



(11) **EP 3 108 670 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**20.11.2019 Bulletin 2019/47**

(51) Int Cl.:  
**H04S 1/00 (2006.01) H04S 7/00 (2006.01)**  
**H04R 27/00 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **15709297.4**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2015/050426**

(22) Date de dépôt: **20.02.2015**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2015/124880 (27.08.2015 Gazette 2015/34)**

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE RESTITUTION D'UN SIGNAL AUDIO MULTICANAL DANS UNE ZONE D'ÉCOUTE**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR WIEDERGABE EINES MEHRKANALAUDIOSIGNALS IN EINER HÖRZONE

METHOD AND DEVICE FOR RENDERING OF A MULTI-CHANNEL AUDIO SIGNAL IN A LISTENING ZONE

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(74) Mandataire: **Eisenführ Speiser  
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbB  
Am Kaffee-Quartier 3  
28217 Bremen (DE)**

(30) Priorité: **21.02.2014 FR 1451422**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 2 733 965 WO-A1-2006/058602  
WO-A1-2012/025580 WO-A1-2014/036121**

(43) Date de publication de la demande:  
**28.12.2016 Bulletin 2016/52**

(73) Titulaire: **Sennheiser electronic GmbH & Co. KG  
30900 Wedemark (DE)**

- **FALLER ET AL: "Multiple-Loudspeaker Playback of Stereo Signals", JAES, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NEW YORK 10165-2520, USA, vol. 54, no. 11, 1 novembre 2006 (2006-11-01), pages 1051-1064, XP040507974,**

(72) Inventeur: **CORTEEL, Etienne  
F-92240 Malakoff (FR)**

**EP 3 108 670 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

### Arrière-plan de l'invention

**[0001]** L'invention se rapporte au domaine général de l'acoustique.

**[0002]** Elle concerne plus particulièrement la restitution d'un signal audio multicanal sur une pluralité de haut-parleurs physiques répartis dans une zone (spatiale) d'écoute. Des procédés de restitution d'un signal audio multicanal connus et des dispositifs correspondents sont par exemple montrés dans WO2006/058602 et WO2014/036121.

**[0003]** L'invention a une application privilégiée mais non limitative lorsqu'il s'agit de restituer notamment un signal musical (i.e. musique) préenregistré à destination d'une audience distribuée dans une zone d'écoute (potentiellement de grandes dimensions) et la sensation spatiale associée, par exemple à des fins de divertissement (création d'ambiance sonore, danse, etc.). Dans ce contexte, il n'existe pas à proprement parler d'éléments visuels imposant une orientation de référence pour la spatialisation du signal musical, contrairement à des contextes de sonorisation musicale en direct (où par exemple, l'orientation de référence est donnée par les musiciens positionnés sur une scène) ou de diffusion sonore associée à une œuvre cinématographique (écran de projection).

**[0004]** Dans l'état actuel de la technique, les signaux musicaux sont principalement constitués de signaux stéréophoniques sur deux canaux, disponibles sur des supports physiques (ex. Compact Disc, disque vinyle, etc.) ou des fichiers multimédia destinés à être lus par un dispositif informatique (ex. fichiers au format wav, MP3 (MPEG Audio Layer 3), AAC (Advanced Audio Coding), etc.). Ces deux canaux peuvent être mixés à d'autres contenus de même nature (ex. autre signal musical, effets sonores) à l'aide d'une table ou d'un logiciel de mixage présentant une unique sortie stéréophonique à deux canaux. Cette sortie alimente le système de diffusion du lieu que l'on souhaite sonoriser, généralement composé d'une pluralité de haut-parleurs.

**[0005]** Plus précisément, le signal stéréophonique à deux canaux est diffusé par des haut-parleurs en nombre pair (i.e. multiple du nombre de canaux), distribués autour de la zone d'écoute. Ces haut-parleurs reçoivent de façon exclusive soit le premier canal soit le second canal du signal stéréophonique. La règle de distribution est établie de manière à ce que les deux haut-parleurs HP1 et HP2 les plus proches d'un haut-parleur HP3 donné reçoivent un canal distinct de celui distribué par le haut-parleur HP3. Ainsi, si le haut-parleur HP3 reçoit le premier canal du signal stéréophonique, les haut-parleurs HP1 et HP2 reçoivent le second canal du signal stéréophonique.

**[0006]** La multiplication du nombre de paires de haut-parleurs autour de la zone d'écoute permet une diffusion du contenu musical plus homogène dans la zone d'écou-

te en terme de niveau sonore (i.e. intensité) qu'une diffusion à l'aide uniquement de deux haut-parleurs. L'atténuation du niveau sonore est en effet dépendante de la distance de l'auditeur aux haut-parleurs. Le nombre minimum de haut-parleurs préconisé est par conséquent 4, répartis aux quatre coins de la zone d'écoute. Certaines installations plus importantes peuvent être amenées à utiliser 8 voire 12 haut-parleurs.

**[0007]** Le principal défaut des solutions de l'état de la technique est l'absence quasi-totale de perception spatiale par les auditeurs placés dans la zone d'écoute du fait de la multiplication du nombre de points de diffusion (haut-parleurs) du signal stéréophonique autour de celle-ci.

**[0008]** De façon connue en effet, plus le nombre de points de diffusion associés à un même signal est important, plus la sensation de spatialisation est limitée voire inexistante à une position d'écoute donnée. La sensation de spatialisation pour un signal stéréophonique impose un positionnement de l'auditeur à distance égale des haut-parleurs diffusant le signal stéréophonique, ce qui est impossible à assurer pour l'ensemble des auditeurs dans le contexte précédemment décrit. L'état de la technique oblige donc à envisager un compromis entre couverture homogène de la zone d'écoute en terme de niveau sonore et sensation de spatialisation des auditeurs qui est difficile voire impossible à réaliser.

**[0009]** En outre, les solutions de l'état de la technique sont fortement contraintes par le format du signal à restituer. S'agissant d'un format stéréophonique à deux canaux, un nombre pair de haut-parleurs régulièrement répartis autour de la zone d'écoute doit être utilisé. Ceci pose des contraintes en terme d'installation qui ne sont pas toujours adaptées au lieu de diffusion visé (ex. forme non régulière de la zone d'écoute, présence d'ouvertures de tailles importantes empêchant le placement de haut-parleurs dans certaines zones, etc.).

**[0010]** Il existe donc un besoin d'une solution de restitution d'un signal audio permettant une reproduction immersive et homogène du signal dans une zone d'écoute (cette zone pouvant être potentiellement étendue), tout en offrant à l'ensemble des auditeurs placés dans cette zone d'écoute une sensation de spatialisation des éléments constitutifs du signal.

### Objet et résumé de l'invention

**[0011]** L'invention répond notamment à ce besoin en proposant un procédé de restitution d'un signal audio multicanal dans une zone d'écoute selon la revendication 1, ce procédé comprenant :

- une étape d'analyse du signal audio multicanal comprenant une extraction d'une composante multicanal dite omnidirectionnelle du signal audio multicanal, cette composante multicanal omnidirectionnelle vérifiant un critère de similarité prédéterminé entre au moins deux de ses canaux ; et

- une étape de restitution dans la zone d'écoute, en utilisant tout ou partie des N haut-parleurs, de la composante multicanal omnidirectionnelle et d'une composante multicanal résiduelle du signal audio multicanal obtenue après extraction de la composante multicanal omnidirectionnelle, la composante multicanal omnidirectionnelle étant restituée de façon homogène en intensité sur la zone d'écoute, et la composante multicanal résiduelle étant restituée en utilisant une technique de spatialisation sonore créant un nombre K de sources sonores virtuelles.

**[0012]** Corrélativement, l'invention vise un dispositif de restitution d'un signal audio multicanal dans une zone d'écoute selon la revendication 14, ce dispositif comprenant :

- un module d'analyse du signal audio multicanal apte à extraire une composante multicanal dite omnidirectionnelle du signal audio multicanal, cette composante multicanal omnidirectionnelle vérifiant un critère de similarité prédéterminé entre au moins deux de ses canaux ; et
- un module de restitution dans la zone d'écoute de la composante multicanal omnidirectionnelle et d'une composante multicanal résiduelle du signal audio multicanal obtenue après extraction de la composante multicanal omnidirectionnelle, ce module de restitution étant apte à utiliser tout ou partie des N haut-parleurs pour restituer :
  - la composante multicanal omnidirectionnelle de façon homogène en intensité sur la zone d'écoute ; et
  - la composante multicanal résiduelle en utilisant une technique de spatialisation sonore créant un nombre K de sources sonores virtuelles.

**[0013]** Le critère de similarité vérifié par la composante multicanal omnidirectionnelle comprend par exemple le franchissement d'un seuil prédéfini par au moins un estimateur d'un degré de similarité entre lesdits au moins deux canaux. Ce ou ces estimateurs peuvent comprendre notamment :

- une corrélation entre au moins deux desdits canaux ; et/ou
- une différence de niveau entre au moins deux desdits canaux ; et/ou
- une projection du signal audio multicanal sur une base d'harmoniques sphériques et/ou cylindriques.

**[0014]** Bien entendu, d'autres estimateurs ou critères de similarité permettant d'extraire la composante multicanal omnidirectionnelle peuvent être envisagés en variante. Notamment, le critère de similarité considéré peut ne pas inclure de comparaison à un seuil prédéfini.

**[0015]** Par étape (respectivement module) de restitution dans la zone d'écoute en utilisant tout ou partie des haut-parleurs, on entend ici l'étape (respectivement les moyens) qui consiste(nt) à générer et à fournir des signaux destinés à alimenter tout ou partie des haut-parleurs compris dans la zone d'écoute. Ces signaux sont ensuite diffusés (i.e. émis) par les haut-parleurs de sorte à reproduire le signal audio multicanal reçu en entrée conformément à l'invention.

**[0016]** L'invention a une application privilégiée mais non limitative lorsque le signal audio multicanal est un signal audio stéréophonique.

**[0017]** L'invention tire avantageusement parti du fait que les composantes d'un signal audio multicanal qui présentent un grand degré de similarité sur différents canaux du signal sont généralement porteurs d'objets ou d'éléments sonores qui sont destinés à être perçus de manière homogène en intensité par l'ensemble des auditeurs placés dans la zone d'écoute. Il convient d'ailleurs de noter que lors de la création d'un contenu sonore tel un contenu musical, l'auteur anticipe en quelque sorte ce type de reproduction et tend à répartir généralement de façon similaire dans les deux canaux du signal audio stéréophonique les éléments du contenu sonore qu'il souhaite reproduire de façon homogène dans la zone d'écoute. Ces éléments sont par exemple pour un contenu musical de type musique pop, le chant, les contributions de la grosse caisse, de la caisse claire, et/ou de la guitare basse, etc. Les autres éléments (ex. chœurs, guitare, synthétiseurs ou autres effets sonores), sont généralement distribués sur l'un ou l'autre des canaux de façon préférentielle.

**[0018]** Grâce à l'analyse en temps réel du signal audio multicanal mise en œuvre par l'invention permettant l'extraction (automatique) de la composante multicanal omnidirectionnelle, et la restitution selon deux techniques distinctes de la composante multicanal omnidirectionnelle et du reste du signal multicanal, l'invention permet de contrôler le compromis cité précédemment entre couverture en niveau sonore de la zone d'écoute et sensation de spatialisation ressentie par les auditeurs.

**[0019]** En effet, plus précisément, la sensation de spatialisation est restituée en recourant à une technique de spatialisation sonore appliquée à la composante résiduelle du signal multicanal après extraction de la composante omnidirectionnelle. Cette technique de spatialisation met en œuvre par exemple un traitement de synthèse du champ acoustique en 2 ou 3 dimensions (aussi connu sous le nom de technique WFS pour « Wave Field Synthesis » en anglais), un traitement d'application d'un effet panoramique d'intensité (connu sous le nom de « Vector Based Amplitude Panning » en anglais). Elle est utilisée pour créer des sources sonores virtuelles autour des auditeurs placés dans la zone d'écoute à des emplacements privilégiés, et garantir ainsi une restitution efficace des effets de spatialisation indépendamment du nombre de haut-parleurs physiques positionnés autour de la zone d'écoute.

**[0020]** De cette façon, l'invention s'adapte avantageusement à différentes configurations de haut-parleurs, que ce soit en termes de nombre et/ou de placement des haut-parleurs autour de la zone d'écoute. Contrairement à l'état de la technique, elle n'impose pas de contraintes sur le nombre de haut-parleurs physiques à considérer pour la restitution du signal audio multicanal par rapport au nombre de canaux du signal (N peut être quelconque), ni sur leur placement par rapport aux auditeurs et/ou les uns par rapport aux autres.

**[0021]** Préférentiellement, K est un entier multiple du nombre de canaux du signal audio multicanal, autrement dit, si L désigne le nombre de canaux du signal audio multicanal,  $K = \alpha L$  où  $\alpha$  est un entier supérieur ou égal à 1.

**[0022]** La création d'un nombre de sources virtuelles multiple du nombre de canaux du signal audio multicanal offre avantageusement la possibilité de restituer séparément les canaux de la composante multicanal résiduelle.

**[0023]** L'invention permet ainsi une restitution énergétique fidèle du signal multicanal.

**[0024]** Elle permet également par ce biais de compenser des imperfections pouvant éventuellement affecter les techniques d'analyse mises en œuvre pour extraire la composante multicanal omnidirectionnelle.

**[0025]** Préférentiellement, un faible nombre K de sources virtuelles est créé via la technique de spatialisation sonore pour restituer la composante résiduelle. K peut ainsi être choisi inférieur ou égal au nombre de haut-parleurs physiques N.

**[0026]** De façon privilégiée, il est choisi égal au nombre de canaux du signal multicanal ou à deux fois ce nombre (autrement dit  $K=2$  ou 4 pour un signal stéréophonique) en vue d'une restitution optimale des effets de spatialisation. Plus le nombre K est choisi faible, plus l'auditeur va percevoir une unicité des éléments spatialisés et ressentir une meilleure expérience en termes de spatialisation sonore. Ainsi, dans l'exemple précité d'un signal stéréophonique et de  $K=2$ , chaque auditeur entend une unique paire de haut-parleurs virtuels (i.e. sources virtuelles) restituant les éléments spatialisés et perçoit un effet de spatialisation cohérent sur ces éléments avec l'intention de l'auteur du contenu sonore.

**[0027]** Au contraire, la composante omnidirectionnelle peut être restituée de façon homogène dans la zone d'écoute grâce à un nombre important de haut-parleurs sans perturber la restitution correcte des éléments spatialisés. Il en résulte une sensation d'immersion pour l'auditeur par cette composante omnidirectionnelle.

**[0028]** L'invention permet donc, grâce à la séparation de la composante omnidirectionnelle du reste du signal multicanal et à la virtualisation mises en œuvre, d'offrir à la fois une couverture homogène et immersive de la zone d'écoute en termes de niveau sonore et une sensation de spatialisation aux auditeurs placés dans cette zone. Elle permet par ce biais de s'affranchir en quelque sorte du compromis impossible à réaliser en termes de nombre et de placement des haut-parleurs auxquelles

sont soumises les solutions de l'état de la technique qui ne s'appuient que sur des haut-parleurs physiques.

**[0029]** Dans un mode particulier de réalisation, l'étape de restitution de la composante multicanal omnidirectionnelle comprend une création d'une pluralité de sources virtuelles restituées dans la zone d'écoute, par exemple au moins trois ou quatre sources virtuelles.

**[0030]** La virtualisation des éléments de restitution du signal multicanal permet de s'affranchir des contraintes physiques des haut-parleurs (ex. caractéristiques différentes d'un haut-parleur à l'autre) et des problèmes liés à leur installation (ex. mauvaise répartition dans la zone d'écoute, etc.). Elle permet ainsi de créer un ensemble de restitution homogène idéal pour restituer la composante omnidirectionnelle. La création d'un nombre important de sources virtuelles permet de s'assurer de l'homogénéité de la restitution de la composante omnidirectionnelle.

**[0031]** Dans un mode particulier de réalisation, le procédé de restitution comprend en outre :

- une étape de réception d'une instruction de modification d'au moins un paramètre de restitution de la composante multicanal omnidirectionnelle et/ou de la composante multicanal résiduelle ;
- une étape de modification dudit au moins un paramètre conformément à cette instruction.

**[0032]** Cette instruction de modification comprend par exemple :

- une instruction de modification d'une position spatiale d'au moins une source virtuelle créée par la technique de spatialisation sonore lors de la restitution de la composante multicanal résiduelle ; et/ou
- une instruction de modification d'une intensité de la composante multicanal omnidirectionnelle et/ou de la composante multicanal résiduelle ; et/ou
- une instruction de modification ou d'ajout d'un filtrage de la composante multicanal omnidirectionnelle et/ou de la composante multicanal résiduelle avant restitution.

**[0033]** Ce mode de réalisation offre la possibilité à un intervenant extérieur d'interagir avec le signal multicanal en termes de contenu et de restitution spatiale.

**[0034]** Dans un mode particulier de réalisation, les différentes étapes du procédé de restitution sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateurs.

**[0035]** En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations, ce programme étant susceptible d'être mis en œuvre dans un dispositif de restitution ou plus généralement dans un ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre des étapes d'un procédé de restitution tel que décrit ci-dessus.

**[0036]** Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code

source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

**[0037]** L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

**[0038]** Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

**[0039]** D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

**[0040]** Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

**[0041]** L'invention vise également un système de restitution comprenant :

- un nombre N de haut-parleurs, N désignant un entier supérieur à 1 ; et
- un dispositif de restitution selon l'invention d'un signal audio multicanal sur les N haut-parleurs.

**[0042]** On peut également envisager, dans d'autres modes de réalisation, que le procédé de restitution, le dispositif de restitution et le système selon l'invention présentent en combinaison tout ou partie des caractéristiques précitées.

#### Breve description des dessins

**[0043]** D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 représente un système et un dispositif de restitution conformes à l'invention, dans un mode particulier de réalisation ;
- la figure 2 représente l'architecture matérielle du dispositif de restitution de la figure 1 ;
- la figure 3 représente, sous forme d'ordinogramme, les principales étapes d'un procédé de restitution selon l'invention mis en œuvre par le dispositif de restitution de la revendication 1.

#### Description détaillée de l'invention

**[0044]** La **figure 1** représente, dans son environnement, un système de restitution 1 d'un signal multicanal SIG dans une zone spatiale d'écoute 2 conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation.

**[0045]** Le signal SIG est, dans l'exemple envisagé ici, un signal musical stéréophonique composé de L=2 canaux, gauche et droite. Toutefois, l'invention ne se limite pas aux signaux stéréophoniques ni aux signaux musicaux et peut être appliquée, comme mentionné plus en détail ultérieurement, à des signaux multicanaux quelconques (avec L supérieur à 1), comme par exemple un signal 5.1.

**[0046]** La zone d'écoute 2 est, dans l'exemple envisagé ici, une salle de forme et de dimensions quelconques, autour de laquelle sont placés N haut-parleurs HP appartenant au système de restitution 1, N désignant un entier quelconque supérieur à 1 (pair ou impair), et plus précisément supérieur ou égal au nombre L de canaux composant le signal audio multicanal SIG. Dans l'exemple envisagé à la figure 1, N=9. Cette zone d'écoute 2 est destinée à recevoir une pluralité d'auditeurs à des positions spatiales diverses susceptibles d'évoluer au fil du temps.

**[0047]** Aucune limitation n'est attachée au nombre N de haut-parleurs installés autour ou dans la zone d'écoute 2, ni à leur placement autour ou dans cette zone. On peut ainsi considérer des haut-parleurs placés dans un plan horizontal par rapport à la zone d'écoute et/ou dans un plan vertical. De même, la zone d'écoute peut être de forme quelconque, étendue ou localisée, aux contours réguliers ou irréguliers, etc. Ainsi, par exemple, la zone d'écoute 2 peut correspondre à la position d'un auditeur unique et l'ensemble de N haut-parleurs HP utilisé pour la restitution du signal SIG être un casque stéréophonique positionné sur la tête de l'auditeur (N=2 dans ce cas). Par souci de simplification, dans la description, il est fait référence de façon générale à une zone d'écoute comprenant N haut-parleurs.

**[0048]** Conformément à l'invention, pour permettre la restitution du signal SIG dans la zone d'écoute 2, le système de restitution 1 comprend un dispositif de restitution 3 conforme à l'invention.

**[0049]** Le dispositif de restitution 3 a, dans le mode de réalisation décrit ici, l'architecture matérielle d'un ordinateur, telle qu'illustrée schématiquement à la **figure 2**. Il comprend notamment un processeur (ou micro-processeur) 4, une mémoire vive 5, une mémoire morte 6, une mémoire flash non volatile 7 ainsi que des moyens de communication 8 aptes à émettre et à recevoir des signaux audio.

**[0050]** Les moyens de communication 8 comprennent d'une part, des moyens de réception du signal audio multicanal SIG, et d'autre part, une interface (filaire ou sans fil) avec les N haut-parleurs HP installés autour de la zone d'écoute pour leur fournir des signaux d'alimentation dérivés du signal audio multicanal SIG. Ces moyens

sont connus de l'homme du métier et ne sont pas décrits davantage ici.

**[0051]** La mémoire morte 6 du dispositif de restitution 3 constitue un support d'enregistrement conforme à l'invention, lisible par le (micro-)processeur 4 et sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur conforme à l'invention, comportant des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé de restitution décrites ultérieurement en référence à la figure 3.

**[0052]** Ce programme d'ordinateur définit de manière équivalente des modules fonctionnels (logiciels ici) du dispositif de restitution 3 tels qu'un module d'analyse 3A du signal audio multicanal SIG, un module de restitution 3B comprenant une première entité 3B1 de restitution d'une composante multicanal C1 dite omnidirectionnelle extraite par le module d'analyse 3A du signal audio SIG, et une seconde entité 3B2 de restitution de la composante multicanal C2 résiduelle du signal audio SIG après extraction de la composante C1 et une entité de fourniture 3B3 de signaux d'alimentation aux haut-parleurs HP s'appuyant sur les moyens de communication 8 du dispositif de restitution 3. Ce programme d'ordinateur définit également, dans le mode de réalisation décrit ici, un module 3C de modification des paramètres de restitution utilisés par le module de restitution 3B et notamment par les entités de restitution 3B1 et 3B2. Les fonctions de ces divers modules et entités fonctionnels sont décrites plus en détail en référence aux étapes du procédé de restitution.

**[0053]** Il convient de noter qu'aucune limitation n'est attachée à la nature à proprement parler du dispositif de restitution 3. Celui-ci peut être un ordinateur comme dans le mode de réalisation décrit ici et illustré à la figure 2, ou en variante il peut s'agir d'une puce électronique ou d'un circuit intégré, dans lequel le programme d'ordinateur comprenant les instructions pour l'exécution du procédé de restitution selon l'invention est incorporé. De façon similaire, les modules 3A, 3B et 3C sur lesquels s'appuie le dispositif de restitution 3 peuvent en variante être des modules DSP (Digital Signal Processor) ou FPGA (Field Programmable Gate Array).

**[0054]** Nous allons maintenant décrire, en référence à la figure 3, les principales étapes du procédé de restitution selon l'invention, telles qu'elles sont mises en œuvre par le dispositif de restitution 3 de la figure 1, dans un mode particulier de réalisation.

**[0055]** On suppose que le dispositif de restitution 3 reçoit en entrée le signal audio multicanal SIG via ses moyens de communication 8 (étape E10). Comme mentionné précédemment, aucune limitation n'est attachée au format à proprement parler du signal SIG ni à la façon dont il est généré. Toutefois, à titre illustratif, on considère ici que le signal SIG est un signal stéréophonique composé de deux canaux gauche et droite.

**[0056]** Le dispositif de restitution 3 met alors en œuvre une étape d'analyse du signal SIG reçu (étape E20). Cette étape d'analyse consiste, à l'aide de techniques appropriées de traitement de signal, à extraire du signal

audio SIG une composante multicanal dite omnidirectionnelle C1 qui vérifie un critère de similarité prédéterminé entre au moins deux de ses canaux (i.e. dans l'exemple envisagé ici d'un signal SIG stéréophonique, entre ses deux canaux). Autrement dit, la composante multicanal omnidirectionnelle C1 extraite présente un « grand » degré de similarité sur les différents canaux qui la composent c'est-à-dire ici, sur les canaux gauche et droite du signal SIG.

**[0057]** Dans le mode de réalisation décrit ici, le critère de similarité considéré pour extraire la composante omnidirectionnelle C1 est l'existence d'une corrélation normalisée (par rapport aux nombres d'échantillons pris en compte pour son évaluation) entre les canaux gauche et droite de la composante C1 supérieure à un seuil THR prédéfini.

**[0058]** Ainsi, l'extraction de la composante omnidirectionnelle C1 comprend une estimation de la corrélation normalisée entre les canaux du signal SIG.

**[0059]** Dans le mode de réalisation décrit ici, cette corrélation normalisée est estimée pour une pluralité de sous-bandes fréquentielles désignées par BW1, ..., BWM, M étant un entier supérieur à 1, dont les fréquences centrales sont comprises entre 20Hz et 16kHz.

**[0060]** Le module d'analyse 3A décompose donc tout d'abord le signal SIG, à l'aide d'une transformation de Fourier à fenêtre glissante ou d'un banc de filtres connus en soi, en M composantes de signal Si,  $i=1, \dots, M$ , chaque composante de signal Si étant un signal stéréophonique associé à une sous-bande fréquentielle BWi.

**[0061]** Aucune limitation n'est attachée à la largeur de chaque sous-bande : on peut par exemple envisager une décomposition en octave, en tiers d'octave, ou encore en bandes auditives (i.e. adaptées à l'audition), en fonction d'un compromis complexité/précision notamment.

**[0062]** Puis, suite à cette décomposition, le module 3A analyse les composantes de signal Si associées à chaque sous-bande fréquentielle BWi,  $i=1, \dots, M$ , et détermine celles qui présentent un grand degré de similarité entre leurs canaux gauche et droite.

**[0063]** Plus spécifiquement, le module d'analyse 3A évalue la corrélation normalisée Rnorm\_i entre les canaux gauche et droite de chaque composante Si associée à chaque sous-bande BWi, et compare cette corrélation normalisée Rnorm\_i à un seuil prédéfini THR représentatif d'un grand degré de similarité entre les canaux. Ce seuil peut être déterminé empiriquement ; il peut varier en fonction de paramètres connus de l'homme du métier comme par exemple la fréquence et/ou la largeur de bande du signal SIG. Par exemple on prend THR compris entre 0.5 et 0.8.

**[0064]** Si la corrélation Rnorm\_i ainsi évaluée est supérieure au seuil THR, la composante de signal Si est considérée par le module d'analyse 3A comme étant omnidirectionnelle (autrement dit non spatialisée) et est extraite par le module d'analyse 3A pour former la composante omnidirectionnelle C1.

**[0065]** Il convient de noter que les corrélations et le

cas échéant, l'extraction des composantes omnidirectionnelles sur les différentes sous-bandes  $BW_i$ ,  $i=1, \dots, M$  peuvent être mises en œuvre en parallèle pour un gain de temps notamment, ou en variante, en série.

**[0066]** On note  $I_0$  l'ensemble des indices des composantes de signal  $S_i$  extraites par le module d'analyse 3A, c'est-à-dire, pour lesquelles la corrélation  $R_{norm\_i}$  entre les canaux est supérieure au seuil THR.

**[0067]** La composante multicanal omnidirectionnelle C1 du signal SIG résulte de la combinaison des composantes  $S_i$ ,  $i \in I_0$  ainsi extraites par le module d'analyse 3A. Dans le mode de réalisation décrit ici, cette combinaison est obtenue en réalisant une somme pondérée des composantes  $S_i$ ,  $i \in I_0$  extraites par le module d'analyse 3A. La pondération appliquée à chaque composante  $S_i$  extraite est déterminée par le module d'analyse 3A à partir d'une fonction de gain prédéfinie, croissante, associant à une valeur de corrélation normalisée, une valeur de gain à appliquer à la composante de signal extraite. Cette fonction de gain peut être choisie continue (on parle alors de fonction de « lissage », ex. fonction linéaire entre 0 et 1), ou discontinue (ex. masque binaire associant une valeur de gain égale à 1 à toute corrélation supérieure au seuil THR, et une valeur de gain nulle sinon).

**[0068]** La composante multicanal omnidirectionnelle C1 ainsi extraite du signal multicanal SIG est ensuite soustraite par le module d'analyse 3A au signal multicanal SIG. Il en résulte la composante multicanal résiduelle C2.

**[0069]** Il convient de noter que les composantes multicanal omnidirectionnelle C1 et résiduelle C2 telles qu'extraites à l'issue de l'étape d'analyse E20 comprennent le même nombre de canaux que le signal audio multicanal SIG.

**[0070]** En variante, on peut envisager lors de l'étape d'analyse E20 d'autres estimateurs d'un degré de similarité entre les canaux du signal SIG pour extraire la composante multicanal omnidirectionnelle C1, comme par exemple :

- une différence de niveaux (normalisée par rapport au nombre d'échantillons pris en compte pour son estimation) ou d'énergie entre les canaux du signal SIG, comparée par rapport à un seuil prédéfini, une composante multicanal omnidirectionnelle étant détectée lorsque cette différence de niveaux est inférieure au seuil (i.e. franchissement du seuil au sens de l'invention). Le seuil considéré peut être déterminé de façon empirique, et peut varier en fonction de paramètres connus de l'homme du métier comme par exemple la fréquence et/ou la largeur de bande du signal SIG. On peut choisir par exemple un seuil compris entre 0 et 5dB ; et/ou
- une projection du signal audio multicanal SIG sur une base d'harmoniques sphériques et/ou cylindriques. Le ratio entre l'énergie de la composante multicanal associée à l'harmonique 0 et la somme des

énergies des canaux du signal multicanal SIG est alors comparée à un seuil prédéfini, une composante multicanal omnidirectionnelle étant extraite lorsque ce ratio est supérieur au seuil (plus les canaux sont similaires, plus le ratio est grand) (i.e. franchissement du seuil au sens de l'invention). Une telle projection peut être réalisée en utilisant une technique similaire à celle décrite par exemple dans le document WO 2012/025580. Comme pour les autres estimateurs, le seuil considéré peut être déterminé de façon empirique, et varier en fonction de paramètres connus de l'homme du métier comme par exemple la fréquence et/ou la largeur de bande du signal SIG.

**[0071]** Dans une autre variante, on utilise plusieurs des estimateurs précités pour extraire la composante omnidirectionnelle C1. Ainsi, par exemple, dans un premier temps, le module d'analyse 3A extrait les composantes de signal  $S_i$  présentant une corrélation normalisée  $R_{norm\_i}$  supérieure à un seuil prédéterminé THR1 (ex. choisi entre 0.5 et 0.8). Puis le module d'analyse 3A ne retient de ces composantes de signal  $S_i$  extraites pour composer la composante omnidirectionnelle C1 que les composantes pour lesquelles une différence de niveaux normalisée entre les canaux est inférieure à un seuil prédéterminé THR2 (ex. choisi entre 0 et 5 dB). Ceci revient de façon équivalente à définir un nouvel estimateur combinant les deux estimateurs corrélation et différence de niveaux, chaque estimateur étant normalisé dans ce nouvel estimateur par rapport à son seuil respectif (i.e. la corrélation par rapport au seuil THR1 et la différence de niveaux par rapport à THR2). Le nouvel estimateur est ensuite comparé à un seuil défini de façon empirique et pouvant varier en fonction de la fréquence et/ou de la largeur de bande du signal SIG.

**[0072]** Chacun de ces estimateurs (incluant la corrélation également) peuvent être évalués par sous-bande fréquentielle (comme décrit pour la corrélation) afin d'analyser plus précisément le signal SIG, ou en variante sur l'ensemble de la bande du signal SIG afin de diminuer la complexité de l'analyse. Le traitement réalisé lors de l'étape E20 pour extraire la composante C1 est alors identique à celui réalisé sur chaque sous-bande, incluant l'application d'un gain en fonction de la corrélation pour former la composante C1 avant sa soustraction au signal SIG afin d'obtenir la composante résiduelle C2.

**[0073]** Il convient de noter que l'invention ne se limite pas à un critère de similarité défini par un seuil. D'autres critères de similarité peuvent être considérés. Ainsi par exemple, la composante omnidirectionnelle C1 peut être extraite à partir de la projection du signal audio multicanal SIG sur une base d'harmoniques sphériques et/ou cylindriques, et plus particulièrement correspondre à la composante multicanal associée à l'harmonique 0 résultant de cette projection. Il est en effet connu de l'homme du métier que la composante associée à l'harmonique 0 correspond à une composante présentant un grand degré de similarité entre ses canaux.

**[0074]** Le module d'analyse 3A fournit la composante omnidirectionnelle C1 et la composante résiduelle C2 au module de restitution 3B du dispositif de restitution 3. Plus précisément ici, la composante omnidirectionnelle C1 est fournie à l'entité de restitution 3B1 et la composante résiduelle C2 est fournie à l'entité de restitution 3B2 du module de restitution 3B du dispositif de restitution 3.

**[0075]** Dans un autre mode de réalisation, le module d'analyse 3A applique un traitement composantes C1 et/ou C2 avant de les fournir au module de restitution 3B. Ce traitement peut consister par exemple, pour la composante omnidirectionnelle C1, à sommer les canaux (similaires) de la composante C1 extraite par le module d'analyse 3A, de sorte à constituer un unique canal et à dupliquer ensuite ce canal unique de sorte à former L canaux ou un nombre de canaux supérieur à L (c'est-à-dire au nombre de canaux du signal SIG), fournis au module de restitution 3B.

**[0076]** Dans un autre mode de réalisation encore, un tel traitement est réalisé par le module de restitution 3B. Qu'un tel traitement soit appliqué ou non à la composante C1 et/ou à la composante résiduelle C2 par le module d'analyse 3A ou par le module de restitution 3B, il est fait référence, dans la suite de la description, à une étape, respectivement à un module ou à une entité, de restitution de la composante multicanal C1 extraite par le module d'analyse 3A et de la composante multicanal C2 résiduelle.

**[0077]** Conformément à l'invention, l'entité de restitution 3B1 génère des signaux d'alimentation A1,...,AN pour tout ou partie des N haut-parleurs HP (un signal d'alimentation par haut-parleur) de sorte à restituer la composante omnidirectionnelle C1 de façon homogène en niveau sonore, ou de manière équivalente en intensité, sur la zone d'écoute 2 (étape E30).

**[0078]** Par restitution homogène en niveau sonore ou en intensité, on entend ici que le niveau sonore (i.e. de l'intensité) restitué est uniforme ou similaire sur la zone d'écoute 2 à un degré de tolérance près. On considère par exemple un degré de tolérance de +/- 5dB.

**[0079]** Dans le mode de réalisation décrit ici, ces signaux d'alimentation A1,...,AN correspondent à la composante C1 elle-même dont le niveau sonore est adapté (i.e. modulé) pour chaque haut-parleur en fonction de différents paramètres afin de garantir une restitution homogène dans la zone d'écoute 2. Ces paramètres incluent notamment les caractéristiques propres de chaque haut-parleur (par exemple son efficacité en termes de nombres de décibels émis par rapport au voltage reçu en entrée), leurs positionnements, leurs distances par rapport à un point de référence de la zone d'écoute 2, etc. De tels paramètres d'ajustement sont connus de l'homme du métier et ne sont pas décrits en détail ici.

**[0080]** En variante, seulement une partie des N haut-parleurs peut être choisie par le module 3B de restitution pour restituer la composante C1, c'est-à-dire une pluralité de haut-parleurs parmi les N haut-parleurs afin de

respecter le caractère omnidirectionnel de la composante C1 et permettre sa restitution homogène sur la zone d'écoute 2.

**[0081]** Dans un autre mode de réalisation, le module 3B de restitution génère des signaux d'alimentation A1,...,AN pour les N haut-parleurs HP correspondant à (i.e. résultant de) la création d'une pluralité de sources virtuelles distantes (ondes planes) restituées par les N haut-parleurs, par exemple grâce à une technique de synthèse de champ acoustique (WFS). Ces sources virtuelles sont créées par l'entité de restitution 3B1 à des positions fixes et prédéterminées situées autour et/ou au-dessus de la zone d'écoute 2 de sorte à assurer une restitution homogène en intensité dans la zone d'écoute 2. Par exemple, ces sources virtuelles sont régulièrement réparties (en termes d'angles) en horizontal ou en vertical autour de la zone d'écoute 2, et sont créées par l'entité de restitution 3B1 de sorte à restituer avec le même niveau sonore la composante C1 par rapport à un point de référence défini dans la zone d'écoute 2 (niveau sonore de la composante C1 identique pour chaque source virtuelle créée).

**[0082]** Préférentiellement, au moins 3 sources virtuelles sont créées conformément à ce mode de réalisation (ex. de 4 à 8). La position de ces sources virtuelles peut être choisie de sorte à réaliser un pavage régulier de l'espace reproductible au sens de la technique WFS.

**[0083]** La création de sources virtuelles à partir de haut-parleurs physiques est connue de l'homme du métier et n'est pas décrite en détail ici. Elle peut s'appuyer notamment sur des techniques de type synthèse de champ acoustique WFS et/ou de formation de faisceaux (« beamforming » en anglais) non décrites ici.

**[0084]** Il convient de noter qu'une restitution homogène en intensité sur la zone d'écoute 2 ne signifie pas nécessairement une localisation uniforme de la restitution sur la zone d'écoute, autrement dit que le son provienne de partout de manière uniforme dans la zone d'écoute.

**[0085]** Par ailleurs (par exemple en parallèle de l'étape E30), conformément à l'invention, le module de restitution 3B génère également, via son entité de restitution 2B2, des signaux d'alimentation A1',...,AN' pour tout ou partie des N haut-parleurs HP (un signal d'alimentation par haut-parleur) de sorte à restituer la composante résiduelle C2 de façon spatialisée dans la zone d'écoute 2 (étape E40).

**[0086]** Ces signaux d'alimentation A1',...,AN' correspondent à (i.e. résultent de) la création par le module 3B de restitution de K sources virtuelles (aussi classiquement appelés haut-parleurs virtuels) restituées par les N haut-parleurs HP. Ces K sources virtuelles sont créées en utilisant une technique de spatialisation sonore, telle que par exemple une technique WFS de synthèse de champ acoustique.

**[0087]** Le nombre K est un nombre entier, qui est dans le mode de réalisation décrit ici multiple du nombre L de canaux du signal multicanal SIG (donc multiple de 2 ici).



Par multiple on entend que  $K = \alpha L$  avec  $\alpha$  entier supérieur ou égal à 1. Le nombre  $K$  est choisi préférentiellement inférieur au nombre  $N$  de haut-parleurs utilisés pour la restitution. Toutefois, en variante  $K$  peut être supérieur ou égal à  $N$ .

**[0088]** Par exemple,  $K$  est égal au nombre  $L$  de canaux du signal multicanal SIG ou à deux fois ce nombre. Ceci revient à restituer la composante résiduelle  $C2$  sur un nombre relativement limité de directions définies par les sources virtuelles par rapport au nombre  $N$  de haut-parleurs physiques HP, ce qui permet de reproduire efficacement les effets de spatialisation de cette composante  $C2$  indépendamment du nombre  $N$  de haut-parleurs physiques.

**[0089]** A titre illustratif, sur l'exemple envisagé à la figure 1,  $K=2$  sources virtuelles SV (représentées en traits discontinus) sont créées pour la restitution de la composante multicanal résiduelle  $C2$ .

**[0090]** Les sources virtuelles créées par l'entité de restitution 3B2 pour la restitution de la composante résiduelle  $C2$  peuvent être positionnées de sorte à respecter une répartition équivalente à celle du format du signal multicanal SIG. Ainsi, si le signal SIG est un signal stéréophonique, ces sources virtuelles peuvent être positionnées selon une direction angulaire de  $\pm 30$  degrés définie par rapport à une position de référence choisie dans la zone d'écoute 2 (par exemple au centre de la zone d'écoute 2). La position des sources virtuelles est définie, de façon connue en soi, par rapport à une position de référence choisie dans la zone d'écoute 2.

**[0091]** Préférentiellement, les sources virtuelles créées par l'entité de restitution 3B2 sont positionnées en dehors de la zone d'écoute 2 ou de la zone délimitée par les  $N$  haut-parleurs HP. Toutefois, cette hypothèse n'est pas limitative et d'autres positions peuvent être envisagées en fonction du contexte.

**[0092]** En variante, elles peuvent être positionnées régulièrement autour de la zone d'écoute 2, etc.

**[0093]** En variante, d'autres techniques de spatialisation sonore peuvent être envisagées pour restituer la composante résiduelle  $C2$  dans la zone d'écoute 2. Ainsi, par exemple deux sources virtuelles peuvent être créées pour restituer la composante  $C2$  par effet panoramique d'intensité stéréophonique aussi appelée technique VBAP ou par reproduction binaurale ou transaurale.

**[0094]** Le choix de l'une ou l'autre de ces techniques peut dépendre notamment de l'application envisagée de l'invention et/ou du nombre de haut-parleurs physiques disponibles dans le système de restitution 1. Ainsi, par exemple, pour un nombre d'auditeurs importants dans la zone d'écoute, on peut privilégier les techniques de type WFS 2D ou 3D. Pour une application de type home cinéma, on peut privilégier une technique de spatialisation de type VBAP. Pour une reproduction sur un casque, on utilise une technique de spatialisation binaurale, etc.

**[0095]** En variante, seulement une partie des  $N$  haut-parleurs peut être choisie par l'entité 3B2 de restitution pour restituer la composante  $C2$ .

**[0096]** Les signaux d'alimentation  $A1, \dots, AN$  générés par l'entité de restitution 3B1 et les signaux d'alimentation  $A1', \dots, AN'$  générés par l'entité de restitution 3B2 sont fournis à une entité 3B3 du module de restitution 3B apte à générer  $N$  signaux d'alimentation  $B1, \dots, BN$  destinés respectivement aux  $N$  haut-parleurs HP (un signal d'alimentation pour chaque haut-parleur). Chaque signal d'alimentation  $B_i$ ,  $i=1, \dots, N$  destiné à un haut-parleur HP résulte de la somme du signal d'alimentation  $A_i$  et du signal d'alimentation  $A_i'$ .

**[0097]** Les signaux d'alimentation  $B1, \dots, BN$  sont fournis par le dispositif de restitution 3 via ses moyens de communication 8 aux  $N$  haut-parleurs HP pour restitution par ces derniers des composantes  $C1$  et  $C2$  (étape E50). L'ensemble des étapes E30, E40 et E50 constitue une étape de restitution au sens de l'invention.

**[0098]** Il convient de noter que les étapes E20 à E50 sont réalisées en temps réel sur le signal SIG reçu par le dispositif de restitution 3. Elles sont à cet effet mises en œuvre sur une fenêtre temporelle glissante se déplaçant sur le signal SIG reçu.

**[0099]** Dans le mode de réalisation décrit ici, il est possible d'interagir avec le dispositif de restitution 3, par exemple via les moyens de communications 8 ou via des moyens d'entrée/sortie, de sorte à modifier certains paramètres de restitution des composantes  $C1$  et  $C2$ . Cela offre la possibilité à un utilisateur d'adapter ces paramètres de restitution en fonction de divers paramètres, ou de l'expérience ressentie par les auditeurs placés dans la zone d'écoute 2.

**[0100]** Différents paramètres de restitution peuvent être modifiés, qui peuvent varier en fonction de la composante du signal concernée ( $C1$  ou  $C2$ ) et/ou du contexte d'application. Dans un mode privilégié de réalisation, il n'est pas possible d'altérer la restitution spatiale de la composante omnidirectionnelle  $C1$ .

**[0101]** Ainsi notamment, l'utilisateur peut souhaiter une modification d'un paramètre spatial de restitution de la composante résiduelle  $C2$ , telle que par exemple une position d'une source virtuelle créée par les moyens de restitution 3B pour restituer cette composante, ou le nombre  $K$  de sources virtuelles créées.

**[0102]** En variante, l'utilisateur peut souhaiter une modification de l'intensité de la composante  $C1$  et/ou  $C2$ , ou l'application d'un filtrage sur l'une et/ou l'autre de ces composantes avant restitution.

**[0103]** Sur réception d'une instruction d'un utilisateur de modification d'un paramètre de restitution concernant la composante  $C1$  et/ou  $C2$  (étape E60), le dispositif de restitution 3 via son module de modification 3D met à jour les signaux d'alimentation  $A1, \dots, AN$  et/ou  $A1', \dots, AN'$  de sorte à se conformer à cette instruction, autrement dit ils modifient les signaux d'alimentation de sorte à modifier le paramètre de restitution pointé par l'utilisateur conformément à l'instruction reçue (étape E70).

**[0104]** La restitution du signal multicanal SIG par le dispositif de restitution 3 peut ainsi être adaptée par l'utilisateur via une ou plusieurs itérations, chaque itération

correspondant à la transmission d'une instruction de modification par l'utilisateur au dispositif de restitution 3.

**[0105]** Dans l'exemple envisagé à la figure 1, on a considéré une zone d'écoute étendue entourée de N=9 haut-parleurs physiques HP. L'invention s'applique toutefois dans d'autres contextes et aucune limitation n'est attachée au nombre de haut-parleurs HP considérés.

**[0106]** Ainsi notamment, l'invention peut s'appliquer à une restitution à l'aide d'un casque stéréophonique ou d'un système de reproduction domestique de type home cinéma (5:1 par exemple).

**[0107]** Par ailleurs, comme mentionné précédemment, dans l'exemple envisagé ici, on a considéré un signal audio SIG stéréophonique. L'invention s'applique toutefois à un signal audio multicanal quelconque.

**[0108]** L'adaptation du mode de réalisation décrit ici à un signal distinct d'un signal stéréophonique ne pose pas de problème à l'homme du métier. Notamment l'étape d'analyse et d'extraction de la composante omnidirectionnelle C1 peut s'appuyer sur des techniques similaires à celles précédemment décrites en considérant des corrélations entre les canaux du signal multicanal évaluées pour toutes les paires de canaux possibles ou seulement pour une sélection prédéterminée de paires de canaux du signal multicanal. Il en est de même pour les différences de niveaux de signaux.

**[0109]** Ainsi, selon une variante de réalisation, dans le cas d'un signal SIG comprenant plus de 2 canaux, on estime, lors de l'étape d'analyse, pour chaque sous-bande BW<sub>i</sub> sur laquelle on a décomposé le signal SIG, une matrice de corrélation dont les composantes sont les corrélations normalisées évaluées entre chaque paire de canaux de la composante Si associée à la sous-bande BW<sub>i</sub> considérée. Puis on utilise comme estimateur de similarité, la somme normalisée des composantes de la matrice de corrélation ainsi estimée, qui est comparé par rapport à un seuil prédéterminé (ex. le seuil THR). Une approche similaire peut être adoptée pour un estimateur basé sur une différence de niveaux entre les canaux.

**[0110]** Il convient de noter qu'un estimateur basé sur les projections des canaux du signal SIG sur une base d'harmoniques sphériques et/ou cylindriques permet de par sa définition de s'accommoder d'un nombre quelconque de canaux.

**[0111]** Dans le mode de réalisation décrit ici, on a considéré un signal multicanal SIG unique restitué conformément à l'invention sur les N haut-parleurs du système 1. En variante, le signal SIG peut être accompagné d'un signal additionnel SIG' restitué également sur les N haut-parleurs, le signal SIG étant restitué conformément à l'invention, et le signal SIG' étant quant à lui spatialisé sans analyse préalable ni extraction de sa composante omnidirectionnelle.

**[0112]** Dans un autre mode de réalisation, seulement une partie des canaux du signal multicanal SIG est traitée et restituée conformément à l'invention. Autrement dit, on considère en amont de l'étape d'analyse E20, une étape de prétraitement du signal SIG consistant à isoler

les canaux que l'on souhaite restituer conformément à l'invention et résultant en un signal SIG" constitué des canaux ainsi isolés. L'invention est alors appliquée sur le signal SIG". L'autre partie des canaux du signal SIG est restituée sur tout ou partie des N haut-parleurs selon une technique de restitution spatialisée classique de l'état de la technique (ex. pour un signal SIG multicanal au format 5.1 (i.e. L=6), application de l'invention sur un signal SIG" constitué des canaux avant gauche et avant droite du signal SIG).

## Revendications

1. Procédé de restitution d'un signal audio multicanal (SIG) dans une zone d'écoute (2) comprenant un nombre N de haut-parleurs (HP), le signal audio multicanal (SIG) étant composé de différents canaux, N désignant un entier supérieur à 1, ce procédé comprenant :
  - une étape d'analyse (E20) du signal audio multicanal comprenant une extraction d'une composante multicanal omnidirectionnelle (C1) du signal audio multicanal, cette composante multicanal omnidirectionnelle (C1) vérifiant un critère de similarité prédéterminé entre les canaux composant le signal audio multicanal (SIG), et l'étape aussi comprenant une soustraction de la composante multicanal omnidirectionnelle (C1) des canaux du signal audio multicanal (SIG) pour obtenir une composante multicanal résiduelle (C2); et
  - une étape de restitution (E30,E40,E50) dans la zone d'écoute, en utilisant tout ou partie des N haut-parleurs, de la composante multicanal omnidirectionnelle (C1) et de la composante multicanal résiduelle (C2), la composante multicanal omnidirectionnelle (C1) étant restituée de façon homogène en intensité sur la zone d'écoute, et la composante multicanal résiduelle (C2) étant restituée en utilisant une technique de spatialisation sonore créant un nombre K de sources sonores virtuelles (SV).
2. Procédé de restitution selon la revendication 1 dans lequel le nombre K de sources sonores virtuelles (SV) est un entier multiple du nombre de canaux du signal multicanal.
3. Procédé de restitution selon la revendication 1 ou 2 dans lequel le critère de similarité comprend le franchissement d'un seuil prédéfini par au moins un estimateur d'un degré de similarité entre lesdits canaux.
4. Procédé de restitution selon la revendication 3 dans lequel ledit au moins un estimateur comprend

- une corrélation entre lesdits canaux ; et/ou  
 - une différence de niveau entre lesdits canaux ;  
 et/ou  
 - une projection du signal audio multicanal sur  
 une base d'harmoniques sphériques et/ou cy-  
 lindriques. 5
5. Procédé de restitution selon l'une quelconque des  
 revendications 1 à 4 dans lequel :  
 K est inférieur ou égal à N. 10
6. Procédé de restitution selon l'une quelconque des  
 revendications 1 à 5 dans lequel K est égal au nom-  
 bre de canaux du signal audio multicanal ou à deux  
 fois ce nombre. 15
7. Procédé de restitution selon l'une quelconque des  
 revendications 1 à 6 dans lequel la technique de spa-  
 tialisation sonore est un traitement de synthèse du  
 champ acoustique. 20
8. Procédé de restitution selon l'une quelconque des  
 revendications 1 à 7 dans lequel l'étape de restitution  
 de la composante multicanal omnidirectionnelle  
 comprend une création d'une pluralité de sources  
 virtuelles. 25
9. Procédé de restitution selon l'une quelconque des  
 revendications 1 à 8 comprenant en outre : 30
- une étape de réception (E60) d'une instruction  
 de modification d'au moins un paramètre de res-  
 titution de la composante multicanal omnidirec-  
 tionnelle (C1) et/ou de la composante multicanal  
 résiduelle (C2) ; 35
- une étape de modification (E70) dudit au moins  
 un paramètre conformément à cette instruction. 40
10. Procédé de restitution selon la revendication 9 dans  
 lequel ladite instruction de modification comprend : 45
- une instruction de modification d'une position  
 spatiale d'au moins une source virtuelle créée  
 par la technique de spatialisation sonore lors de  
 la restitution de la composante multicanal rési-  
 duelle (C2) ; et/ou 50
- une instruction de modification d'une intensité  
 de la composante multicanal omnidirectionnelle  
 (C1) et/ou de la composante multicanal rési-  
 duelle (C2) ; et/ou 50
- une instruction de modification ou d'ajout d'un  
 filtrage de la composante multicanal omnidirec-  
 tionnelle (C1) et/ou de la composante multicanal  
 résiduelle (C2) avant restitution. 50
11. Procédé de restitution selon l'une quelconque des  
 revendications 1 à 10 dans lequel le signal audio  
 multicanal (SIG) est un signal stéréophonique. 55
12. Programme d'ordinateur comportant des instruc-  
 tions pour l'exécution des étapes du procédé de res-  
 titution selon l'une quelconque des revendications 1  
 à 11 lorsque ledit programme est exécuté par un  
 ordinateur. 55
13. Support d'enregistrement lisible par un ordinateur  
 sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur  
 comprenant des instructions pour l'exécution des  
 étapes du procédé de restitution selon l'une quel-  
 conque des revendications 1 à 11. 60
14. Dispositif de restitution (3) d'un signal audio multi-  
 canal dans une zone d'écoute comprenant un nom-  
 bre N de haut-parleurs, le signal audio multicanal  
 (SIG) étant composé de différents canaux, N dési-  
 gnant un entier supérieur à 1, ce dispositif  
 comprenant : 65
- un module d'analyse (3A) du signal audio multi-  
 canal (SIG) apte à extraire une composante  
 multicanal omnidirectionnelle (C1) du signal  
 audio multicanal, cette composante multicanal  
 omnidirectionnelle vérifiant un critère de simila-  
 rité prédéterminé entre les canaux composant  
 le signal audio multicanal (SIG), et aussi apte à  
 soustraire la composante multicanal omnidirec-  
 tionnelle (C1) des canaux du signal audio multi-  
 canal (SIG) pour obtenir une composante multi-  
 canal résiduelle (C2); et 70
- un module de restitution (3B) dans la zone  
 d'écoute de la composante multicanal omnidi-  
 rectionnelle (C1) et de la composante multica-  
 nale résiduelle (C2), ce module de restitution  
 étant apte à utiliser tout ou partie des N haut-  
 parleurs pour restituer : 75
- la composante multicanal omnidirection-  
 nelle (C1) de façon homogène en intensité  
 sur la zone d'écoute; et 80
- la composante multicanal résiduelle (C2)  
 en utilisant une technique de spatialisation  
 sonore créant un nombre K de sources so-  
 nores virtuelles (SV). 85
15. Système de restitution (1) comprenant : 90
- un nombre N de haut-parleurs (HP), N dési-  
 gnant un entier supérieur à 1 ; et 95
- un dispositif de restitution (3) selon la revendication  
 14 d'un signal audio multicanal (SIG) sur  
 les N haut-parleurs. 100

## 55 Patentansprüche

1. Verfahren zum Wiedergeben eines Mehrkanal-Audiosignals (SIG) in einem Hörbereich (2) mit einer

Anzahl N von Lautsprechern (HP), wobei das Mehrkanal-Audiosignal (SIG) aus verschiedenen Kanälen besteht, wobei N eine ganze Zahl größer als 1 bezeichnet, wobei dieses Verfahren umfasst:

- einen Schritt zum Analysieren (E20) des Mehrkanal-Audiosignals, der eine Extraktion einer omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) aus dem Mehrkanal-Audiosignal umfasst, wobei diese omnidirektionale Mehrkanalkomponente (C1) ein vorbestimmtes Ähnlichkeitskriterium zwischen den Kanälen, aus denen das Mehrkanal-Audiosignal (SIG) besteht, erfüllt, und wobei der Schritt auch ein Abziehen der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) von den Kanälen des Mehrkanal-Audiosignals (SIG) umfasst, um eine Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) zu erhalten; und
  - einen Schritt zur Wiedergabe (E30, E40, E50) der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) und der Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) im Hörbereich unter Verwendung aller oder eines Teils der N Lautsprecher, wobei die omnidirektionale Mehrkanalkomponente (C1) intensitätshomogen über den Hörbereich wiedergegeben wird und wobei die Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) unter Verwendung einer Klangspatialisierungstechnik wiedergegeben wird, die eine Anzahl K von virtuellen Klangquellen (SV) erzeugt.
2. Wiedergabeverfahren nach Anspruch 1, bei dem die Anzahl K von virtuellen Klangquellen (SV) ein ganzzahliges Vielfaches der Anzahl von Kanälen des Mehrkanalsignals ist.
  3. Wiedergabeverfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Ähnlichkeitskriterium das Überschreiten eines vordefinierten Schwellenwerts durch wenigstens einen Schätzer eines Ähnlichkeitsgrades zwischen den Kanälen umfasst.
  4. Wiedergabeverfahren nach Anspruch 3, bei dem der wenigstens eine Schätzer umfasst:
    - eine Korrelation zwischen den Kanälen; und/oder
    - eine Pegeldifferenz zwischen den Kanälen; und/oder
    - eine Projektion des Mehrkanal-Audiosignals auf einer Basis von sphärischen und/oder zylindrischen Harmonischen.
  5. Wiedergabeverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem:
    - K kleiner oder gleich N ist.
  6. Wiedergabeverfahren nach einem der Ansprüche 1

bis 5, bei dem K gleich der Anzahl von Kanälen des Mehrkanal-Audiosignals oder dem Zweifachen dieser Anzahl ist.

- 5 7. Wiedergabeverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Klangspatialisierungstechnik eine Bearbeitung zur Synthese des Schallfeldes ist.
- 10 8. Wiedergabeverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Schritt der Wiedergabe der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente ein Erzeugen einer Vielzahl von virtuellen Quellen umfasst.
- 15 9. Wiedergabeverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner umfassend:
  - einen Schritt des Empfangens (E60) einer Anweisung zum Modifizieren wenigstens eines Parameters zur Wiedergabe der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) und/oder der Residuums-Mehrkanalkomponente (C2);
  - ein Schritt des Modifizierens (E70) des wenigstens einen Parameters gemäß dieser Anweisung.
- 20 10. Wiedergabeverfahren nach Anspruch 9, bei dem die Modifikationsanweisung umfasst:
  - eine Anweisung zum Modifizieren einer räumlichen Position von wenigstens einer virtuellen Quelle, die durch die Klangspatialisierungstechnik während der Wiedergabe der Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) erzeugt wird; und/oder
  - 25 35 - eine Anweisung zum Ändern einer Intensität der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) und/oder der Residuums-Mehrkanalkomponente (C2); und/oder
  - 40 - eine Anweisung zum Modifizieren oder Hinzufügen einer Filterung der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) und/oder der Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) vor der Wiedergabe.
- 45 11. Wiedergabeverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Mehrkanal-Audiosignal (SIG) ein Stereosignal ist.
- 50 12. Computerprogramm, umfassend Befehle für die Durchführung der Schritte des Wiedergabeverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wenn das Programm durch einen Computer ausgeführt wird.
- 55 13. Computerlesbares Aufzeichnungsmedium, auf dem ein Computerprogramm aufgezeichnet ist, das Befehle zur Durchführung der Schritte des Wiedergabeverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 enthält.

14. Vorrichtung (3) zur Wiedergabe eines Mehrkanal-Audiosignals in einem Hörbereich mit einer Anzahl N von Lautsprechern, wobei das Mehrkanal-Audiosignal (SIG) aus verschiedenen Kanälen besteht, wobei N eine ganze Zahl größer als 1 bezeichnet, wobei diese Vorrichtung umfasst:

- ein Modul zur Analyse (3A) des Mehrkanal-Audiosignals (SIG), das in der Lage ist, eine omnidirektionale Mehrkanalkomponente (C1) aus dem Mehrkanal-Audiosignal zu extrahieren, wobei diese omnidirektionale Mehrkanalkomponente ein vorbestimmtes Ähnlichkeitskriterium zwischen den Kanälen, aus denen das Mehrkanal-Audiosignal (SIG) besteht, erfüllt, und auch in der Lage ist, die omnidirektionale Mehrkanalkomponente (C1) von den Kanälen des Mehrkanal-Audiosignals (SIG) abzuziehen, um eine Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) zu erhalten; und

- ein Modul zur Wiedergabe (3B) der omnidirektionalen Mehrkanalkomponente (C1) und der Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) im Hörbereich, wobei dieses Wiedergabemodul in der Lage ist, alle oder einen Teil der N Lautsprecher zu verwenden, um:

o die omnidirektionale Mehrkanalkomponente (C1) intensitätshomogen über den Hörbereich wiederzugeben; und

o die Residuums-Mehrkanalkomponente (C2) unter Verwendung einer Klangspatialisierungstechnik, die eine Anzahl K von virtuellen Klangquellen (SV) erzeugt, wiederzugeben.

15. Wiedergabesystem (1), umfassend:

- eine Anzahl N von Lautsprechern (HP), wobei N eine ganze Zahl größer als 1 bezeichnet; und  
- eine Vorrichtung (3) nach Anspruch 14, zur Wiedergabe eines Mehrkanal-Audiosignals (SIG) auf den N Lautsprechern.

## Claims

1. A method for restituting a multi-channel audio signal (SIG) in a listening zone (2) comprising a number N of loudspeakers (HP), the multi-channel audio signal (SIG) being composed of different channels, N designating an integer greater than 1, this method comprising:

- a step of analyzing (E20) the multi-channel audio signal comprising an extraction of an omnidirectional multi-channel component (C1) from the multi-channel audio signal, this omnidirec-

tional multi-channel component (C1) satisfying a predetermined similarity criterion between the channels composing the multi-channel audio signal (SIG), and the step also comprising a subtraction of the omnidirectional multi-channel component (C1) from the channels of the multi-channel audio signal (SIG) in order to obtain a residual multi-channel component (C2); and  
- a step of restituting (E30, E40, E50) in the listening zone, using all or part of the N loudspeakers, the omnidirectional multi-channel component (C1) and the residual multi-channel component (C2), the omnidirectional multi-channel component (C1) being restituted homogeneously in intensity throughout the listening zone, and the residual multi-channel component (C2) being restituted using a sound spatialization technique creating a number K of virtual sound sources (SV) .

2. The restitution method of claim 1 wherein the number K of virtual sound sources (SV) is an integer multiple of the number of channels of the multi-channel signal.

3. The restitution method of claim 1 or 2 wherein the similarity criterion comprises the crossing of a predefined threshold by at least one estimator of a similarity degree between said channels.

4. The restitution method of claim 3 wherein said at least one estimator comprises:

- a correlation between said channels; and/or  
- a difference in level between said channels; and/or  
- a projection of the multi-channel audio signal on a base of spherical and/or cylindrical harmonics.

5. The restitution method as claimed in any of claims 1 to 4 wherein:  
K is less than or equal to N.

6. The restitution method as claimed in any of claims 1 to 5 wherein K is equal to the number of channels of the multi-channel audio signal or to twice this number.

7. The restitution method as claimed in any of claims 1 to 6 wherein the sound spatialization technique is an acoustic field synthesis processing.

8. The restitution method as claimed in any of claims 1 to 7 wherein the step of restituting the omnidirectional multi-channel component comprises a creation of a plurality of virtual sources.

9. The restitution method as claimed in any of claims 1 to 8 further comprising:
- a step of receiving (E60) an instruction for modifying at least one restitution parameter of the omnidirectional multi-channel component (C1) and/or of the residual multi-channel component (C2);
  - a step of modifying (E70) said at least one parameter in accordance with this instruction.
10. The restitution method of claim 9 wherein said modification instruction comprises:
- an instruction for modifying a spatial position of at least one virtual source created by the sound spatialization technique during the restitution of the residual multi-channel component (C2); and/or
  - an instruction for modifying an intensity of the omnidirectional multi-channel component (C1) and/or of the residual multi-channel component (C2); and/or
  - an instruction for modifying or adding a filtering of the omnidirectional multi-channel component (C1) and/or the residual multi-channel component (C2) before restitution.
11. The restitution method as claimed in any of claims 1 to 10 wherein the multi-channel audio signal (SIG) is a stereophonic signal.
12. A computer program including instructions for executing the steps of the restitution method as claimed in any of claims 1 to 11 when said program is executed by a computer.
13. A computer-readable recording medium on which is recorded a computer program comprising instructions for executing the steps of the restitution method as claimed in any of claims 1 to 11.
14. A device for restituting (3) a multi-channel audio signal in a listening zone comprising a number N of loudspeakers, the multi-channel audio signal (SIG) being composed of different channels, N designating an integer greater than 1, this device comprising:
- a module for analyzing (3A) the multi-channel audio signal (SIG) capable of extracting an omnidirectional multi-channel component (C1) from the multi-channel audio signal, this omnidirectional multi-channel component satisfying a predetermined similarity criterion between the channels composing the multi-channel audio signal, and also capable of subtracting the omnidirectional multi-channel component (C1) from the channels of the multi-channel audio sig-

nal (SIG) in order to obtain a residual multi-channel component (C2); and

- a module for restituting (3B) in the listening zone the omnidirectional multi-channel component (C1) and the residual multi-channel component (C2), this restitution module being capable of using all or part of the N loudspeakers in order to reconstitute:

- the omnidirectional multi-channel component (C1) homogeneously in intensity throughout the listening zone; and
- the residual multi-channel component (C2) using a sound spatialization technique creating a number K of virtual sound sources (SV).

15. A restitution system (1) comprising:

- a number N of loudspeakers (HP), N designating an integer greater than 1; and
- a device for restituting (3) according to claim 14 a multi-channel audio signal (SIG) on the N loudspeakers.

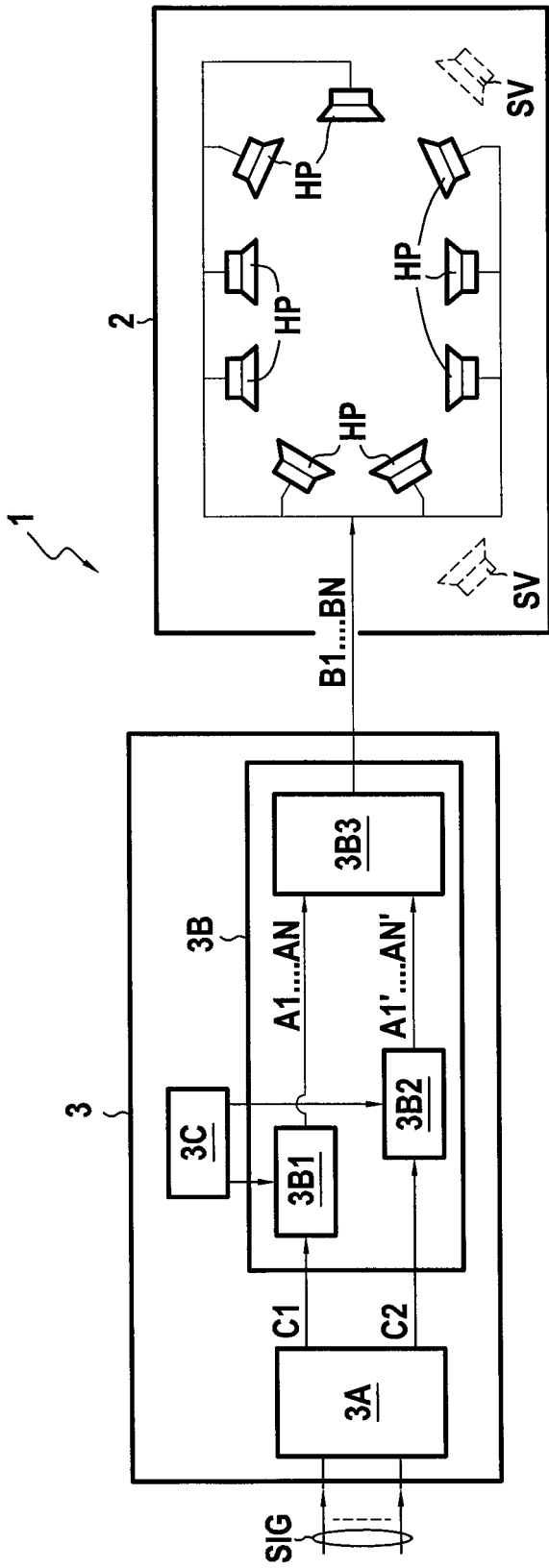


FIG.1

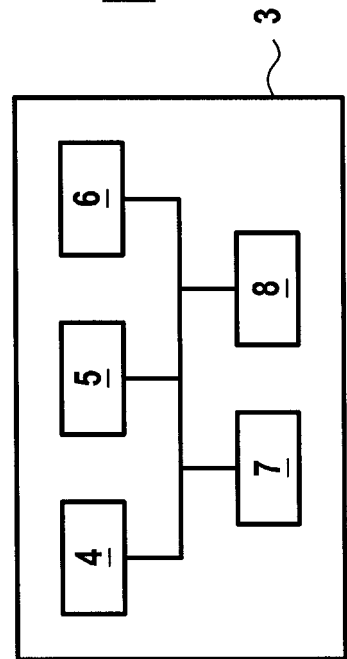
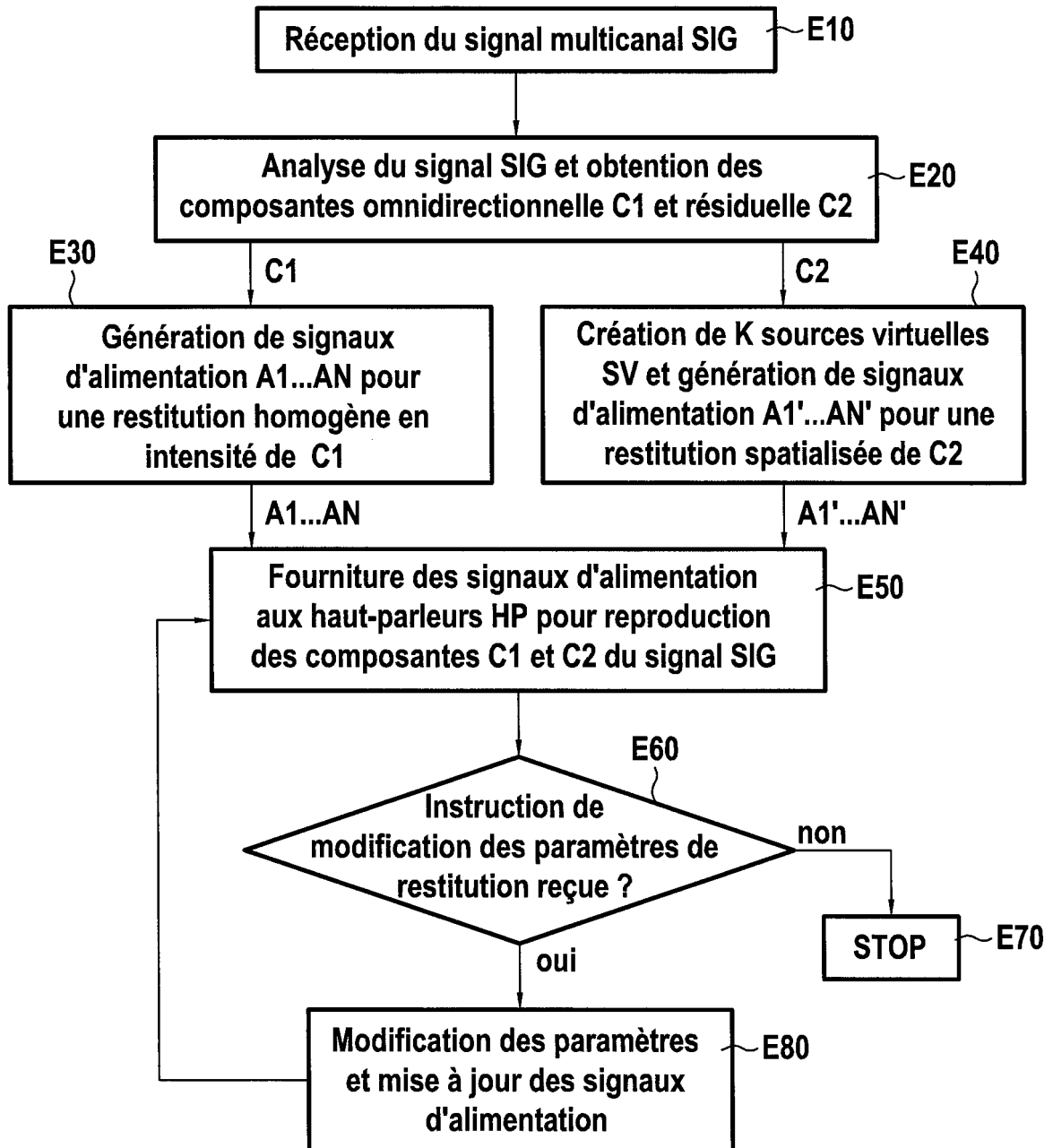


FIG.2



**FIG.3**



**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**

- WO 2006058602 A [0002]
- WO 2014036121 A [0002]
- WO 2012025580 A [0070]