de la présente invention est de proposer un casque acoustique pour la restitution spatiale d'un son, qui pallie les inconvénients précités.

[0017] En particulier, un tel casque doit permettre l'émission de sons distincts pour les deux oreilles, sans dépendances vis-à-vis des caractéristiques individuelles de l'appareil auditif. En d'autres termes, un tel casque doit permettre la spatialisation d'un son pour la grande majorité des auditeurs.

[0018] Un autre but de la présente invention est de proposer un système dynamique, pouvant tenir compte des déplacements de la tête dans le champ acoustique reconstitué à l'aide d'un tel casque.

[0019] Un autre but de l'invention est de proposer un casque acoustique peu encombrant, simple d'utilisation et permettant une bonne mobilité de la tête, notamment pour l'adapter aisément en système dynamique.

[0020] Un but de l'invention est également de proposer un casque permettant de restituer un son de façon précise, en évitant les sensations de saccades lors du mouvement d'une source sonore, donnant l'impression d'un champ acoustique continu.

[0021] Encore un autre but de l'invention est de proposer un casque adaptable à n'importe quelle tête.

[0022] Un autre but de l'invention est de proposer un casque peu onéreux.

[0023] Encore un autre but de l'invention est de proposer un dispositif d'enregistrement compatible avec un tel casque acoustique.

[0024] D'autres buts et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, qui n'est donnée qu'à titre indicatif et qui n'a pas pour but de la limiter.

[0025] L'invention concerne un procédé pour la restitution spatiale d'un son avec un casque acoustique muni de deux écouteurs, chaque écouteur comprenant un support définissant une surface en calotte englobant totalement l'oreille de l'auditeur, chaque écouteur comprenant au moins cinq haut-parleurs, disposés sur ladite surface hémisphérique.

[0026] Selon le procédé conforme à l'invention, chacun desdits au moins cinq haut-parleurs est idéalement assimilé à une source omnidirectionnelle, ledit procédé consistant à restituer la spatialité d'un son par application du principe de Huygens-Fresnel en reconstituant, pour chaque oreille et pavillon d'oreille de l'auditeur, une surface sonore correspondant à l'addition des ondes sphériques émises par lesdits au moins cinq haut-parleurs.

[0027] L'invention concerne également un casque acoustique, convenant pour la mise en oeuvre du procédé pour la restitution spatiale d'un son, conforme à l'invention, muni de deux écouteurs, chaque écouteur comprenant un support définissant au moins partiellement une surface en calotte englobant totalement l'oreille de l'auditeur, chaque écouteur comprenant au moins cinq haut-parleurs disposés sur ladite surface hémisphérique et apte à reconstituer le champ acoustique, chaque haut-parleur étant assimilé idéalement à une source omnidirectionnelle, deux haut-parleurs contigus étant espacés d'une distance inférieure à la moitié de la plus petite longueur d'onde correspondant à une fréquence maximale

donnée de telle façon à reconstituer un champ acoustique perçu comme continu par l'oreille humaine pour des fréquences acoustiques inférieures à ladite fréquence maximale donnée, ladite fréquence maximale étant une fréquence audible à l'oreille humaine.

[0028] L'invention concerne un dispositif d'enregistrement d'un son destiné à une restitution spatiale ultérieure, conforme au procédé spatial de restitution spatiale d'un son selon l'invention, constitué d'un casque tel que défini ci-dessus et dans lequel lesdits haut-parleurs sont remplacés par des microphones omnidirectionnels ou cardioïdes, la surface en calotte d'enregistrement correspondant audit dispositif d'enregistrement étant confondue avec la surface en calotte (d'émission acoustique) d'udit casque auditif.

[0029] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description, accompagnée des figures en annexe, parmi lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement la tête d'une personne coiffée d'un casque acoustique conforme à l'invention,
- les figures 2a, 2b, 2c sont des vues en perspective de l'écouteur gauche d'un casque conforme à l'invention, avant, intérieur et arrière respectivement,
- les figures 3a et 3b sont des vues en coupe d'un écouteur d'un casque conforme à l'invention, selon un plan vertical et un plan horizontal respectivement,
- les figures 4 et 5 sont deux variantes de répartition de huit haut-parleurs, ou microphones, dans un écouteur, illustrées en plan et en coupe,
- la figure 6 est une variante de répartition de six haut-parleurs, ou microphones, dans un écouteur, illustrées en plan et en coupe.

[0030] L'invention est née du constat de l'inexistence d'un dispositif simple de spatialisation du son, nécessitant peu de puissance de calcul, et adapté à tous. En effet, les dispositifs basés sur le principe binaural sont spécifiques à l'auditeur -ou le mannequin- sur lequel ont été réalisées les mesures tandis que les salles stéréophoniques ne permettent une spatialisation du son qu'au point focal de la salle. De plus, les dispositifs en salle dépendent fréquemment de la géométrie de la pièce et de la disposition relative des haut-parleurs.

[0031] Les inventeurs ont abouti à l'invention en modifiant le point de vue utilisé pour aborder le problème de la spatialisation d'un son. Au lieu de chercher à reproduire la pression acoustique au niveau du tympan ou de l'entrée du conduit auditif, comme cela a été le cas jusqu'à présent, ils ont cherché à reconstituer l'onde acoustique telle qu'elle peut être mesurée à une distance donnée de l'oreille, avant transformation par le pavillon et le conduit auditif.

[0032] Les inventeurs ont donc décidé de créer une surface sonore émettrice entourant le pavillon de l'oreille. Le fait que cette surface entoure le pavillon de l'oreille n'est pas anodin. En effet, cela permet de s'affranchir

des caractéristiques morphologiques individuelles du pavillon puisque l'onde émise sera transformée par le pavillon de l'oreille, au même titre qu'un son quelconque.

[0033] L'utilisation d'un casque permet, en outre, de s'affranchir des problèmes de géométrie d'une salle. Cela permet également de développer, par exemple, des systèmes dynamiques tenant compte des déplacements de la tête dans l'espace, pour déplacer, virtuellement, l'environnement sonore reconstitué en fonction de ces mouvements de la tête.

[0034] D'après le principe de Huygens-Fresnel, tout point de l'espace touché par une onde acoustique devient une source secondaire et réémet à son tour une onde sphérique. Ainsi, la contribution d'une surface sonore émettrice telle qu'elle est perçue par le tympan est équivalente à l'addition de toutes les ondes sphériques émises par l'infinité de points de cette surface sonore émettrice.

[0035] Cependant, en pratique, on ne peut pas produire une infinité de sources sonores. Il a donc été nécessaire de déterminer un nombre fini de sources sonores qui, diffusant des sons en même temps, seraient équivalentes à ladite surface sonore émettrice.

[0036] Pour cela, on utilise la théorie de l'information, et plus particulièrement le théorème de Shannon. Selon ce théorème, la pulsation d'échantillonnage d'un signal sinusoïdal doit être au moins deux fois supérieure à la pulsation dudit signal sinusoïdal, si l'on veut éviter une perte de cohérence entre le signal sinusoïdal continu et l'échantillonnage. En d'autres termes, la période d'échantillonnage doit être deux fois plus petite que la période du signal sinusoïdal.

[0037] Un signal sonore peut se décomposer en une somme de signaux sinusoïdaux. Par une analogie espace-temps, la distance d'échantillonnage, entre deux haut-parleurs du signal sonore doit être inférieure à la moitié de la longueur d'onde de ce signal. Si l'on considère que la longueur d'onde limitante est la longueur d'onde la plus courte du signal, c'est-à-dire que la fréquence limitante est la fréquence la plus élevée du signal, on obtient : $2 \cdot \Delta l \leq \lambda$, où l est la distance séparant deux haut-parleurs (ou microphones) et λ est la plus petite longueur d'onde du signal.

[0038] Ainsi, l'échantillonnage -émission ou enregistrement- conserve toutes les informations du signal échantillonné pour les fréquences inférieure ou égale à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

[0039] La plage des fréquences audibles est de 20 Hz à 20 kHz, mais les fréquences sonores les plus souvent perçues sont inférieures à 5 kHz. On choisit donc une fréquence d'échantillonnage de 10 kHz.

[0040] Comme illustré aux différentes figures, on aboutit à un casque 1 comprenant deux écouteurs 2, chaque écouteur comprenant au moins cinq haut-parleurs disposés sur un support 3, 4. Ledit support 3, 4 définit au moins partiellement une surface en calotte, apte à englober totalement l'oreille de l'auditeur 6.

[0041] L'expression « en calotte » signifie que l'écou-

teur englobe totalement le pavillon de l'oreille, sans qu'il y ait de contact entre la surface « en calotte » et le pavillon. Avantageusement, cette surface se présente sous la forme d'une hémisphère ou d'une portion d'hémisphère. Elle peut également être ovoïde, voire éventuellement polyédrique. L'essentiel réside dans le fait que la surface en calotte englobe l'oreille de l'auditeur, et constitue un squelette support pour les haut-parleurs.

[0042] Dans les différentes figures, ledit écouteur présente une surface en calotte hémisphérique.

[0043] Ledit écouteur 2 peut être ouvert ou fermé. S'il est ouvert, ladite surface hémisphérique n'est que partiellement matérialisée par le support 3, 4. S'il est fermé, le support 3, 4 matérialise complètement ladite surface hémisphérique. Avantageusement, lesdits au moins cinq haut-parleurs peuvent être répartis en forme de croix, ce qui permet d'obtenir une surface acoustique émettrice satisfaisante.

[0044] Ledit support est constitué notamment d'une bague 3 à laquelle sont fixées deux bandes 4 cintrées, une bande horizontale 42 et une bande verticale 43. Lesdites bandes 4 cintrées forment une croix. En outre, elles sont percées d'orifices 41 aptes à recevoir lesdits haut-parleurs 44.

[0045] Les orifices 41 sont répartis régulièrement, de sorte que la distance séparant deux haut-parleurs contigus est inférieure ou égale à 3 cm, pour une fréquence maximale du signal échantillonné de 5 kHz. Le diamètre D de la bague 3 est, dans cet exemple, de 8 cm.

[0046] Chaque bande cintrée 42, 43 est munie d'un orifice 41 au niveau du point d'intersection des deux bandes, comme illustré aux différentes figures. Par exemple, la bande horizontale 42, comprend quatre orifices 41 espacés d'un angle de 36° entre eux ; la bande verticale 43 comprend trois orifices 41 espacés d'un angle de 45° entre eux. Ainsi, l'écouteur 2 peut recevoir six haut-parleurs dont un à l'intersection des deux bandes support 42, 43.

[0047] Par exemple, la surface hémisphérique a un rayon r de 4 cm.

[0048] Bien entendu, on pourrait prévoir un plus grand nombre de haut-parleurs, disposés par exemple sur les branches d'une étoile et plus proche les uns des autres, pour obtenir une fréquence maximale du signal échantillonné, en l'occurrence émis, supérieure à 5 kHz.

[0049] Par exemple, comme illustré aux figures 4 et 5, l'écouteur peut comporter huit haut-parleurs 44. Sont représentées, en haut à gauche des figures 4 et 5, une vue plane de ces deux variantes et, autour de la vue plane, des vues en coupe selon les lignes AA, BB, CC, A'A', B'B', C'C'. Dans ces exemples, les écouteurs sont hémisphériques.

[0050] Ainsi, en vue plane, les haut-parleurs 44 sont répartis régulièrement autour de deux cercles concentriques, un cercle extérieur 31 de grand rayon et un cercle intérieur 32 de rayon inférieur à celui du cercle extérieur 31.

[0051] Dans la variante illustrée à la figure 4, les haut-

parleurs 44 se trouvent au sommet d'un pentagone régulier inscrit dans le cercle extérieur 31 et d'un triangle équilatéral inscrit dans le cercle intérieur 32.

[0052] Dans la variante illustrée à la figure 5, les haut-parleurs 44 sont situés aux sommets de deux carrés inscrits respectivement dans le cercle intérieur 32 et le cercle extérieur 31, les diagonales d'un des carrés étant sensiblement parallèles aux côtés de l'autre carré.

[0053] Avantagement, les cercles extérieur 31 et intérieur 32 sont sensiblement parallèles au plan défini par la bague 3 et se trouvent sous un angle de 30° ($\pi/6$ rad) et de 60° ($\pi/3$ rad) par rapport au centre 33 de l'hémisphère.

[0054] Selon une autre variante, représentée à la figure 6, l'écouteur comporte six haut-parleurs 44, quatre répartis régulièrement aux sommets d'un carré inscrit dans un cercle extérieur 31 et les deux autres répartis sur une diagonale dudit carré, sur un cercle intérieur 32.

[0055] Ainsi, lesdits au moins cinq haut-parleurs sont aptes à reconstituer un champ acoustique, perçu comme continu par l'oreille humaine, pour des fréquences acoustiques inférieures à une fréquence maximale donnée, notamment 5 kHz.

[0056] L'expression « perçu comme continu » signifie que le déplacement d'une source sonore émettant un signal de fréquence inférieur ou égal à 5 kHz, restituée par le casque acoustique, est perçu sans saccade ni à-coups mais de manière continue. L'auditeur n'a pas l'impression que la source sonore passe sans transition d'un point de l'espace à l'autre quand le déplacement aurait dû être perçu comme progressif.

[0057] Avantagement, un casque conforme à l'invention comprend au moins six haut-parleurs par écouteur.

[0058] Selon une première variante de l'invention, un casque 1 est muni d'écouteurs ouverts, tel qu'illustré aux différentes figures. Dans ce cas, le support 3, 4 est constitué d'une armature ouverte, apte à recevoir les haut-parleurs. D'un point de vue acoustique, cela signifie que l'auditeur peut entendre un son non émis par les haut-parleurs, sans déformation, ni atténuation.

[0059] Selon une autre variante, les écouteurs 2 sont fermés. Dans ce cas, le support est constitué d'une coque définissant une surface hémisphérique apte à recevoir lesdits haut-parleurs.

[0060] Bien que cela ne soit pas illustré, des moyens de connexion électrique sont prévus entre les haut-parleurs 44 et, par exemple, une sortie audio d'un amplificateur, d'un baladeur, une carte son ou de tout autre appareil électronique similaire. Il pourrait également s'agir de moyens de transmission sans fil, évitant ainsi l'encombrement généré par des fils électriques.

[0061] Avantagement, ledit casque sert de support à un microphone situé à l'extrémité d'une branche, devant la bouche de l'auditeur, pour permettre à celui-ci de parler, notamment de manière interactive, avec une autre personne équipée par exemple d'un même casque.

[0062] Lesdits écouteurs 2 peuvent présenter diverses

caractéristiques supplémentaires. Par exemple, la bague 3, c'est-à-dire la zone de l'écouteur en contact avec la tête de l'auditeur, peut être équipée d'un anneau de mousse, afin d'améliorer le confort de l'auditeur 6 lors de l'utilisation du casque.

[0063] Les éléments du support 3, 4 sont constitués par exemple d'aluminium ou d'un autre métal léger, ou encore de plastique.

[0064] Comme illustré, les deux écouteurs 2 du casque 1 sont reliés par un bandeau 8 qui passe au-dessus de la tête de l'auditeur 6. Il peut s'agir d'un bandeau réglable, en divers matériaux connus de l'homme du métier.

[0065] Par ailleurs, selon une caractéristique avantageuse, un tel casque acoustique est équipé d'un dispositif de suivi des déplacements de la tête ou « head-track ». Ainsi, les mouvements de la tête de l'auditeur 6 peuvent être détectés et le signal diffusé par les haut-parleurs de chaque écouteur 2 peut être modifié en fonction de ces mouvements, afin d'offrir à l'auditeur 6 une véritable impression de déplacement auditif, dans un espace virtuel notamment. Ce type de dispositif est particulièrement utile lorsqu'il est couplé à un casque de vision en trois dimensions.

[0066] L'invention est également relative à un dispositif d'enregistrement pour la restitution spatiale ultérieure d'un son, constitué d'un casque tel que décrit ci-dessus. Cela étant, dans un tel dispositif d'enregistrement, les haut-parleurs sont remplacés par des microphones omnidirectionnels ou cardioïdes orientés vers l'extérieur des écouteurs, c'est-à-dire à l'opposé des oreilles 5 d'un auditeur 6 potentiel.

[0067] Pour une bonne compatibilité entre un tel dispositif d'enregistrement et un casque acoustique 1 conforme à l'invention, la surface en calotte d'enregistrement correspondant au dispositif d'enregistrement est confondue avec la surface en calotte d'émission acoustique d'un tel casque acoustique.

[0068] Avec un tel casque acoustique et un tel dispositif d'enregistrement, il n'est plus nécessaire de se préoccuper des transformations subies par l'onde sonore, dues à l'appareil auditif, puisqu'on enregistre et on émet les sons avant ces transformations.

[0069] Un tel casque peut trouver son application dans de nombreux domaines, et notamment :

- les loisirs et jeux dits de « réalité virtuelle », qui reconstituent un espace audiovisuel virtuel,
- la téléconférence, pour simuler une salle de réunion ou de conférence et localiser virtuellement les intervenants les uns par rapport aux autres, autrement que par l'intermédiaire d'un simple écran,
- toute autre application où l'on peut souhaiter coupler, par exemple, un espace acoustique à un espace visuel reconstitués.

[0070] Naturellement, d'autres modes de mise en oeuvre, à la portée de l'homme du métier, auraient pu encore être envisagés sans pour autant sortir du cadre

de l'invention, objet des revendications ci-après.

Revendications

1. Procédé pour la restitution spatiale d'un son avec un casque acoustique (1) muni de deux écouteurs (2), chaque-écouteur comprenant un support (3,4) définissant une surface en calotte englobant totalement l'oreille de l'auditeur, chaque écouteur (2) comprenant au moins cinq haut-parleurs disposés sur ladite surface hémisphérique, **caractérisé en ce que** ledit procédé consiste à restituer la spatialité d'un son par application du principe de Huygens Fresnel en reconstituant, pour chaque oreille et pavillon d'oreille de l'auditeur, une surface sonore correspondant à l'addition des ondes sphériques émises par lesdits au moins cinq haut-parleurs (44), deux haut-parleurs (44) contigus étant espacés d'une distance inférieure à la moitié de la plus petite longueur d'onde correspondant à une fréquence maximale donnée de telle façon à reconstituer un champ acoustique perçu comme continu par l'oreille humaine pour des fréquences acoustiques inférieures à ladite fréquence maximale donnée, ladite fréquence maximale étant une fréquence audible à l'oreille humaine.
2. Procédé selon la revendication 1, comprenant au moins six haut-parleurs (44) par écouteur (2).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite fréquence maximale vaut 5kHz et dans lequel deux haut-parleurs contigus sont espacés d'une distance inférieure ou égale à 3 cm.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel lesdits écouteurs sont ouverts, ledit support (3, 4) étant constitué d'une armature apte à recevoir lesdits haut-parleurs.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel lesdits écouteurs sont fermés, ledit support (3, 4) comprenant une coque définissant une surface en calotte apte à recevoir lesdits haut-parleurs.
6. Dispositif d'enregistrement d'un son destiné à une restitution spatiale ultérieure, conforme au procédé de restitution spatiale d'un son selon la revendication 1, constitué d'un casque tel que mis en oeuvre dans la revendication 1, dans lequel lesdits haut-parleurs dudit casque sont remplacés par des microphones omnidirectionnels ou cardioïdes, orientés vers l'extérieur des écouteurs, la surface en calotte d'enregistrement correspondant audit dispositif d'enregistrement étant confondue avec ladite surface en calotte d'udit casque.

Claims

1. A method for spatial restitution of a sound with a sound helmet (1) fitted with two earpieces (2), wherein each earpiece comprises a support (3,4) defining a cap-shaped area enclosing totally the listener's ear, each earpiece (2) including at least five loudspeakers arranged on said hemispherical surface, **characterised in that** said method consists in reproducing the spatiality of a sound by application of the Huygens Fresnel principle by reconstructing, for each ear and auricle of the listener, a sound surface corresponding to the addition of the spherical waves transmitted by said at least five loudspeakers (44), two adjoining loudspeakers (44) being spaced apart by a distance smaller than half the shortest wavelength corresponding to a given maximal frequency so as to reconstruct an acoustic field perceived as continuous by the human ear for acoustic frequencies smaller than said given maximal frequency, said maximal frequency being a frequency audible to the human ear.
2. A method according to claim 1, including at least six loudspeakers (44) per earpiece (2).
3. A method according to claim 1 or 2, wherein said maximal frequency equals 5kHz and wherein two adjoining loudspeakers are spaced apart by a distance smaller than or equal to 3 cm.
4. A method according to one of the claims 1 to 3, wherein said earpieces are open, said support (3, 4) being formed of an armature capable of receiving said loudspeakers.
5. A method according to one of the claims 1 to 3, wherein said earpieces are closed, said support (3, 4) comprising a shell defining a cap-shaped area capable of receiving said loudspeakers.
6. A device for recording a sound intended for later spatial restitution, according to the spatial sound reproduction method according to claim 1, formed of a helmet as implemented in claim 1, wherein said loudspeakers of said helmet are replaced with omnidirectional or cardioid microphones, oriented to the outside of the earpieces, the cap-shaped recording area corresponding to said recording device being blended with said cap-shaped area of one said helmet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur räumlichen Wiedergabe eines Tones mit einem mit zwei Hörern (2) versehenen Kopfhörer (1), wobei jeder Hörer eine Halterung (3, 4) umfasst,

- die eine das Ohr des Zuhörers vollständig umfassende kalottenförmige Oberfläche definiert, wobei jede Hörer (2) wenigstens fünf auf der besagten halbkreisförmigen Oberfläche angeordnete Lautsprecher umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** 5
das besagte Verfahren darin besteht, die Räumlichkeit eines Tones durch Anwendung des Huygens-Fresnel-Prinzips wiederzugeben, indem für jedes Ohr und jede Ohrmuschel des Zuhörers eine akustische Oberfläche rekonstruiert wird, die der Addition 10
der von den wenigstens fünf Lautsprechern (44) ausgegebenen sphärischen Wellen entspricht, wobei zwei angrenzende Lautsprecher (44) um einen Abstand von einander beabstandet sind, der kleiner als 15
die Hälfte der kleinsten, einer gegebenen Höchsthörfrequenz entsprechenden Wellenlänge ist, sodass ein vom menschlichen Ohr für Hörfrequenzen, die unterhalb der besagten gegebenen Höchsthörfrequenz liegen, als kontinuierlich wahrgenommenes Schallfeld rekonstruiert wird, wobei die besagte Höchsthörfrequenz eine für das menschliche Ohr hörbare Frequenz ist. 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend wenigstens sechs Lautsprecher (44) pro Hörer (2). 25
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die besagte Höchsthörfrequenz 5 kHz ist und bei dem zwei angrenzende Lautsprecher um einen Abstand von einander beabstandet sind, der kleiner als oder gleich 3 cm ist. 30
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die besagten Hörer offen sind, wobei die besagte Halterung (3, 4) aus einem Rahmen besteht, der geeignet ist, die besagten Lautsprecher aufzunehmen. 35
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die besagten Hörer geschlossen sind, wobei die besagte Halterung (3, 4) eine Schale umfasst, die eine kalottenförmige Oberfläche definiert, die geeignet ist, die besagten Lautsprecher aufzunehmen. 40
 6. Vorrichtung zur Aufnahme eines Tones für eine spätere Wiedergabe gemäß dem Verfahren zur räumlichen Wiedergabe eines Tones nach Anspruch 1, bestehend aus einem Kopfhörer, wie in Anspruch 1 durchgeführt, bei der die besagten Lautsprecher des besagten Kopfhörers durch zur Außenseite der Hörer orientierte Drehmikrofone oder Kardioidmikrofone ersetzt sind, wobei die der besagten Aufnahmevorrichtung entsprechende kalottenförmige Aufnahmeoberfläche mit der besagten kalottenförmigen Oberfläche eines besagten Kopfhörers übereinstimmt. 45
50
55

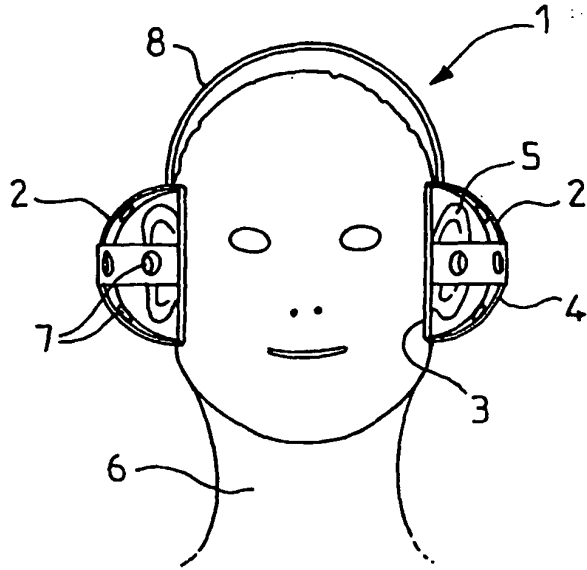


FIG. 1

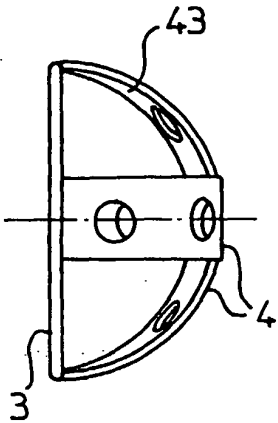


FIG. 2a

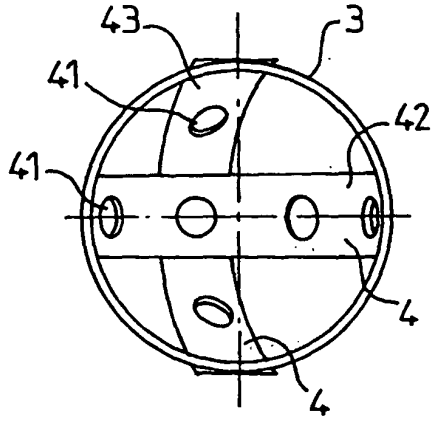


FIG. 2b

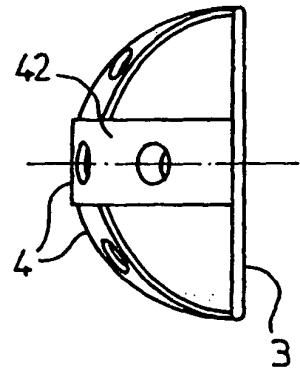


FIG. 2c

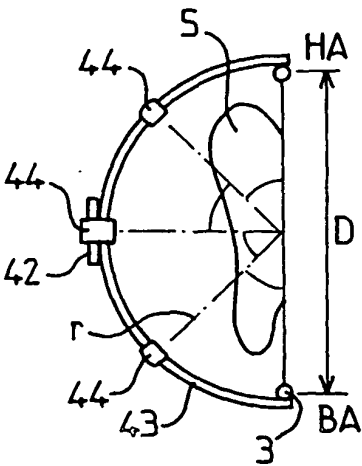


FIG. 3a

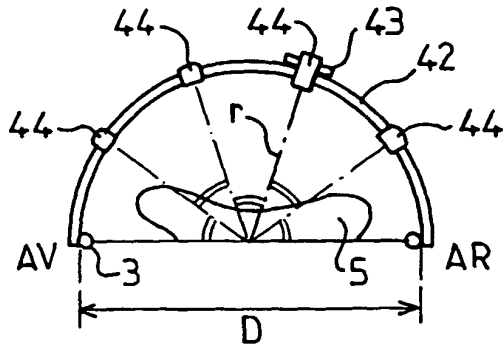


FIG. 3b

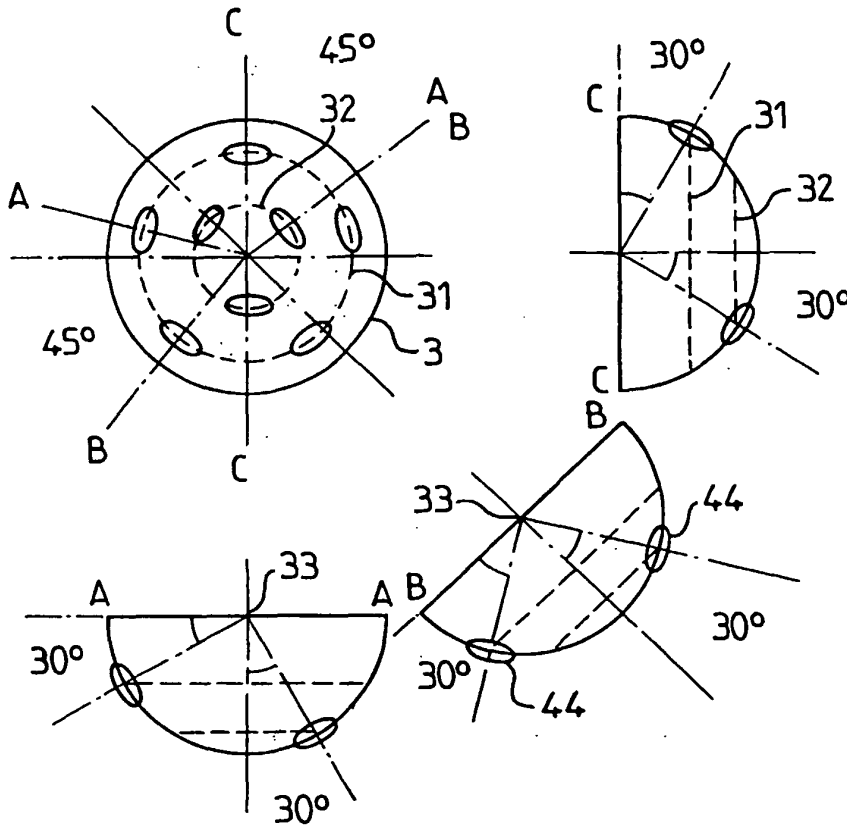


FIG. 4

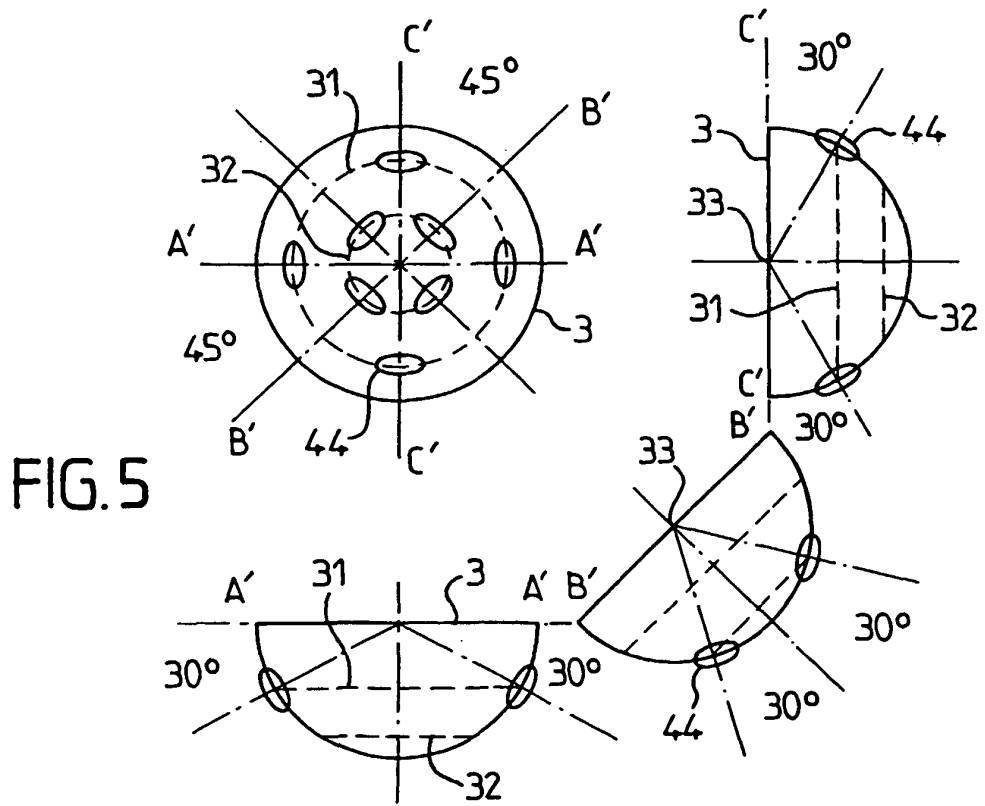


FIG. 5

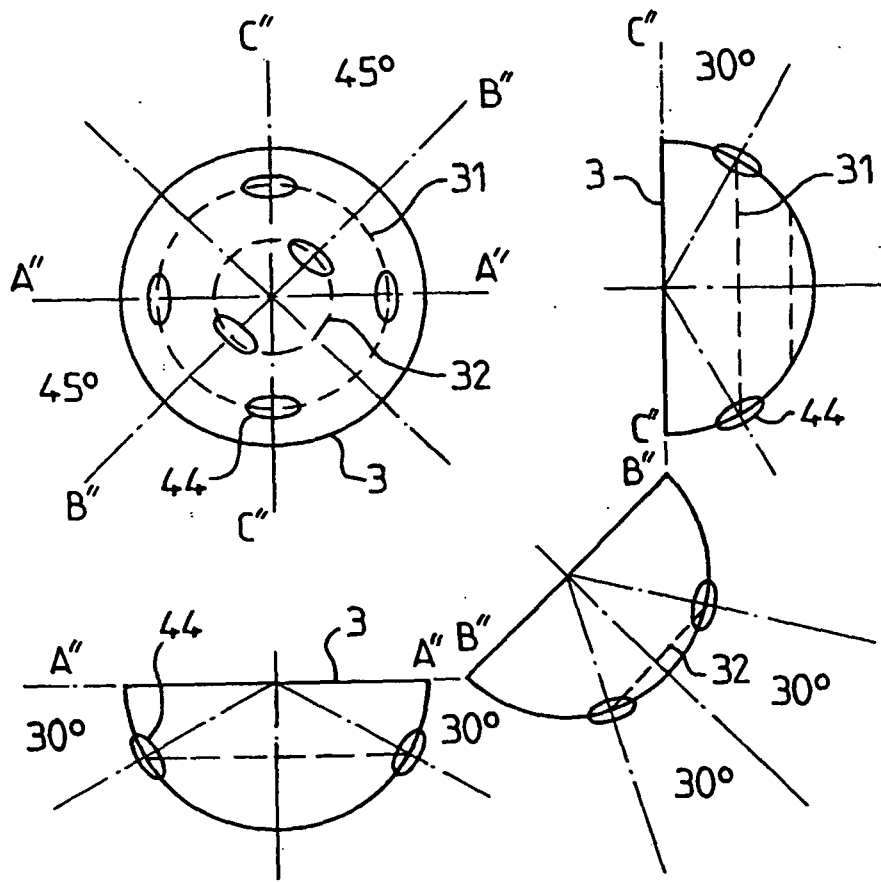


FIG.6

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 6038330 A [0014]