

12.

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21. Numéro de dépôt: **87105422.7**

51. Int. Cl.4: **H04R 5/02 , H04R 1/40**

22. Date de dépôt: **11.04.87**

30. Priorité: **05.06.86 CH 2282/86**

43. Date de publication de la demande:
09.12.87 Bulletin 87/50

84. Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

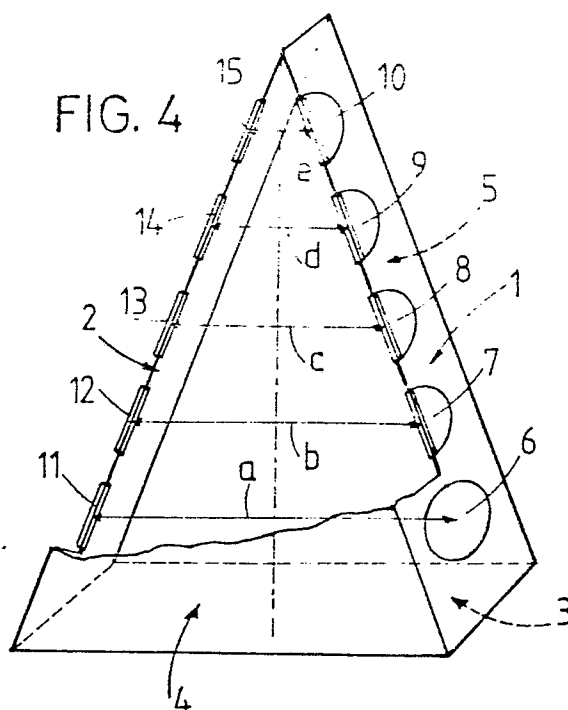
71. Demandeur: **SES SOUND ELECTRONIC SYSTEMS S.A.**
28, rue Saint-léger
CH-1204 Genève(CH)

72. Inventeur: **Schupbach, Walter**
Route de Benex 4
CH-1197 Prangins/VD(CH)

74. Mandataire: **Micheli, Michel-Pierre et al**
MICHELI & CIE 118, Rue du Rhône Case
Postale 47
CH-1211 Genève 6(CH)

54. **Enceinte stéréophonique.**

57. Elle comporte un premier groupe de transducteurs (7 à 10) disposés suivant une première ligne et alimentés par un signal "droit" d'une chaîne Hi-fi ainsi qu'un second groupe de transducteurs (11 à 15) disposés suivant une seconde ligne, formant un angle avec ladite première ligne, et alimentés par un signal "gauche". Les signaux "droit" et "gauche" alimentant les groupes de transducteurs (7 à 10 et 11 à 15) sont en phase et le chemin (a à e) séparant les zones actives de deux transducteurs associés, (6,11;7,12;8,13;9,14;10,15) est égal à un multiple impair de la demi longueur d'onde d'une fréquence comprise entre 300 et 1000Hz créant ainsi un couplage acoustique pour cette fréquence, entre ces deux transducteurs. Les fréquences de couplage des différents couples de transducteurs sont différentes.



ENCEINTE STEREOPHONIQUE

On connaît des enceintes stéréophoniques monolithiques telles que décrites par exemple dans le brevet US-A-4 572 325. De telles enceintes permettent à l'aide d'un dispositif monolithique, c'est-à-dire ne comportant pas deux colonnes de restitution sonore, mais seulement une, une meilleure restitution de l'espace sonore, ou ambiance acoustique que les dispositifs traditionnels à deux enceintes. En particulier ces enceintes monolithiques permettent une excellente localisation du son par les auditeurs, soit une restitution stéréophonique des sons, qui est pratiquement indépendante de la position de l'auditeur par rapport à l'enceinte ce qui n'est pas le cas lors de la restitution sonore à l'aide de deux enceintes ou colonnes distinctes.

L'inconvénient de ces enceintes monolithiques existantes réside dans le fait qu'elles travaillent exclusivement en réflexion, c'est-à-dire qu'elles émettent des ondes sonores en direction d'une paroi qui les renvoie vers l'espace d'audition. Ceci est en effet un inconvénient car d'une part tous les locaux d'audition ne se prêtent pas à l'écoute par réflexion, il faut disposer d'une paroi nue, et d'autre part la qualité de la restitution est influencée par la nature de la paroi de réflexion, sa texture, dureté, rugosité, module d'élasticité, etc ainsi que par la distance séparant cette paroi réfléchissante de l'enceinte monolithique.

La présente invention a pour but la réalisation d'une enceinte stéréophonique monolithique obviant aux inconvénients précités tout en gardant les avantages relatifs à la qualité de la restitution sonore obtenue par les enceintes décrites dans le brevet américain précité.

La présente invention a pour objet une enceinte stéréophonique monolithique comportant un premier groupe de transducteurs disposés suivant une première ligne et alimentés par tout ou partie du signal "droit" d'un amplificateur d'une chaîne Hi-fi ainsi qu'un second groupe de transducteurs disposés suivant une seconde ligne, formant un angle avec ladite première ligne, et alimentés par un signal "gauche" dudit amplificateur, caractérisée par le fait que le premier et second groupes comportent le même nombre de transducteurs, par le fait que les signaux "droit" et "gauche" alimentant les groupes de transducteurs sont en phase, par le fait que le chemin séparant les zones actives de deux transducteurs associés, appartenant chacun à un des groupes, est sensiblement égal à un multiple impair de la demi longueur d'onde d'une fréquence comprise entre 300 et 1000 Hz créant ainsi un couplage acou-

stique pour cette fréquence entre ces deux transducteurs associés, et par le fait que les fréquences de couplage des différents couples de transducteurs sont différentes.

Le dessin annexé illustre schématiquement et à titre d'exemple les modes de localisation humaine de sources sonores ainsi que différentes formes d'exécution et variantes de l'enceinte sonore selon l'invention.

La figure 1 est un diagramme illustrant les zones de perception sonore humaine, de la musique, et de la parole en fonction de l'intensité sonore et de la fréquence du son ainsi que la zone dans laquelle la localisation d'une source sonore est possible.

La figure 2 est un diagramme illustrant en fonction de l'intensité sonore et de la fréquence du son les zones dans lesquelles la localisation de la source sonore s'effectue par le différentiel de temps respectivement d'intensité sonore entre la partie active d'une oreille et de l'autre.

La figure 3 illustre les signaux sonores perçus par les oreilles gauche et droite d'un auditeur provenant d'une source située en avant et sur sa gauche.

Les figures 4 à 6 illustrent trois variantes d'une première forme d'exécution de l'enceinte selon l'invention.

Les figures 7 à 9 illustrent une seconde forme d'exécution de l'enceinte selon l'invention.

La figure 10 illustre les zones d'audition stéréophoniques des dispositifs illustrés aux figures 4 à 6.

Les figures 11 et 12 illustrent une troisième forme d'exécution de l'enceinte selon l'invention.

La figure 13 illustre une quatrième forme d'exécution de l'enceinte selon l'invention.

La figure 14 illustre une cinquième forme d'exécution de l'enceinte selon l'invention.

Des études récentes, principalement empiriques, permettent d'approcher la physiologie de l'écoute humaine particulièrement dans le domaine de la localisation des sons, bruits, etc. perçus.

De ces études il ressort quelques constatations qui sont illustrées aux figures 1 à 3. La figure 1, montre que l'oreille humaine est sensible, pour la perception de la musique dans une plage A allant d'environ 20Hz à 20KHz pour une intensité allant de 20 à 90dB. Pour la parole l'oreille humaine est sensible dans une plage B plus restreinte et ce n'est que pour la zone provenant de la plage C, 300Hz à 5KHz; 40dB à 70dB, restreinte, que la personne qui écoute est capable de localiser la provenance des sons.

Cette localisation s'effectue grâce à deux paramètres, d'une part le différentiel de temps Δt séparant la perception d'un même front d'ondes par l'oreille gauche et l'oreille droite et d'autre part le différentiel de pression sonore Δp d'un front d'ondes entre les deux oreilles. La figure 2 montre que les deux paramètres Δt et Δp permettant la localisation d'un son, sont utilisés de façon pratiquement équivalente pour la zone D centrée autour de 1100Hz, en dessous de cette fréquence c'est le différentiel de pression sonore Δp qui est prépondérant, tandis qu'au-dessous de cette fréquence c'est le différentiel de temps Δt qui est prépondérant pour la localisation du son.

La figure 3 illustre la perception par l'oreille gauche G et par l'oreille droite D d'un auditeur d'un son, front d'ondes audible, provenant du point P. Si l'oreille gauche G perçoit le son au temps t_0 avec une intensité P_1 l'oreille droite D percevra ce son au temps $(t_0 + \Delta t)$ et avec une intensité ou pression sonore $(P_2 = P_1 - \Delta P)$.

A partir de ces constatations que le titulaire a pu expérimentalement mettre en évidence, il en déduit que pour permettre une audition stéréophonique se rapprochant au mieux des conditions d'écoute réelles il faut que le dispositif de restitution du son permette pratiquement en toute part d'une salle d'écoute de réaliser, pour des fréquences comprises entre 300Hz et 4Khz et des pressions acoustiques comprises entre 40dB et 90dB, par la combinaison de signaux gauches et droits provenant de sources distinctes mais localisés dans une seule enceinte stéréophonique, la reproduction des paramètres Δt et Δp tels qu'ils seraient engendrés lors d'une écoute en direct de sons provenant de sources ayant des positions différentes par rapport à l'auditeur.

Ceci peut être réalisé en enregistrant les signaux gauches et droits à l'aide d'une tête d'écoute formée de deux micros séparés par la distance moyenne séparant les deux oreilles d'une personne, puis en alimentant avec ces signaux gauches-droits, pour la plage de fréquence allant de 300Hz à 4Khz au moins, une pluralité de couples, de haut-parleurs, chacun de ces couples de haut-parleurs, étant couplé acoustiquement pour une fréquence différente. De plus les couples de haut-parleurs sont de préférence disposés les uns par rapport aux autres de manière à créer un front d'ondes continu, compte tenu des différentes fréquences de couplage.

De cette façon on peut restituer pour un auditeur placé pratiquement n'importe où dans la salle d'écoute les paramètres permettant la localisation des sons tels qu'ils auraient été perçus par un auditeur en direct situé au centre de la salle d'écoute.

La première forme d'exécution de l'enceinte stéréophonique monolithique selon l'invention répondant aux critères énoncés ci-dessus est illustrée en perspective à la figure 4. Elle comporte une enceinte présentant la forme d'une section droite d'un prisme ayant en coupe la forme d'un triangle isocèle dont la base est formée par le petit côté.

Les deux autres côtés 1,2 servent de support à des groupes de haut-parleurs affectés chacun à un canal droit, respectivement gauche; chacun de ces groupes présentant le même nombre de haut-parleurs. Ces deux côtés 1,2 et la base 3 de cette enceinte sont reliés par des parois frontale 4 et arrière 5 formant ainsi une enceinte fermée.

Chaque haut-parleur 6,7,8,9,10 d'un groupe est associé avec un haut-parleur 11,12,13,14,15 du second groupe pour former un couple de haut-parleurs séparés par une distance différente d'un couple à l'autre permettant de réaliser un couplage acoustique de chacun de ces couples sur une fréquence différente. Dans l'exemple illustré le couple de haut-parleurs 6, 11 est séparé par une distance a correspondant à la demi longueur d'onde d'une fréquence de 300Hz. Les distances b, c, d, et e séparant les haut-parleurs des autres couples correspondent respectivement à la demi longueur d'onde de fréquence de 450, 650, 950 et 2000Hz.

On réalise ainsi pour ces couples de haut-parleurs des couplages acoustiques pour des fréquences bien déterminées s'étagant entre 200Hz et 3KHz, soit dans la plage de fréquence nécessaire à la localisation du son.

Il est évident que les caractéristiques de réponse des haut-parleurs de différents couples peuvent être identiques ou différentes. Dans ce dernier cas, le couple de haut-parleurs 6,11 est plus particulièrement adapté à la restitution des basses fréquences tandis que le couple 10,15 est plus particulièrement adapté à la restitution des fréquences élevées.

La qualité de la restitution sonore dépend en grande partie de la qualité des haut-parleurs, tandis que la spatialité ou ambiance sonore (incorporant la localisation des sons) dépend en grande partie du couplage entre les haut-parleurs des différents couples couvrant la plage de fréquence comprise entre 300 et 1000 Hz (Δt).

Une telle enceinte stéréophonique monolithique peut être placée au milieu d'une salle d'écoute et générer une écoute stéréophonique de bonne qualité dans des zones X,Y telles que celles illustrées à la figure 10.

La figure 5 illustre une variante de cette première forme d'exécution dans laquelle les haut-parleurs de certains couples au moins sont alimentés par les amplificateurs gauche 16 respecti-

vement droite 17 au travers de filtres passe-bandes 18, 19 sélectionnant pour chacun des couples de haut-parleurs ainsi alimentés une bande de fréquence passante différente. La bande passante affectée à un couple de haut-parleurs sera voisine de la fréquence correspondant à la demi longueur d'ondes séparant lesdits haut-parleurs de sorte que ce mode d'alimentation renforce encore le couplage acoustique et donc l'effet de spatialité de la restitution sonore. Il est à noter que l'effet de localisation dépend principalement des fronts d'onde d'une fréquence comprise entre 300 Hz et 1KHz et de la différence de pression Δp entre 1000 et 4000Hz et que cette localisation s'effectue très rapidement pendant la première milliseconde alors que la qualité de la transmission musicale dépend d'une gamme de fréquence bien plus étendue 20 Hz à 20KHz et est perçue par le cerveau humain pendant un laps de temps allant de 1 à 3 secondes. Il est donc en pratique tout à fait possible de distinguer entre les moyens permettant la localisation du son de ceux permettant la restitution fidèle des sons (musique, bruits, etc).

Dans la variante illustrée à la figure 6 le couplage acoustique des haut-parleurs appartenant à un couple donné s'effectue non pas par les distances, a....e, les séparant par l'intérieur de l'enceinte comme précédemment mais du fait que la longueur de la demi circonférence a'....e' correspondant à la longueur d'un front d'onde les séparant par l'extérieur de l'enceinte, si l'on considère une propagation sphérique des ondes sonores, est égale à un multiple impair de la demi longueur d'ondes correspondant à la fréquence de couplage désirée. On obtient ici un couplage extérieur à l'enceinte. Dans d'autre exécution on peut envisager de réaliser une enceinte dans laquelle seraient réalisés tant un couplage intérieur à l'enceinte qu'un couplage extérieur à l'enceinte.

Dans une forme d'exécution telle que celle illustrée à la figure 6 les fronts d'onde provoqués par les différents couples de haut-parleurs ne sont pas synchronisés ce qui nuit tant à la localisation qu'à la fidélité de la restitution musicale. Pour palier à cet inconvénient on peut, à l'aide de lignes de retard incorporées dans l'alimentation en signaux électriques des couples de haut-parleurs, provoquer un décalage dans le temps, différent pour chaque couple de haut-parleurs, de ces signaux de telle sorte que dans le plan de symétrie de l'enceinte les fronts d'onde a'....e' soient synchronisés c'est-à-dire, que dans ce plan tous les fronts d'onde présentent un maximum à un moment donné. Cette cohérence du son est tout particulièrement importante pour la fonction de locali-

sation de sorte qu'il est possible de limiter cette synchronisation aux couples de haut-parleurs accordés sur des fréquence comprises entre 300 et 1000Hz.

Dans la forme d'exécution illustrée aux figures 7 à 9, l'enceinte comporte un baffle plan 20 sur lequel sont fixés des groupes de haut-parleurs 21, 22, 23, 24 et 25, 26, 27, 28 disposés suivant deux droites formant un angle entre elles.

La paroi arrière de ce baffle est munie de chambres de résonance 29, 30, 31, 32 reliant les haut-parleurs des deux groupes formant des couples 21-25; 22-26; 23-27 et 24-28. Les dimensions de ces chambres de résonance sont telles qu'elles constituent pour des fréquences données étagées entre 300Hz et 1KHz, par exemple pour 350Hz, 450Hz, 650Hz et 950Hz des résonateurs permettant ainsi un couplage pour ces fréquences des couples de haut-parleurs correspondants.

Ce couplage permet à nouveau d'assurer la diffusion, pour les fréquences concernées les signaux gauche et droit avec décalages temporels Δt et de pression acoustique Δp propre à une perception parfaite de la localisation des sons et donc de réaliser une spatialité parfaite de la diffusion sonore par cette enceinte.

Les figures 11 et 12 illustrent une troisième forme d'exécution de l'enceinte stéréophonique monolithique formée d'une base 29, de deux baffles 30 d'un couvercle 31 et de deux parois terminales 32.

Chacun des baffles 30 sert de support à un groupe de haut-parleurs 33,34,35,36,37,38 formant des couples 33-36, 34-37 et 35-38.

Dans cette forme d'exécution on réalise comme précédemment un couplage entre les haut-parleurs d'un même couple à une fréquence donnée (comprise entre 300 Hz et 1KHz) différente pour chaque couple de haut-parleurs en s'assurant que les distances a, b, c soient égales à la demi longueur d'onde correspondant à la fréquence de couplage désirée.

De plus la disposition des haut-parleurs de chaque groupe, non seulement décalés en hauteur mais également en profondeur, permet de faire en sorte que dans le plan médian Z-Z de l'enceinte des sons, correspondant aux fréquences pour lesquelles les couples de haut-parleurs sont couplés, émis à un même instant, forment un front d'onde commun ce qui améliore encore la qualité de la réception sonore et les facultés de localisation.

Dans la forme d'exécution illustrée à la figure 13, l'enceinte comporte deux baffles frontaux 39, 40 inclinés vers l'arrière et formant un angle entre eux. L'enceinte est obtenue par une base, une paroi supérieure, une paroi arrière et des parois latérales. Des groupes de haut-parleurs sont fixés dans chacun des baffles 39, 40 et sont disposés de

façon à former des couples 41-42; 43-44; 45-46. Un couplage interne ou externe est réalisé pour des fréquences déterminées entre 300Hz et 1KHz, entre les haut-parleurs d'un même couple pour assurer une bonne restitution des paramètres définissant la localisation des sons. En outre, les groupes de haut-parleurs sont répartis sur le baffle le long de courbes de telle façon à ce que, pour la fréquence de couplage, les fronts sonores des couples de haut-parleurs se confondent dans le plan de symétrie médian de l'enceinte.

Puisque comme on l'a vu précédemment les informations relatives à la localisation spatiale ne sont nécessaires que dans une plage de fréquence comprise entre 300 et 3000Hz tandis que la restitution de la qualité du son exige une plage de fréquence allant jusqu'à environ 20'000Hz, on peut sans autre séparer ces informations. On peut ainsi réaliser une forme d'exécution de l'enceinte telle qu'illustrée à la figure 14 présentant une forme pyramidale tronquée de base carrée ou rectangulaire dont la face frontale est munie de haut-parleurs 47 pour les basses fréquences (20 à 300Hz), 48 pour les moyennes fréquences (300 à 3000Hz) et 49 pour les hautes fréquences (3000 à 30'000 Hz) alimentées par des signaux monos. Ces haut-parleurs 47,48 et 49 sont de bonne qualité et c'est eux qui constituent l'élément terminal de la chaîne de reproduction fidèle de la musicalité.

En plus, cette enceinte comprend sur ces faces latérales trois couples de haut-parleurs 50,51 et 52 couplés comme on l'a vu précédemment sur des fréquences de par exemple 350Hz, 600Hz et 1KHz. La position de ces haut-parleurs est telle que les fronts d'onde dudit couple soient synchronisés pour lesdites fréquences dans un plan de symétrie de l'enceinte. Ces couples de haut-parleurs sont eux alimentés par des signaux stéréo permettant, comme on l'a vu précédemment de diffuser les informations Δp et Δt dans toute la zone d'écoute qui permet une localisation des sons.

En variante on peut avoir un seul canal de spatialité coopérant dans les fréquences comprises entre 300 et 4'000Hz avec le canal musical pour transmettre les informations de localisation des sons.

De nombreuses formes d'exécutions et variantes peuvent être envisagées pour obtenir le résultat recherché mais toujours il faut, pour obtenir la spatialité désirée, que la disposition des haut-parleurs soit telle que des couples de haut-parleurs droite-gauche soient couplés acoustiquement, par l'intérieur et/ou par l'extérieur de l'enceinte, pour des fréquences différentes, comprises entre 300Hz et 1KHz. De plus, on augmente encore la qualité de la restitution si les haut-parleurs sont disposés de telle façon qu'un front d'onde commun soit

réalisé dans le plan de symétrie de l'enceinte pour des ondes sonores émises par les différents couples de haut-parleurs pour les fréquences auxquelles ils sont couplés.

Pour les auditeurs habitués à une grande séparation des canaux gauche-droite telle qu'elle est retransmise par les enceintes stéréo actuelles, surtout lorsqu'elles ne sont pas alimentées par une matrice d'enregistrement correspondant à l'écoute humaine mais par une matrice à micros multiples par exemple on peut prévoir un couple de transducteurs supplémentaire couplés sur une fréquence 300 à 1000Hz et alimentés par des signaux gauche-droite en opposition de phase. On renforce ainsi l'effet de séparation des canaux.

Revendications

1. Enceinte stéréophonique monolithique comportant un premier groupe de transducteurs disposés suivant une première ligne et alimentés par tout ou partie du signal "droit" d'un amplificateur d'une chaîne Hi-fi ainsi qu'un second groupe de transducteurs disposés suivant une seconde ligne, formant un angle avec ladite première ligne, et alimentés par tout ou partie d'un signal "gauche" dudit amplificateur, caractérisée par le fait que les signaux "droit" et "gauche" alimentant les groupes de transducteurs sont en phase, par le fait que le chemin séparant les zones actives de deux transducteurs associés, appartenant chacun à un des groupes, est sensiblement égal à un multiple impair de la demi longueur d'onde d'une fréquence comprise entre 300 et 1000 Hz créant ainsi un couplage acoustique pour cette fréquence, entre ces deux transducteurs associés, par le fait que les fréquences de couplage des différents couples de transducteurs sont différentes.

2. Enceinte selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le chemin séparant les zones actives de deux transducteurs associés et comptés suivant une droite reliant lesdites zones actives par l'intérieur de l'enceinte.

3. Enceinte selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le chemin séparant les zones actives de deux transducteurs associés et comptés le long d'un demi cercle reliant ces zones actives par l'extérieur de l'enceinte.

4. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les haut-parleurs de chaque groupe sont disposés suivant des droites définissant un plan perpendiculaire au plan de symétrie de l'enceinte et à la base de l'enceinte.

5. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les haut-parleurs de chaque groupe sont disposés suivant des droites

définissant sur un plan perpendiculaire au plan de symétrie de l'enceinte et formant un angle avec la base de celle-ci.

6. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les groupes de haut-parleurs sont disposés sur des lignes courbes définissant une surface perpendiculaire au plan de symétrie de l'enceinte. 5

7. Enceinte selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'elle présente la forme générale d'une section d'un prisme triangulaire, tronqué ou non, dont un côté constitue la base, tandis que les deux autres forment les baffles portant les haut-parleurs. 10

8. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait qu'elle comporte un baffle plan portant les haut-parleurs disposés suivant deux lignes formant un angle entre elles, et par le fait que chaque couple de haut-parleurs est relié par une chambre de résonance accordée sur la fréquence de couplage dudit couple. 15 20

9. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée par le fait que chaque couple de haut-parleurs est relié par une chambre de résonance accordée sur la fréquence de couplage dudit couple. 25

10. Enceinte selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que les couples de haut-parleurs sont disposés de telle façon que les fronts d'onde qu'ils émettent soient synchronisés dans le plan de symétrie de l'enceinte. 30

11. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée par le fait que les signaux alimentant le couple de haut-parleurs soient décalés dans le temps de façon que les fronts d'onde qu'ils émettent soient synchronisés dans le plan de symétrie de l'enceinte. 35

12. Enceinte selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'elle comporte encore des haut-parleurs alimentés en signaux monos pour la restitution fidèle des sons compris entre 20 et 30'000Hz. 40

13. Enceinte selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée par le fait qu'elle comporte encore des couples de haut-parleurs alimentés par des signaux "gauche" respectivement "droite" pour la restitution fidèle des sons compris entre 20 et 30'000Hz. 45

14. Enceinte selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'elle comporte un couple de haut-parleurs supplémentaires couplés sur une fréquence comprise entre 300 et 1000Hz, ces haut-parleurs étant alimentés par des signaux gauche respectivement droite en opposition de phase. 50 55

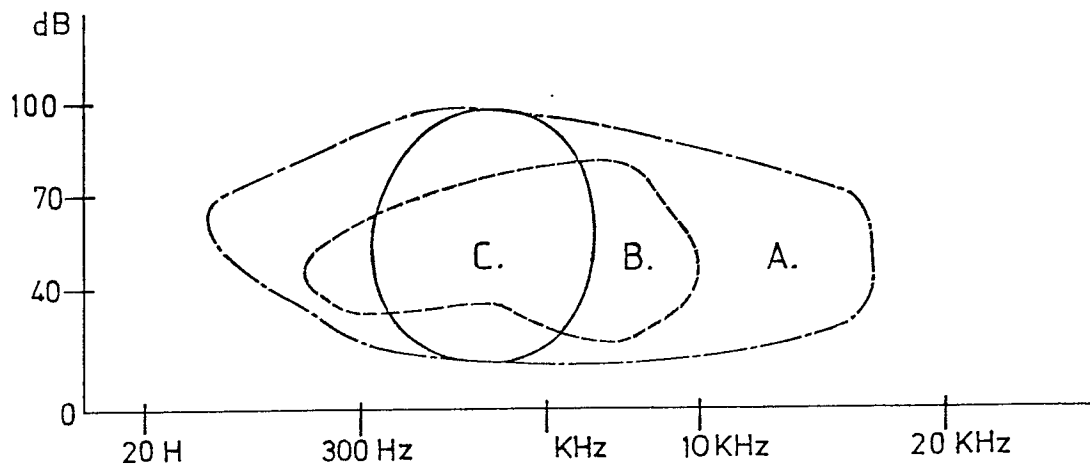


FIG. 1

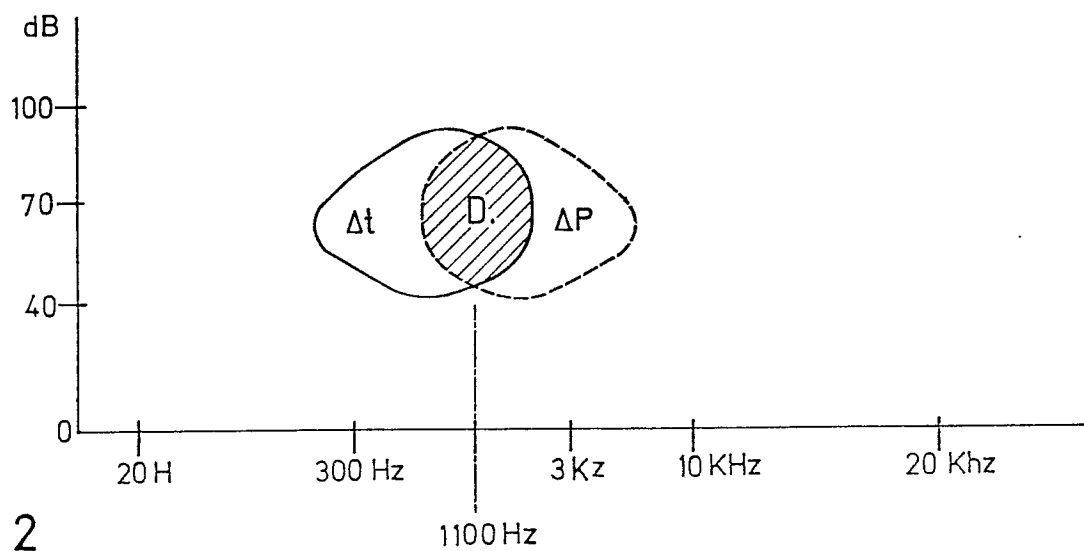


FIG. 2

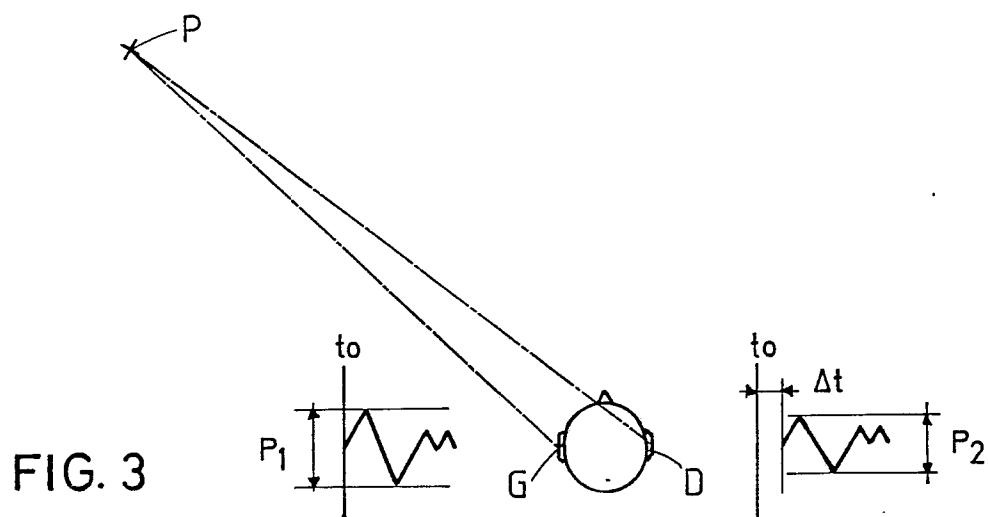
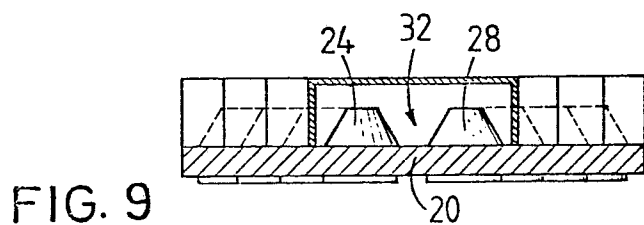
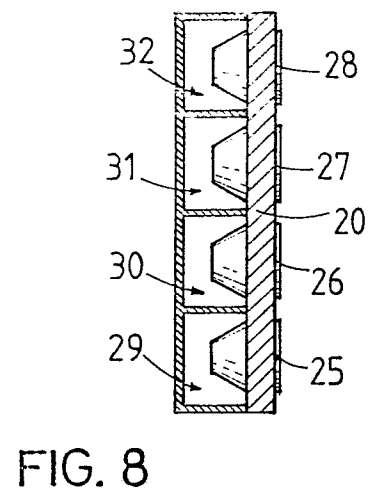
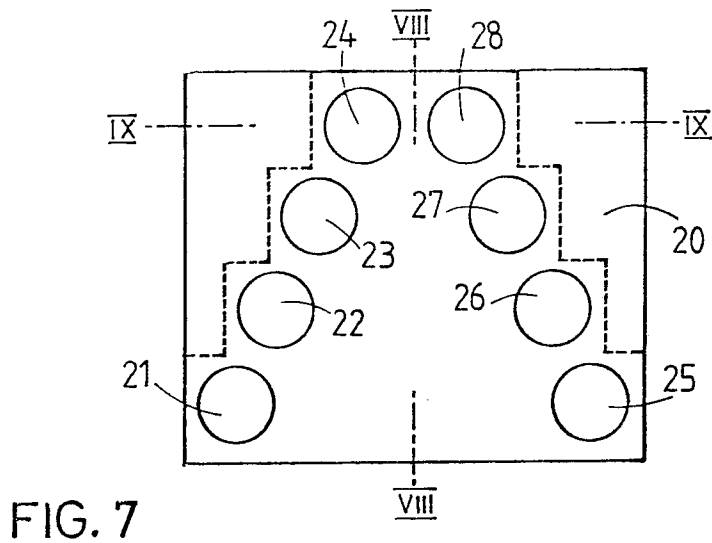
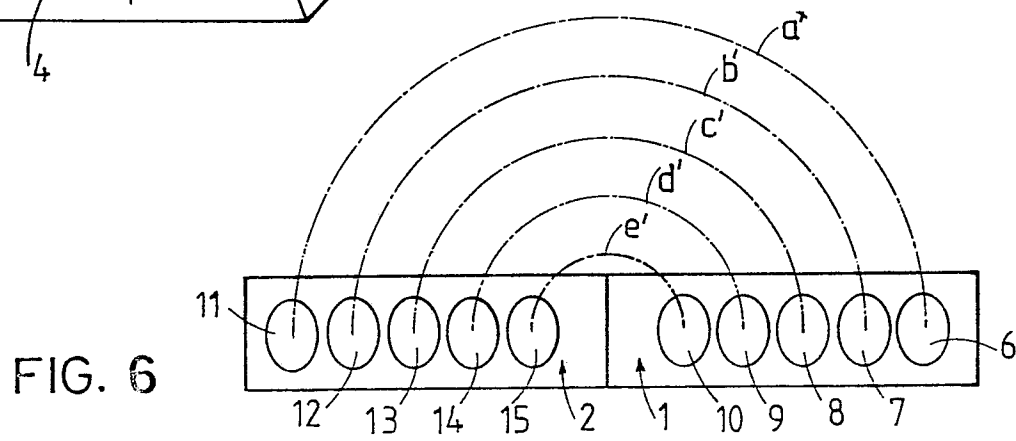
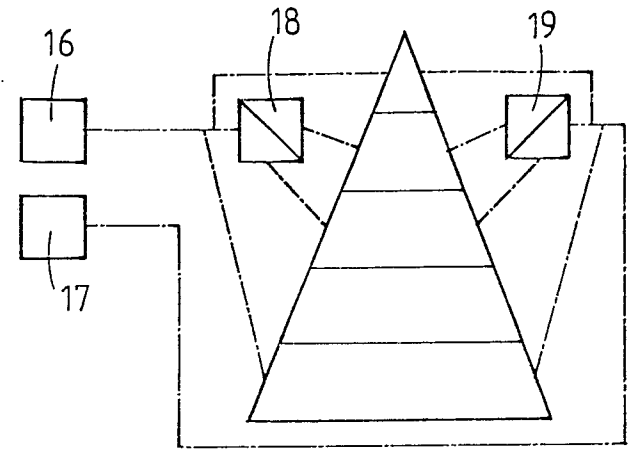
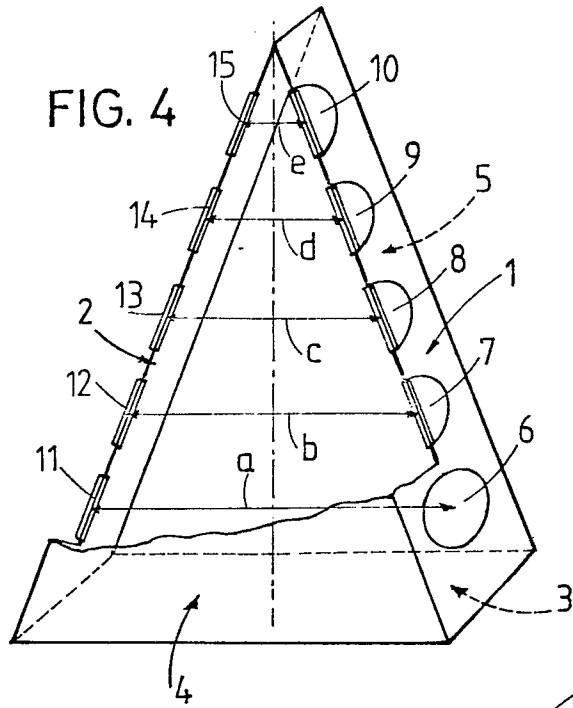


FIG. 3



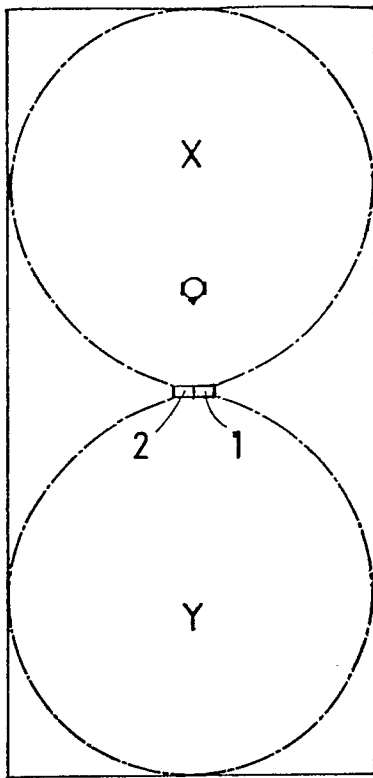


FIG. 10

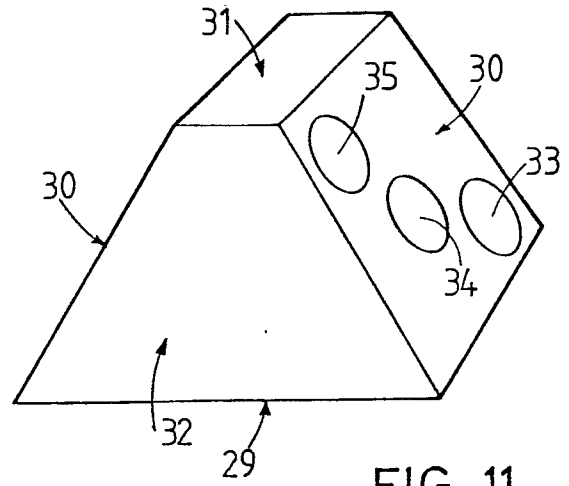


FIG. 11

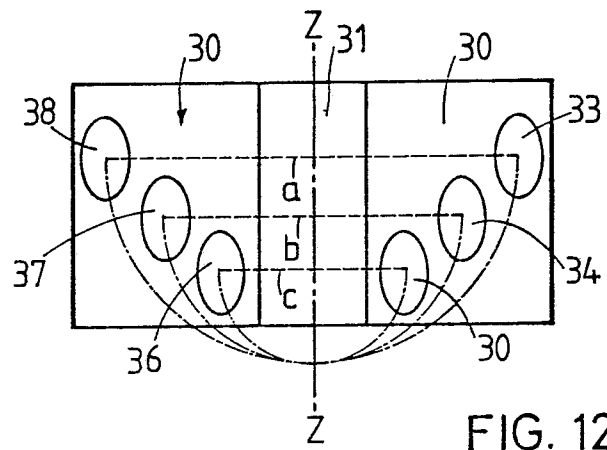


FIG. 12

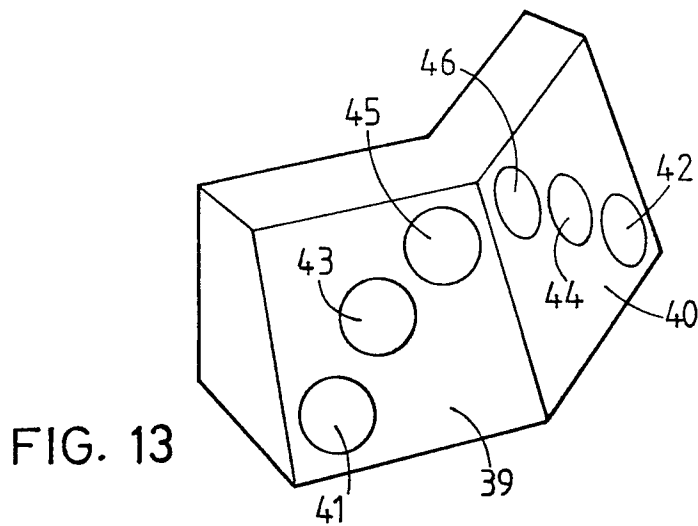


FIG. 13

FIG. 14

