



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
05.06.2002 Bulletin 2002/23

(51) Int Cl.7: **G10K 15/10**

(21) Numéro de dépôt: **01380005.7**

(22) Date de dépôt: **29.11.2001**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(71) Demandeur: **Meynial, Xavier**
44350 Guerande (FR)

(72) Inventeur: **Meynial, Xavier**
44350 Guerande (FR)

(30) Priorité: **04.12.2000 FR 0015645**

(54) **Reflecteur sonore actif**

(57) L'invention concerne un dispositif actif réfléchissant les ondes sonores, comprenant un ou plusieurs capteurs sonores (1) et leurs préamplificateurs (2), et un ou plusieurs haut-parleur (5) situés à proximité des capteurs (1), reliés aux capteurs (1) par l'intermédiaire d'un circuit de contrôle (3) et d'amplificateurs de puissance (4). Le circuit de contrôle (3) comprend un

filtre annulateur d'écho réduisant le couplage acoustique entre haut-parleurs (5) et capteurs (1), un dispositif de contrôle de la directivité en captation et en émission, et un filtre réverbérateur. Le réflecteur sonore actif permet d'améliorer les conditions d'écoute dans les salles en renforçant efficacement le son en provenance de la scène, et en augmentant si nécessaire la durée de réverbération.

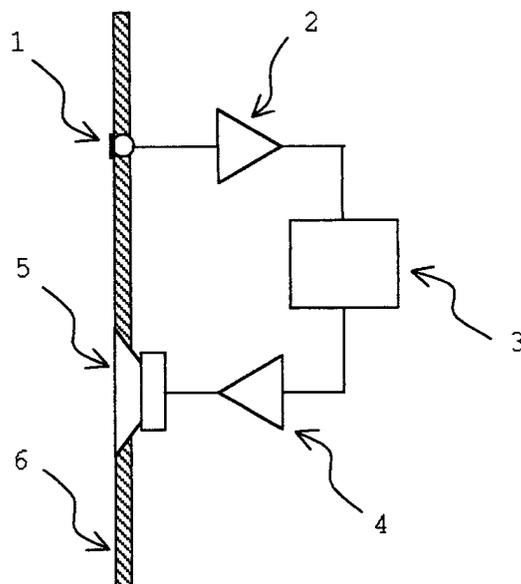


Figure 1

Description

[0001] La présente invention concerne la correction active de l'acoustique des salles de spectacle, auditoriums, salles de conférences et amphithéâtres, etc. L'idée du réflecteur sonore actif (où « abat-son actif ») dérive de celle des abat-sons traditionnels (passifs), sorte de réflecteur généralement placé au dessus de l'avant-scène pour renvoyer vers l'auditoire de l'énergie sonore en provenance de la scène. Cette énergie « précoce », arrivant peu après le « son direct » (son se propageant directement de la source vers les auditeurs), vient renforcer l'intelligibilité et la clarté des messages perçus par les auditeurs. Lorsque les réflecteurs sonores actifs sont placés sur les côtés d'une salle, le renfort de l'énergie précoce se traduit aussi par une sensation agréable d'élargissement de la source sur scène. Grâce à l'utilisation des techniques de l'électroacoustique (microphones, filtres, amplificateurs, haut-parleurs), les abat-sons actifs présentent une efficacité nettement supérieure à celle des abat-sons passifs. Leurs dimensions peuvent être beaucoup plus réduites, et leur comportement (par exemple l'intensité avec laquelle ils réfléchissent le son) peut être ajusté par l'utilisateur en fonction des exigences de chaque type de spectacle. Un ensemble de réflecteurs sonores actifs permettra en outre d'augmenter la réverbération de la salle dans laquelle ils sont placés, avec ou sans l'aide de filtres électroniques réverbérateurs.

[0002] Voici quelques applications typiques des réflecteurs sonores actifs :

- Renfort du son direct, grâce à des réflecteurs sonores actifs placés au dessus de l'avant scène, ou à proximité du cadre de scène.
- Conque de scène active. Amélioration de l'acoustique sur scène grâce à des réflecteurs sonores placés autour des musiciens.
- Augmentation de la durée de réverbération d'une salle grâce à un ensemble de réflecteurs sonores actifs.
- Création d'un effet de salle dans un spectacle en extérieur.
- Renforcement local du niveau sonore dans la salle, grâce à l'utilisation d'un ou plusieurs réflecteurs sonores actifs placés à proximité de la zone à renforcer.

[0003] Les réflecteurs sonores actifs se distinguent radicalement de la sonorisation en ce qu'ils opèrent essentiellement une modification de l'acoustique de la salle, plutôt qu'une diffusion massive d'énergie sonore. Ainsi, dans une salle équipée d'un ensemble de réflecteurs sonores actifs bien réglés, l'auditeur a l'impression d'une acoustique naturelle non amplifiée.

[0004] Les abat-sons passifs sont utilisés dans les salles depuis de nombreuses années. Ils se présentent sous forme de panneaux réfléchissants, plans ou gal-

bés, généralement suspendus au dessus de la scène ou de l'avant-scène. Leur dimensions typiques sont de l'ordre de un à quelques mètres carrés. L'idée de réflecteur sonore actif est décrite dans la demande de brevet français FR 2 449 318 déposé le 11-02-1980 par Philips Gloeilampenfabrieken NV où l'on parle d'un « réflecteur amplificateur du son » comprenant un microphone, un amplificateur et un haut-parleur dont le rayonnement direct est peu capté par le microphone associé, le tout étant assemblé en une « unité mécanique ». Dans ledit brevet, on ne parle pas explicitement de l'amplification de l'énergie précoce, mais plutôt de l'utilisation d'un certain nombre de ces réflecteurs pour le renfort de la réverbération dans une salle. Par ailleurs, les depuis les années 1960, un certain nombre de réalisations commerciales de systèmes électroacoustiques de renfort de réverbération ont vu le jour, dont on trouve un descriptif succinct dans : M. Kleiner, P. Svensson, *Review of active systems in room acoustics and electroacoustics*. Proc. of ACTIVE 95, Newport Beach, CA, USA, 1995, 39-54. Citons entre autres les systèmes MCR (Multi-channel Reverberation de Philips : décrit dans S. H. De Koning, *The MCR system : multiple-channel amplification of reverberation*. Philips Tech. Rev. , vol. 41, no. 1, pp 12-23, 1983/84), ACS (Acoustic Control System, décrit dans : A. J. Berkhout, D. D. De Vries, P. Vogel, *Acoustic control by wave field synthesis*. J. Acoust. Soc. Am., vol 93, no. 5, pp 2764-2778, 1993 ; et dans la demande de brevet européen EP 0 335 468 A1 déposée par Birch Wood Acoustics Nederland B.V.), SIAP (System for Improved Acoustic Performance, décrit dans : W.C.J.M. Prinssen, M. Holden, *System for improved acoustic performance*. Proc. I.O.A., pp 93-101, 1992 ; et dans la demande de brevet européen EP 0 386 846 A1 déposée par Prinssen En Bus Raadgevende Ingenieurs V.O.F.), LARES (Lexicon Acoustic Reverberation Enhancement System, décrit dans : D. Griesinger, *Improving room acoustic through time-variant synthetic reverberation*. Audio Eng. Soc. 90th Convention, Preprint 3014 (B-2), 1991 ; et dans le brevet américain US 5,109,419 de Lexicon Inc.), et VRA (Variable Room Acoustic, décrit dans : M. A. Poletti. *On controlling the apparent absorption and volume in assisted reverberation system*. Acta Acustica, vol. 78, pp 61-73, 1993 ; et dans les brevets américains US 5,729,613 et US 5,862,233 de Industrial Research Limited). Tous ces systèmes se composent d'un certain nombre de microphones associés à des haut-parleurs par l'intermédiaire d'une chaîne électronique multicanale d'amplification et de filtrage. Ce sont des systèmes bouclés puisque les signaux captés par les microphones sont envoyés aux haut-parleurs, dont le rayonnement acoustique est capté par ces mêmes microphones. Les microphones sont répartis dans la salle et/ou à proximité de la scène, et les haut-parleurs répartis dans la salle (et parfois aussi sur la scène). Cependant, dans ces systèmes le son capté par un microphone est envoyé par la chaîne électronique vers un haut-parleur situé loin de ce micropho-

ne. En effet, dans le cas contraire, l'énergie importante de l'onde acoustique directe se propageant du haut-parleur vers le microphone imposerait un gain d'amplification électronique très faible afin que le système bouclé ne devienne pas instable (effet Larsen), compromettant ainsi l'efficacité du système. Seul le système Carmen (CSTB-France) utilise le concept de « réaction de proximité ». Dans ce système, le signal issu d'un microphone est envoyé (*via* une chaîne électronique) vers un haut-parleur situé à proximité du microphone, et l'énergie de l'onde acoustique directe haut-parleur→microphone est limitée par un principe de découplage acoustique : les directivités et positions du microphone et du haut-parleur associé sont choisies de telle sorte que le microphone ne capte que peu d'énergie directe en provenance du haut-parleur. On parle ici de « réaction de proximité » lorsque la distance entre le microphone et le haut-parleur associé est petite en regard des distances de propagation typiques dans les salles, mais tout de même supérieure aux plus petites longueurs d'ondes considérées (quelques centimètres aux très hautes fréquences). Bien que cette définition ne soit pas explicitement mentionnée dans la demande de brevet FR 2 449 318, on peut considérer qu'elle est implicite à la notion de réflexion sonore qui y est mentionnée. Lorsque la distance microphone - haut-parleur est inférieure aux plus petites longueurs d'ondes considérées, on parle de « réaction locale », comme c'est le cas dans les applications de contrôle actif d'impédance telle par exemple celle décrite dans : X. Meynial, *Active Materials for applications in room acoustics*, 3rd ICIM/ECS-SM '96, Lyon '96, 968-973. Dans le cas du réflecteur sonore actif, ladite distance est typiquement de l'ordre de 20cm à 2m.

[0005] La figure 1 illustre le synoptique du réflecteur sonore actif. Le microphone (1) est connecté à l'entrée d'un préamplificateur (2) dont la sortie est reliée à un circuit de contrôle (3). Le signal de sortie du circuit de contrôle (3) est amplifié par un amplificateur de puissance (4) chargé par un haut-parleur (5). Le microphone (1) et le haut-parleur (5) sont assujettis à un écran (6). La distance séparant le microphone (1) du haut-parleur (5) est de l'ordre de 20cm à 2m typiquement. Le réflecteur sonore actif peut comporter plusieurs microphones (1) et plusieurs préamplificateurs (2), et plusieurs haut-parleurs (5) et plusieurs amplificateurs de puissance (4). Dans ce cas, le réflecteur sonore actif est caractérisé par la moyenne des distance entre tous les couples (haut-parleur - microphone) du réflecteur ; cette distance étant comprise entre 20cm et 2m. Le fonctionnement de chaque réflecteur actif est indépendant dans la mesure où il ne reçoit pas de signaux électriques en provenance d'autres réflecteurs actifs.

[0006] Le dispositif suivant l'invention correspond à la description ci-dessus et est caractérisé par les fonctions assurées par le circuit de contrôle (3). Il peut s'agir de découplage électronique entre les haut-parleurs (5) et les microphones (1), de filtrage directionnel, et de réver-

bérateur. Ces fonctions vont être explicitées dans la suite.

[0007] Les microphones (1) peuvent être plus généralement des capteurs sonores, mais nous garderons l'appellation de microphone dans la suite. L'appellation « fonction de transfert » indique dans la suite une fonction de la fréquence, bien que la variable ne soit pas mentionnée pour ne pas alourdir les explications.

[0008] Le réflecteur sonore actif ne peut fonctionner que si on limite le couplage acoustique entre les haut-parleurs (5) et les microphones (1), faute de quoi le système deviendrait instable (effet Larsen) même pour de faibles valeurs de gain de la chaîne d'amplification (2,3,4). Dans la suite, on expose le problème du couplage acoustique pour un seul haut-parleur et un seul microphone, le problème étant essentiellement identique lorsque plusieurs microphones et/ou plusieurs haut-parleurs sont utilisés.

[0009] La limitation du couplage acoustique peut se faire de deux manières : découplage acoustique, et découplage électronique. On utilise l'une ou l'autre, ou encore une combinaison des deux dans le réflecteur sonore actif. Le découplage final doit être tel que l'énergie du son direct haut-parleur(5) → microphone (1) soit inférieure à l'énergie réverbérée par la salle en provenance du haut-parleur (5), et captée par le microphone (1). C'est à cette condition qu'un ensemble de quelques réflecteurs sonores actifs pourra réfléchir sur l'auditoire des ondes sonores dont l'amplitude soit comparable à celle de l'onde directe parvenant aux auditeurs en provenance de la scène.

[0010] Le découplage acoustique consiste à jouer sur les caractéristiques de directivité du haut-parleur (5) et/ou du microphone (1) et sur la symétrie du dispositif, de sorte que le son direct capté par le microphone en provenance du haut-parleur soit d'amplitude faible. Un certain nombre de combinaisons sont possibles, telles par exemple celles illustrées par la figure 2 qui utilisent soit un microphone bidirectionnel (figure 2a), soit un microphone omnidirectionnel (figure 2b), soit un microphone cardioïde (figure 2c). Le réflecteur est vu de face sur la figure 2a, et en coupe sur les figures 2b et 2c. Sur les figures 2a et 2c, la flèche en pointillés représente la direction du maximum de sensibilité du microphone. L'idée du découplage acoustique est présentée dans la demande de brevet FR 2 449 318, qui décrit la mise en oeuvre correspondant à la figure 2c. Il est important de noter que certaines de ces solutions font appel à des microphones directionnels, ce qui permet, si on fait pointer l'axe de sensibilité maximale de ceux-ci vers la scène, de privilégier la captation du son direct en provenance de la scène par rapport à la captation du son réverbéré par la salle, et ce d'autant plus que le réflecteur est proche de la scène. L'efficacité du réflecteur en termes de renfort de l'énergie précoce en est augmentée. L'utilisation judicieuse de plusieurs microphones (formant une antenne microphonique) peut permettre une captation encore plus sélective de la source sur scène. De

même, l'utilisation de plusieurs haut-parleurs peut permettre de privilégier la propagation directe entre les haut-parleurs et les auditeurs par rapport à la propagation réverbérée par la salle.

[0011] Dans le dispositif suivant l'invention, le découplage électronique vient éventuellement compléter le découplage acoustique pour atténuer l'influence des réflexions sonores en provenance d'obstacles situés à proximité du réflecteur actif, des ondes diffractées sur le bord de l'écran (6), ou encore des ondes réfléchies par d'autres réflecteurs sonores actifs voisins. Le découplage électronique consiste à atténuer le signal électrique délivré par le microphone (1) en provenance du haut-parleur (5) à l'aide d'un filtre annulateur d'écho (7) compris dans le circuit de contrôle (3), et tel que celui qui est présenté en figure 3. Dans ce filtre, la fonction de transfert $K = -V_m/V_{hp}$ doit être estimée (en l'absence de contre-réaction : $X=G=0$) alors que le réflecteur est installé dans la salle, et l'estimation X injectée dans le filtre annulateur d'écho (7). La fonction de transfert K peut être soit mesurée préalablement en appliquant un signal de test à l'entrée de l'amplificateur de puissance (4), soit estimée en continu durant le fonctionnement du réflecteur suivant les techniques adaptatives bien connues en sonorisation ou en téléphonie. L'annulateur d'écho (7) annule la partie la plus énergétique de la réponse haut-parleur(5)→microphone(1), c'est à dire le début de la réponse impulsionnelle correspondante (typiquement les premières millisecondes). La fonction de transfert G de la figure 3 détermine les caractéristiques du son réfléchi par le réflecteur actif.

[0012] L'utilisation de plusieurs haut-parleurs (5) excités par des signaux retardés et filtrés de façon adéquate par le circuit de contrôle (3) peut permettre de contrôler le diagramme de directivité (c'est à dire le niveau sonore émis en fonction de la direction considérée) du réseau de haut-parleurs (5), selon les principes d'antennerie bien connus. Ainsi par exemple, un réseau linéaire vertical de haut-parleurs séparés par une distance d (supposée inférieure aux demi-longueurs d'onde considérées) et indicés de 1 à p en partant du haut, rayonne un maximum d'énergie dans la direction θ si on affecte un retard $\tau_n = n \cdot \sin(\theta) \cdot d/c$ au signal envoyé au nième haut-parleur, c étant la célérité des ondes sonores, et $\theta=0$ désignant l'horizontale. Ce principe élémentaire s'étend aisément à un réseau bi-dimensionnel. On peut alors définir la « direction d'émission » du réseau comme la direction angulaire correspondant au maximum d'énergie émise. Ainsi, le dispositif suivant l'invention muni de plusieurs haut-parleurs (5) permet de générer plusieurs réflexions caractérisées chacune par un retard, une atténuation, et une direction d'émission.

[0013] La figure 4 représente un mode de réalisation de l'invention consistant en un dispositif utilisant un microphone (1), un réseau de haut-parleurs (5), et un nombre n de réverbérateurs (9) dont les signaux de sortie sont affectés à autant de directions d'émission, grâce à une « matrice directionnelle » (10). Le découplage élec-

tronique correspondant à la direction d'émission i est assuré par le filtre annulateur d'écho (7) de fonction de transfert X_i . En notant V_m la tension délivrée par le préamplificateur (2) du microphone (1), et V_{Ri} la tension de sortie du réverbérateur i , alors la fonction de transfert $H_i = V_m/V_{Ri}$ représente l'émission du réflecteur dans la direction i et la propagation acoustique dans la salle jusqu'au microphone (1). Notons que cette fonction tient compte du filtre annulateur d'écho X_i : $H_i = K_i + X_i$. Le gain en boucle ouverte du système {réflecteur + salle} s'écrit donc

$$T = \sum_{i=1}^n H_i \cdot R_i$$

où R_i est la fonction de transfert en tension du réverbérateur i . Or, il est bien connu en acoustique des salles que les distributions fréquentielles des modules des fonctions H_i sont régies par la loi de Rayleigh si le son direct haut-parleurs(5)→microphone(1) est de faible énergie par rapport au son réverbéré par la salle (condition qui est assurée par les découplages acoustiques et électroniques). Plus le rayonnement du réseau de haut-parleur (5) pour une direction d'émission donnée (correspondant à un des réverbérateurs) se distingue du rayonnement correspondant aux autres directions d'émission (correspondant aux autres réverbérateurs), moins les fonctions H_i sont corrélées entre elles. Par ailleurs, les distributions des modules des fonctions de transfert R_i sont également régies par la loi de Rayleigh puisqu'elles traduisent aussi un phénomène de réverbération. Alors, par application de la loi des grands nombres, la variance de $|T|$ diminue et sa distribution tend vers une loi de Rayleigh à mesure que le nombre n de réverbérateurs (9) augmente, et ce d'autant plus que les fonctions H_i sont décorréées entre elles. Ceci présente un grand intérêt en pratique, puisque le gain de la chaîne d'amplification (2,3,4) peut être d'autant plus fort que la distribution de $|T|$ approche la loi de Rayleigh. A la limite, le gain sera le même que s'il n'y avait pas de réverbérateur, mais l'utilisation de ceux-ci permettra de prolonger efficacement la réverbération de la salle. Un tel réflecteur sonore actif permet donc à la fois de générer des réflexions précoces de forte amplitude (en tirant parti de la directivité du réseau de haut-parleurs), et d'augmenter la durée de réverbération d'une salle. On peut encore faire varier lentement le filtrage effectué par la matrice directionnelle (10) de sorte à faire évoluer dans le temps la direction d'émission assignée à chaque réverbérateur, ce qui permettra d'améliorer la stabilité du système et de réduire la coloration liée au rebouclage acoustique des haut-parleurs (5) vers les microphones (1). Une mise en oeuvre efficace de ce principe consiste à effectuer une rotation lente des affectations des sorties des réverbérateurs vers les directions d'émission. Le réseau de haut-parleurs (5) peut prendre diverses

formes, comme par exemple le réseau plan ou le réseau linéaire. Une combinaison particulièrement avantageuse est obtenue avec un réseau linéaire vertical de haut-parleurs (5) et un microphone bidirectionnel (1) dont la membrane se situe dans un plan contenant les haut-parleurs (5), assurant ainsi un excellent découplage acoustique selon le principe de la figure 2a. Une version simplifiée du dispositif consiste à supprimer la matrice directionnelle (10), et affecter la sortie de chaque réverbérateur (9) directement à un ou plusieurs haut-parleurs du réseau (5). Outre l'intérêt qui vient d'être discuté, le fait d'utiliser plusieurs haut-parleurs (5) permet de répartir l'énergie sonore émise par le réflecteur sur une plus grande surface, et par là même d'éviter qu'un auditeur ne soit gêné par une trop forte densité d'énergie sonore en provenance d'un seul haut-parleur (5). Si l'on retire les réverbérateurs (9), on conserve ce dernier avantage, mais on perd le bénéfice de ceux-ci pour l'augmentation de la durée de réverbération de la salle. Le réflecteur aura cependant toujours tendance à augmenter la réverbération par simple rebouclage acoustique des haut-parleurs (5) vers le microphone (1) via la salle. Dans la suite, le cas où il n'y a pas de réverbérateur est considéré comme un cas particuliers de réverbérateur de fonction de transfert unitaire $R=1$.

[0014] La figure 5 illustre un autre mode de réalisation du dispositif suivant l'invention. De manière similaire à ce qui précède, l'utilisation d'un réseau de microphones (1) et d'une matrice directionnelle (10) placée entre les préamplificateurs microphoniques (2) et les réverbérateurs (9) permet de capter les ondes incidentes selon plusieurs diagrammes de directivités (on parlera de « voies capteur »), chacune de ces voies capteur étant affectée à un réverbérateur (9) distinct. Le filtre d'annulation d'écho a été omis pour plus de clarté. Les sorties des réverbérateurs (9) sont envoyées à un sommateur (10) dont la sortie excite le haut-parleur (5) via l'amplificateur de puissance (4). La fonction de transfert en boucle ouverte du système est de la même forme que celle donnée au paragraphe précédent, et présente donc les mêmes avantages en termes de renfort de la réverbération. Comme dans le cas précédent, une mise en oeuvre simplifiée du dispositif consiste à supprimer la matrice directionnelle (10) et à affecter la sortie de chaque microphone (1) directement à un ou plusieurs réverbérateurs (9). La directivité de la captation est alors déterminée par la directivité propre de chaque microphone (1).

[0015] Enfin, il est bien sûr possible de combiner comme le montre la figure 6 les systèmes décrits dans les deux derniers paragraphes : on utilise alors un réseau de microphones (1) connectés via leurs préamplificateurs (2) à une matrice directionnelle de captation (10a), et un réseau de haut-parleurs (5) excités via leurs amplificateurs de puissance (4) par les sorties d'une matrice directionnelle d'émission (10b) ; les réverbérateurs (9) étant placés entre les sorties de la matrice directionnelle de captation (10a) et les entrées de la matrice di-

rectionnelle d'émission (10b). Avec ce dernier mode de réalisation du dispositif suivant l'invention, on peut assigner à chaque onde captée suivant une voie donnée un nombre quelconque d'ondes éventuellement retardées et atténuées les unes par rapport aux autres à chaque voie de rayonnement.

[0016] La figure 7 illustre de manière simple ce type de possibilité, avec un réflecteur basé sur 2 microphones cardioïdes (1) pointant dans les directions $+θ$ et $-θ$, et un réseau de haut-parleurs (5) séparés par une distance d , réfléchissant les ondes de façon « pseudo-spéculaire » grâce à une matrice directionnelle d'émission (10b) constituée de sommateurs (8) et de retards (11) $τ=d/c \cdot \sin(θ)$: à la direction incidente $+θ$ correspond la direction réfléchie $-θ$ (et vis versa), mais seules deux directions sont considérées. Dans cet exemple, il n'y a pas de matrice directionnelle de captation car les directivités de deux voies de captation résultent simplement de la directivité des microphones (1). On peut éventuellement introduire des réverbérateurs entre les sorties des préamplificateurs microphoniques (2) et les entrées de la matrice directionnelle d'émission (10b).

[0017] Sur les figures 5 à 7, le filtre annulateur d'écho a été omis pour plus de clarté. Il est clair que la structure et la réponse de celui-ci ont tendance à devenir plus complexes à mesure que le nombre de microphones ou de haut-parleurs est augmenté et que le nombre de réflexions émises pour chaque onde incidente augmente. Il convient cependant de préciser que, hormis toute considération liée à la directivité d'un microphone ou des haut-parleurs, la multiplication du nombre de haut-parleurs (qui ne s'accompagne pas d'une multiplication de la puissance totale émise car le gain en boucle ouverte moyen $\langle T \rangle$ doit rester constant) tend à diminuer l'énergie du son direct capté par le microphone en provenance de tous les haut-parleurs si les haut-parleurs ajoutés sont situés plus loin du microphone que ceux existants.

[0018] Outre la fonction de découplage électronique et les opérations liées à l'utilisation de plusieurs microphones et/ou haut-parleurs, le circuit de contrôle (3) assure diverses fonctions de filtrage, comme le contrôle de gain, l'égalisation (correction fréquentielle), la compression de la dynamique du signal pour limiter l'amplitude maximale des signaux envoyés au haut-parleur (5) via l'amplificateur de puissance (4), ou encore un filtrage variant dans le temps (modulation lente de la phase ou du retard du signal, ou modulation plus complexe) qui permet éventuellement d'augmenter encore le seuil de gain du circuit de contrôle correspondant à l'instabilité (effet Larsen). L'essentiel des opérations de filtrage du circuit de contrôle (3) est effectué par un ou plusieurs processeurs numériques de signal (DSP). Ces fonctions de filtrage, qui n'ont pas été explicitement mentionnées dans les paragraphes précédents et les figures afférentes dans un souci de clarté, peuvent être considérées comme faisant partie des réverbérateurs (9).

L'utilisateur règle le comportement du réflecteur sonore

actif en modifiant (à l'aide d'une télécommande) les paramètres de filtrage du circuit de contrôle (3).

[0019] L'ensemble de l'électronique {préamplificateur (2), circuit de contrôle (3), amplificateur de puissance (4)} peut être intégré physiquement dans le réflecteur, par exemple au dos de l'écran (6), ou déporté. Les préamplificateurs (2) peuvent éventuellement assurer la fonction d'alimentation pour les microphones (1), notamment si ceux-ci sont de type électrostatique. Ils peuvent éventuellement faire partie de la même unité mécanique que le circuit de contrôle (3), tout comme les amplificateurs de puissance (4). Selon le type de directivité souhaité pour les haut-parleurs (5), ceux-ci pourront être montés dans une enceinte close ou bass-réflex, ou simplement placés dans un écran, ou tout autre type de charge acoustique. Les microphones (1) sont soit placés sur l'écran, soit déportés (comme c'est le cas sur la figure 2c) à l'aide d'une perchette par exemple. L'écran (6) peut être de dimensions et de formes variées (rectangulaire, elliptique, ou autre), pourvu que le découplage soit suffisant. Si les haut-parleurs sont montés dans une enceinte, l'écran peut se réduire à la face avant de l'enceinte. Il n'est pas nécessairement plan.

[0020] Bien que le fonctionnement de chaque réflecteur actif soit autonome, plusieurs réflecteurs sonores actifs seront souvent associés, comme c'est le cas dans les quatre premiers exemples d'utilisation mentionnés plus haut. Dans ce cas, la commande des paramètres de contrôle est commune à l'ensemble des réflecteurs sonores associés, et transmise par un réseau partagé par ces réflecteurs sonores .

[0021] La forme des réflecteurs sonores pourra être conçue en vue de l'assemblage de plusieurs d'entre eux, par exemple pour former un large réflecteur actif au dessus du cadre de scène.

Revendications

1. Dispositif actif réfléchissant les ondes sonores et destiné à l'amélioration des conditions d'écoute dans les salles de spectacle et de congrès, théâtres et amphithéâtres, studios d'enregistrement etc, comprenant un ou plusieurs capteurs sonores (1) et leurs préamplificateurs (2), et un ou plusieurs haut-parleurs (5) et leurs amplificateurs de puissance (4), **caractérisé en ce que** la moyenne des distances entre capteur et haut-parleur pour tous les couples (capteur - haut-parleur) est comprise entre vingt centimètres et deux mètres, et **en ce que** les entrées des amplificateurs (4) sont reliées aux sorties des préamplificateurs (2) par l'intermédiaire d'un circuit électronique de contrôle (3) assurant notamment au moins une des fonctions suivantes :

- annulation d'écho réduisant le couplage acoustique entre les haut-parleurs (5) et les capteurs sonores (1),

- contrôle de la directivité de l'ensemble des capteurs sonores (1),
- contrôle de la directivité de l'ensemble des haut-parleurs (5),
- filtre réverbérateur.

2. Dispositif selon la revendication 1, comprenant un réseau de plusieurs haut-parleurs (5) et un circuit de contrôle (3) pourvu d'une entrée et de plusieurs sorties connectées aux haut-parleurs (5) par l'intermédiaire de plusieurs amplificateurs de puissance (4), **caractérisé en ce que** ledit circuit de contrôle (3) permet à partir d'une onde captée par le ou les capteurs (1) d'émettre un nombre quelconque d'ondes selon plusieurs diagrammes de directivité du réseau de haut-parleurs (5), et éventuellement retardées et atténuées les unes par rapport aux autres.

3. Dispositif selon la revendication 1, comprenant un réseau de plusieurs capteurs sonores (1) et un circuit de contrôle (3) pourvu d'une sortie et de plusieurs entrées connectées aux capteurs (1) par l'intermédiaire de plusieurs préamplificateurs (2), **caractérisé en ce que** ledit circuit de contrôle (3) permet une captation des ondes selon plusieurs diagrammes de directivités du réseau de capteurs correspondant chacun à une « voie capteur », et émettant un nombre quelconque d'ondes éventuellement retardées et atténuées les unes par rapport aux autres pour chaque onde captée par chaque voie capteur.

4. Dispositif selon la revendication 1, comprenant :

- un réseau de plusieurs capteurs sonores (1),
- un réseau de plusieurs haut-parleurs (5),
- et un circuit de contrôle (3) pourvu de plusieurs entrées connectées aux capteurs (1) par l'intermédiaire de plusieurs préamplificateurs (2), et plusieurs sorties connectées aux haut-parleurs (5) par l'intermédiaire de plusieurs amplificateurs de puissance (4),

caractérisé en ce que ledit circuit de contrôle (3) permet une captation des ondes selon plusieurs diagrammes de directivités du réseau de capteurs (1) correspondant chacun à une « voie capteur », une émission des ondes selon plusieurs diagrammes de directivité du réseau de haut-parleurs (5) correspondant chacun à une « voie de rayonnement », et comprend une matrice de réverbérateurs dont les entrées proviennent des voies capteurs et les sorties sont affectées aux voies de rayonnement.

5. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** utilise plusieurs haut-parleurs (5) alignés

verticalement et montés dans une enceinte de type colonne, un capteur sonore (1) consistant en un microphone bidirectionnel assujéti à l'enceinte colonne et placé de sorte que sa membrane décrive un plan contenant les haut-parleurs (5).

6. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le circuit de contrôle (3) contient plusieurs filtres réverbérateurs excités par le même signal issu du préamplificateur (2), est pourvu d'autant de sorties qu'il y a de filtres réverbérants, chacune de ces sorties étant connectée à un amplificateur de puissance (4) chargé par un ou plusieurs haut-parleurs (5), l'affectation entre les sorties des réverbérateurs et les sorties du circuit de contrôle (3) pouvant éventuellement varier lentement au cours du temps. 10
7. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le circuit de contrôle (3) contient plusieurs filtres réverbérateurs excités par le même signal issu du préamplificateur (2), et est pourvu d'autant de sorties qu'il y a de filtres réverbérants, chacune de ces sorties étant connectée à un amplificateur de puissance (4) chargé par un ou plusieurs haut-parleurs (5), l'affectation entre les sorties des réverbérateurs et les sorties du circuit de contrôle (3) pouvant éventuellement varier lentement au cours du temps. 15 20 25 30
8. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le circuit de contrôle (3) contient plusieurs retards excités par le même signal issu du préamplificateur (2), est pourvu d'autant de sorties qu'il y a de retards, chacune de ces sorties étant connectée à un amplificateur de puissance (4) chargé par un ou plusieurs haut-parleurs (5), l'affectation entre les sorties des retards et les sorties du circuit de contrôle (3) pouvant éventuellement varier lentement au cours du temps. 35 40
9. Dispositif suivant la revendication 4 **caractérisé en ce que** les caractéristiques des voies capteur et des voies de rayonnement, ainsi que les propriétés de la matrice de réverbérateurs peuvent éventuellement varier lentement dans le temps. 45
10. Dispositif suivant la revendication 9, **caractérisé en ce que** les voies capteurs ne sont constituées chacune que par le signal issu d'un capteur sonore ou d'un groupe de capteurs sonores (1) spécifique. 50
11. Dispositif suivant la revendication 9, **caractérisé en ce que** les voies de rayonnement ne sont constituées chacune que par un haut-parleur ou un groupe de haut-parleurs (1) spécifique. 55
12. Dispositif suivant la revendication 10, **caractérisé**

en ce que les voies de rayonnement ne sont constituées chacune que par un haut-parleur ou un groupe de haut-parleurs (1) spécifique.

- 5 13. Dispositif suivant la revendication 10 **caractérisé en ce qu'il** utilise un réseau plan de haut-parleurs (5) et deux capteurs sonores (1) consistant en deux microphones cardioïdes pointant dans deux directions symétriques par rapport à la normale au plan des haut-parleurs (5). 10

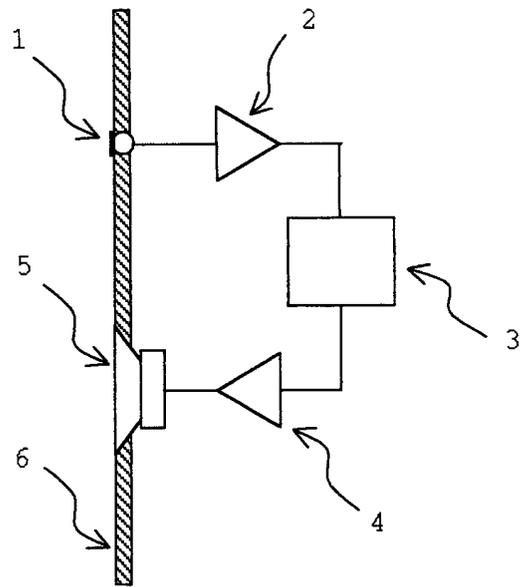


Figure 1

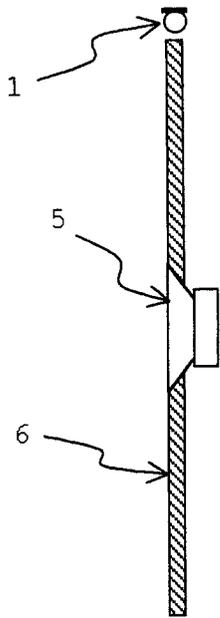


Figure 2b

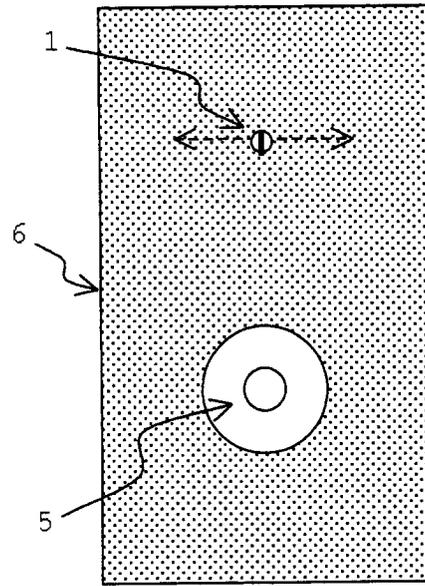


Figure 2a

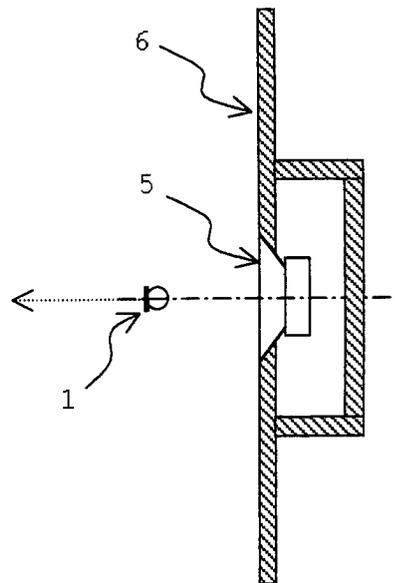


Figure 2c

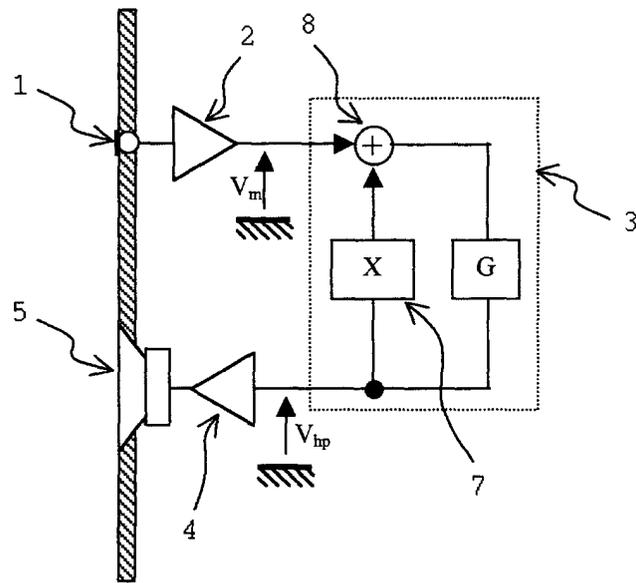


Figure 3

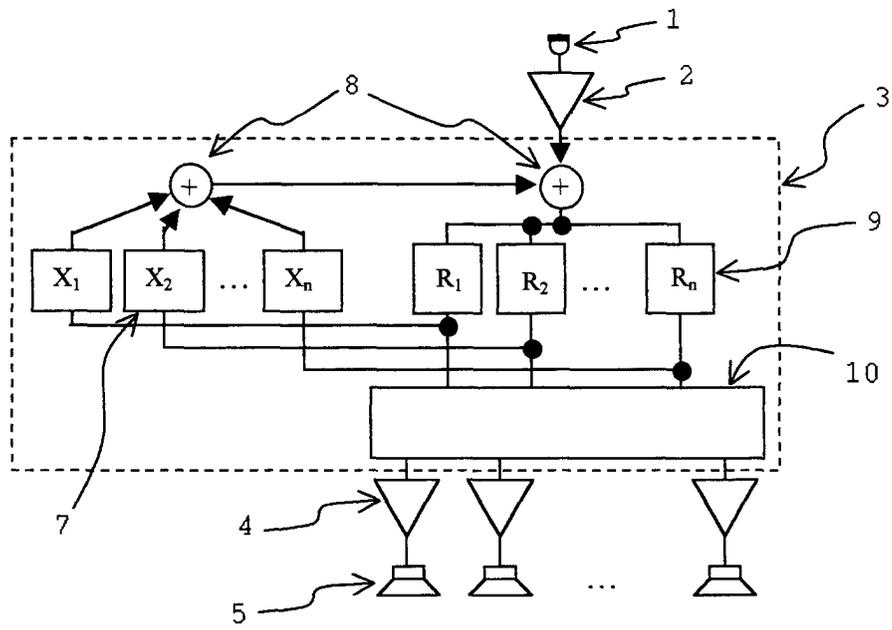


Figure 4

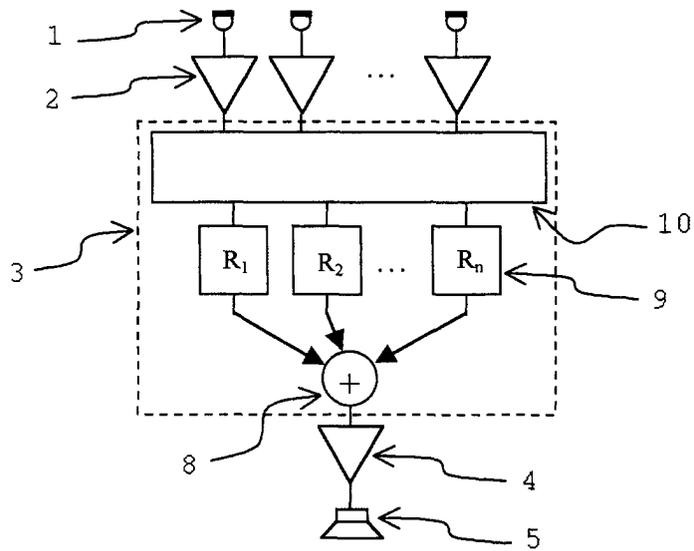


Figure 5

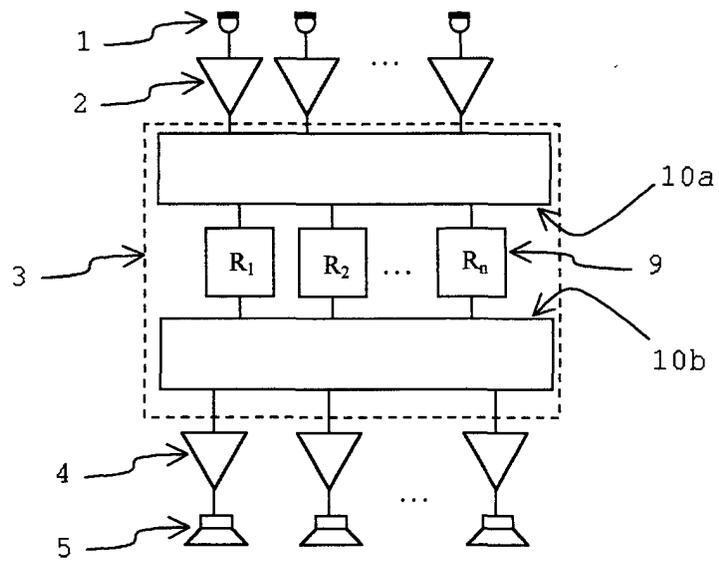


Figure 6

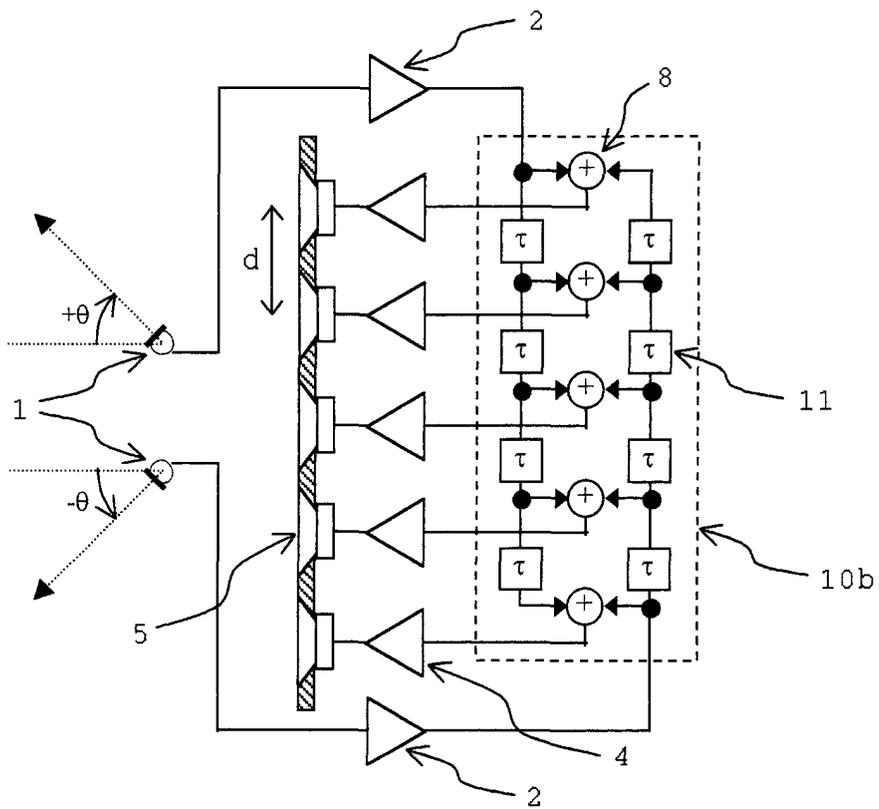


Figure 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 38 0005

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 390 (E-567), 19 décembre 1987 (1987-12-19) -& JP 62 154899 A (SHIMIZU CONSTR CO LTD), 9 juillet 1987 (1987-07-09) * abrégé *	1	G10K15/10
A	JP 56 012698 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 7 février 1981 (1981-02-07) * figures 1,2 *	1	
A,D	GB 2 040 645 A (PHILIPS NV) 28 août 1980 (1980-08-28) * page 1, colonne 2, ligne 116 - ligne 122; figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			G10K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28 février 2002	Examineur Anderson, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03 92 (P/4602)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 38 0005

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-02-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 62154899	A	09-07-1987	AUCUN	
JP 56012698	A	07-02-1981	JP 1336586 C	11-09-1986
			JP 61000638 B	09-01-1986
GB 2040645	A	28-08-1980	NL 7901120 A	15-08-1980
			AT 363133 B	10-07-1981
			AT 71680 A	15-12-1980
			AU 537739 B2	12-07-1984
			AU 5536680 A	21-08-1980
			CA 1135631 A1	16-11-1982
			CH 658140 A5	15-10-1986
			DE 3003668 A1	04-09-1980
			DK 55380 A ,B,	14-08-1980
			ES 488447 D0	16-03-1981
			ES 8103863 A1	16-06-1981
			FR 2449318 A1	12-09-1980
			IT 1148754 B	03-12-1986
			JP 1019156 B	10-04-1989
			JP 1535753 C	21-12-1989
			JP 55110300 A	25-08-1980
			US 4361727 A	30-11-1982

EPO FORM PC460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82