

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 118 264**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **20 14082**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 10 K 11/18 (2023.01), B 60 R 16/037**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé restitution sonore permettant de générer des zones d'écoute différenciées dans un espace clos tel qu'un habitacle de véhicule.

②2 Date de dépôt : 23.12.20.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.06.22 Bulletin 22/25.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 03.11.23 Bulletin 23/44.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *PSA Automobiles SA Société
anonyme —FR, CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement Public
FR et UNIVERSITE DU MANS Etablissement public à
caractère scientifique, culturel et professionnel — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : VINDROLA LUCAS, CHAMARD
JEAN CHRISTOPHE, MELON Manuel et GAZENGEL
Bruno.

⑦3 Titulaire(s) : *PSA Automobiles SA Société anonyme,
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE Etablissement Public, UNIVERSITE
DU MANS Etablissement public à caractère
scientifique, culturel et professionnel.*

⑦4 Mandataire(s) : PSA AUTOMOBILES SA.

FR 3 118 264 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé restitution sonore permettant de générer des zones d'écoute différenciées dans un espace clos tel qu'un habitable de véhicule

- [0001] L'invention se rapporte au domaine de la sonorisation d'espaces fermés ou confinés tels qu'un habitable de véhicule automobile.
- [0002] Avec le développement des technologies connectées, de plus en plus de services proposés à bord des véhicules automobiles nécessitent l'utilisation du système de sonorisation. De ce fait, il convient de restituer aux occupants une reproduction sonore de qualité, qui puisse être différenciée dans l'habitacle du véhicule, c'est-à-dire différente pour chaque occupant. Or, plus les haut-parleurs sont éloignés des oreilles des occupants, plus il faut d'énergie pour une même puissance perçue, et plus il est difficile de rendre efficace les contrôles de champs acoustiques.
- [0003] Une solution connue à ce problème est de disposer une sonorisation individuelle de proximité, comportant plusieurs haut-parleurs, disposés par exemple dans un appuie-tête de siège. Un tel appuie-tête comporte un support rigide, une garniture montée sur le support, avec une partie d'appui pour l'arrière de la tête de l'occupant, et deux voies de transmission sonore, intégrées dans ladite garniture de part et d'autre du support, et comprenant chacune un haut-parleur. Chaque haut-parleur est orienté vers la zone où se situe la tête de l'occupant du siège correspondant. Si une telle disposition améliore la qualité sonore perçue par l'occupant du siège par rapport à des haut-parleurs situés par exemple dans les portières, cette disposition n'est toutefois pas idéale pour obtenir une séparation franche des différentes zones d'écoute (une zone d'écoute correspondant à la place d'un occupant).
- [0004] Les solutions connues ne permettent pas d'obtenir un écart de niveau sonore suffisant entre les différentes zones, d'autant plus qu'un habitacle automobile comporte de nombreuses surfaces réfléchissantes et diffractives. Avec des haut-parleurs de proximité disposés dans les appuie-têtes, on estime que l'écart entre deux zones d'écoute (par exemple entre les deux sièges avant) est de l'ordre de -15dB, ce qui n'est pas suffisant pour permettre d'écouter deux contenus sonores différents à deux places différentes. On estime que pour atteindre ce but avec une qualité sonore satisfaisante, l'écart doit être d'au moins -30 dB.
- [0005] Afin d'atteindre un écart satisfaisant entre deux zones d'écoute, une solution envisagée est d'augmenter le nombre de sources sonores, en intégrant par exemple au moins 4 sources sonores (voire 6 ou 8 sources sonores) équipées avec des unités de filtrage et utiliser des algorithmes d'optimisation sous contrainte pour calculer ces

filtres.

- [0006] Un espace confiné tel qu'un habitacle de véhicule comporte, dans un espace très réduit, une très grande diversité d'obstacles sur les chemins acoustiques et une très grande variété de matériaux, qu'ils soient réfléchissants comme le verre des vitres, ou absorbants, comme les tissus des sièges. Lorsqu'un véhicule est équipé d'un système de sonorisation multizone, il est nécessaire de réaliser une calibration initiale de ce système, pour chaque modèle de véhicule voire pour chaque véhicule, afin que le processeur du système de sonorisation qui commande l'ensemble des sources sonores des différentes zones d'écoute puisse déterminer pour chaque source sonore un filtre numérique, en tenant compte de tous les paramètres influant sur la propagation du son dans l'habitacle. Cette calibration permet que le système de sonorisation soit à l'usage le plus précis possible dans le calcul des filtres dans les différentes configurations de restitution, et notamment pour la configuration consistant à restituer des sons audibles par l'occupant d'une zone d'écoute et rendre ces mêmes sons non audibles par l'occupant du siège correspondant à l'autre ou à l'une des autres zones d'écoute.
- [0007] Une méthode connue pour calculer les filtres numériques à appliquer dans un système de sonorisation multizone est la méthode dite de « pressure matching ». Cette méthode utilise un algorithme de calcul de filtres qui permet de générer les filtres numériques à appliquer dans un réseau de sources sonores pour restituer un champ sonore souhaité au niveau de chaque zone d'écoute.
- [0008] La [fig.1] illustre schématiquement la configuration nécessaire pour réaliser l'étape de calibration initiale. Dans l'exemple de la [fig.1], on a représenté deux zones d'écoutes 1, 2 individuelles, correspondant par exemple chacune à l'un des appuie-têtes de deux sièges voisins d'un véhicule automobile. Pour chaque zone d'écoute 1, 2, on a représenté la zone 10, 20 normalement occupée par la tête d'un occupant du siège correspondant. Chaque zone d'écoute 1, 2 est sonorisée dans l'exemple au moyen de quatre sources sonores 12, 14, 16, 18, 22, 24, 26, 28, telles que des haut-parleurs. L'étape de calibration est réalisée en installant temporairement, au sein de chaque zone d'écoute, une pluralité de microphones d'étalonnage 100, 200 disposés de part et d'autre de la zone 10, 20 occupée par l'occupant du siège correspondant. Le nombre de microphones d'étalonnage 100, 200 dépend du volume de la zone dans laquelle on souhaite contrôler les champs sonores, ainsi que de la bande de fréquences sur laquelle on souhaite réaliser ce contrôle. Dans l'exemple, on a disposé 24 microphones d'étalonnage 100, 200 par zone d'écoute, soit 12 microphones de chaque côté de la place dévolue à la tête de l'occupant. Le but de l'étape de calibration initiale est de mesurer, pour chaque couple source sonore/microphone d'étalonnage, une fonction de transfert. Dans l'exemple de la [fig.1], dans lequel il est prévu au total 8 sources sonores et 48 microphones, l'étape de calibration initiale conduit donc au calcul de 384

fonctions de transfert. Cette mesure est effectuée en transmettant un signal connu aux différentes sources sonores et en mesurant le signal capté par chaque microphone d'étalonnage.

[0009] Pour calculer les filtres numériques à appliquer au signal transmis aux sources sonores, l'algorithme de calcul de filtres se base sur les fonctions de transfert entre les différentes sources sonores et les microphones d'étalonnage 100, 200 disposés dans chacune des zones à contrôler, et sur les pressions cibles en chacun des emplacements des microphones utilisés lors de l'étape de calibration initiale (étant entendu que ceux-ci sont retirés à l'issue de cette étape de calibration). En d'autres termes, l'algorithme de calcul de filtres utilise en tant qu'entrées les fonctions de transfert de l'ensemble du système et le champ de pression acoustique souhaité dans les zones d'écoute, et restitue en sortie la meilleure combinaison de filtres numériques à appliquer aux différentes sources sonores. Comme visible sur la [fig.2], qui représente deux appuie-têtes 3, 4 de siège de véhicule automobile, chaque appuie-tête étant équipé de quatre haut-parleurs L1-L4, L5-L8, il est nécessaire de déterminer au moins huit filtres numériques, un pour chaque haut-parleur. Pour que le système de sonorisation puisse générer des zones d'écoute différenciées, il est nécessaire de calculer au moins deux jeux de filtres, correspondant aux deux configurations d'écoute dans lesquelles une zone (i.e. la zone d'écoute Z1, resp. Z2) doit être sonorisée pendant que l'autre zone (i.e. la zone d'écoute Z2, resp. Z1) doit être silencieuse, ou du moins autant silencieuse que possible. La configuration d'écoute dans laquelle les deux zones doivent être sonorisées pourra être mise en œuvre en utilisant ces deux jeux de filtres.

[0010] Un inconvénient réside dans le fait que les fonctions de transfert prises en compte dans les calculs des filtres numériques sont déterminées une seule fois, lors de l'étape de calibration initiale. Or, ces fonctions de transfert, et par voie de conséquence les filtres numériques calculés à partir de ces fonctions de transfert, correspondent à une configuration acoustique donnée du lieu concerné (local, habitacle de véhicule, etc.). La configuration acoustique du lieu dans laquelle aura lieu la restitution sonore dépend d'une multitude de paramètres pouvant varier au cours de l'utilisation du système de reproduction sonore. Par exemple, dans un véhicule automobile, la configuration acoustique va dépendre notamment de la pression et la température de l'air ambiant, de la position des sièges, du nombre d'occupants du véhicule, des places auxquelles le ou les occupants sont installés, etc. Or, en cas de modification significative de la configuration acoustique par rapport à la configuration acoustique initiale (celle dans laquelle l'étape de calibration initiale a été mise en œuvre), il se peut que les filtres numériques appliqués aux différentes sources sonores ne soient plus adaptés et, de ce fait, que les performances du système de reproduction sonore dans la génération de zones d'écoute différenciées soient dégradées de manière plus ou moins importante.

- [0011] Afin de maintenir les performances du système de reproduction sonore en cas de modification de la configuration acoustique, il faudrait idéalement disposer d'un jeu de filtres numériques pour chaque configuration acoustique. Une telle solution est bien évidemment inenvisageable car :
- [0012] – cela nécessiterait un nombre très important de mesures lors de l'étape de calibration initiale, un ensemble de fonctions de transfert devant être déterminé pour chaque configuration acoustique retenue ;
- cela nécessiterait le calcul et le stockage d'un grand nombre de filtres numériques, un jeu de filtres devant être calculé et stocké pour chaque configuration acoustique retenue.
- [0013] De plus, même en prenant en compte un grand nombre de configurations acoustiques, il serait difficile d'anticiper tous les changements de configuration acoustique susceptibles d'intervenir lors de l'utilisation du système de reproduction sonore.
- [0014] La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients de l'état de la technique, et plus particulièrement ceux-ci-dessus exposés, en proposant un procédé permettant d'adapter les filtres numériques afin de maintenir les performances d'un système en cas de changement de configuration acoustique.
- [0015] À cet effet, l'invention concerne un procédé de restitution sonore dans un espace clos, le procédé mettant en œuvre un système de sonorisation permettant de générer, par l'intermédiaire de sources sonores, des zones d'écoute différenciées, le procédé comportant les étapes suivantes :
- [0016] - transmettre un signal d'entrée vers chaque source sonore, le signal d'entrée étant préalablement filtré, pour chaque source sonore, par un filtre respectif d'un premier jeu de filtres numériques ;
- [0017] - mesurer, pour chaque zone d'écoute, la pression acoustique restituée au niveau d'au moins deux points de contrôle, un microphone de contrôle étant disposé au niveau de chaque point de contrôle de la zone d'écoute correspondante ;
- [0018] - calculer une erreur pour chaque microphone de contrôle, en comparant, pour chaque point de contrôle de chaque zone d'écoute, la pression acoustique restituée à une pression acoustique cible dépendant du signal d'entrée ;
- [0019] - déterminer, en fonction de chaque erreur, une correction à apporter au premier jeu de filtres afin de minimiser l'erreur ;
- [0020] - appliquer pour chaque filtre la correction déterminée lors de l'étape précédente.
- [0021] Ainsi, en mettant en œuvre une étape de calcul d'une erreur entre une pression cible et une pression mesurée au niveau d'une pluralité de points de contrôle, le procédé conforme à l'invention permet d'appliquer, en cas de changement de configuration acoustique, une correction aux filtres numériques initiaux, c'est-à-dire les filtres

calculés lors d'une étape de calibration initiale, dans une configuration acoustique initiale donnée. Le procédé conforme à l'invention permet ainsi d'obtenir une restitution sonore identique ou très proche de la restitution ciblée, en cas de changement de configuration acoustique impactant de façon significative la restitution offerte par les filtres numériques initiaux. Le procédé conforme à l'invention permet d'éviter de nombreuses mesures lors de l'étape de calibration initiale, ainsi que le calcul et le stockage de nombreux jeux de filtres. Le calcul des corrections à appliquer aux filtres numériques initiaux peut avantageusement être réalisé au moyen d'un algorithme adaptatif.

- [0022] Dans une réalisation, l'étape de déterminer une correction à apporter au premier jeu de filtres est mise en œuvre au moyen d'un algorithme adaptatif, les données d'entrée de l'algorithme comportant :
- [0023] – des données ayant servi au calcul des filtres du premier jeu de filtres, telles qu'un ensemble de fonctions de transfert déterminées lors d'une étape de calibration initiale ;
- l'ensemble des erreurs calculées lors de l'étape de calcul d'une erreur pour chaque microphone de contrôle.
- [0024] Dans une réalisation, l'algorithme adaptatif mis en œuvre est de type FXLMS ou FXRLS.
- [0025] Dans une réalisation, le système de sonorisation comporte quatre microphones de contrôle par zone d'écoute, les microphones de contrôle étant de préférence répartis symétriquement deux à deux par rapport à un plan médian de la zone d'écoute correspondante.
- [0026] Dans une réalisation, chaque filtre numérique du premier jeu de filtres est calculé à partir d'au moins une fonction de transfert déterminée lors d'une étape de calibration initiale réalisée dans une configuration acoustique initiale.
- [0027] Dans une réalisation, l'étape de calibration initiale comporte :
- [0028] - disposer au moins une pluralité de microphones d'étalonnage, dans chaque zone d'écoute, le nombre total K de microphones d'étalonnage, étant supérieur au nombre total L de sources sonores, chaque microphone d'étalonnage correspondant à un point de mesure ;
- [0029] - déterminer une fonction de transfert pour chacune des combinaisons formées par une source sonore et un microphone d'étalonnage, le nombre de combinaisons étant égal à $K \times L$;
- [0030] - calculer chaque filtre du premier jeu de filtres à partir des fonctions de transfert correspondantes.
- [0031] Dans une réalisation, les filtres sont choisis dans l'une ou l'autre des catégories suivantes :

- [0032] - les filtres à réponse impulsionnelle finie ;
- [0033] - les filtres à réponse impulsionnelle infinie.
- [0034] Dans une réalisation, les filtres calculés sont stockés dans une mémoire du système de sonorisation.
- [0035] Dans une réalisation, le système de sonorisation est un système embarqué à bord d'un véhicule automobile.
- [0036] L'invention concerne également un véhicule automobile comportant au moins deux sièges équipés chacun d'un appuie-tête, le véhicule comportant un système de sonorisation comportant des sources sonores et des microphones de contrôle disposés dans les appuie-têtes des sièges, le système de sonorisation étant configuré pour appliquer, aux différentes sources sonores, des filtres numériques corrigés conformément au procédé tel que défini ci-dessus.
- [0037] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit, faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0038] [fig.1] La [fig.1] est un schéma illustrant une configuration de calibration de deux zones d'écoute voisines.
- [0039] [fig.2] La [fig.2] illustre un système de sonorisation conforme à l'invention, dans lequel les sources sonores sont disposées dans les appuie-têtes de sièges tels que des sièges de véhicule automobile.
- [0040] [fig.3] La [fig.3] est un schéma illustrant le fonctionnement d'un système de sonorisation mettant en œuvre le procédé conforme à l'invention .
- [0041] [fig.4] La [fig.4] est un schéma illustrant les étapes de mise en œuvre d'un procédé conforme à l'invention.
- [0042] [fig.5] La [fig.5] est un schéma illustrant le système de la [fig.2] mettant en œuvre un deuxième jeu de filtres déterminé conformément à l'invention.
- [0043] On a représenté schématiquement sur la [fig.2] un système de sonorisation 30 configuré pour mettre en œuvre le procédé objet de l'invention. Le système de sonorisation 30 comportent des sources sonores L1-L8 disposées dans des appuie-tête 3, 4 de sièges, tels que des sièges avant d'un véhicule automobile. Chaque appuie-tête définit une zone d'écoute Z1, Z2, correspondant à la place dévolue à la tête de l'occupant du siège correspondant. Chaque appuie-tête 3, 4 est équipé dans l'exemple de quatre sources sonore, soit deux paires de haut-parleurs L1-L4, L5-L8. Deux des haut-parleurs L2, L3, L6, L7 sont orientés vers la zone d'écoute Z1, Z2 correspondante, tandis que deux haut-parleurs L1, L4, L5, L8 sont orientées vers l'extérieur de l'appuie-tête 3, 4.
- [0044] Le système de sonorisation 30 comporte en outre, pour chaque zone d'écoute, au moins deux microphones de contrôle M1-M8, disposés symétriquement deux à deux par rapport à un plan médian de la zone d'écoute Z1, Z2 correspondante. Dans

l'exemple, il est prévu quatre microphones de contrôle par zone d'écoute, soit huit microphones de contrôle M1-M8 au total.

[0045] La mise en œuvre d'un algorithme de « pressure matching » conduit au calcul d'un filtre numérique à appliquer à chaque haut-parleur, soit au total huit filtres F1-F8 pour le système de sonorisation de la [fig.2]. Ainsi qu'expliqué plus haut, cela implique de mesurer, au cours d'une étape de calibration initiale 60, toutes les fonctions de transfert qu'il est nécessaire de prendre en compte. Le calcul des filtres F1 à F8 implique donc de :

[0046] - définir l'ensemble des pressions cibles, c'est-à-dire la pression cible en chaque point de mesure pris en compte lors de l'étape de calibration (c'est-à-dire en chaque point correspondant à la position d'un microphone d'étalonnage) dans les zones à contrôler (zones d'écoutes Z1, Z2) ;

[0047] - calculer tous les filtres F1-F8 en utilisant l'algorithme de calcul.

[0048] Comme mentionné plus haut, les filtres F1 à F8 sont calculés sur la base de fonctions de transfert correspondant à une configuration acoustique donnée. On détaille ci-après comment le procédé conforme à l'invention permet d'éviter d'avoir à déterminer plusieurs jeux de fonctions de transfert et/ou de filtres initiaux pour adapter la restitution sonore en cas de changement de configuration acoustique ultérieure à l'étape de calibration acoustique.

[0049] La [fig.3] est un schéma illustrant le fonctionnement du système de sonorisation 30, qui est configuré pour mettre en œuvre le procédé conforme à l'invention, dont les étapes de mise en œuvre sont illustrées à la [fig.4].

[0050] Le système 30 est configuré pour transmettre, lors d'une étape 62, un signal d'entrée S, à chaque source sonore L1-L8. Le signal d'entrée S est préalablement filtré pour chacune des sources sonores L1-L8 au moyen d'un filtre respectif F1-F8. Suite à la réception du signal d'entrée filtré, chaque source sonore émet un signal sonore se traduisant par des pressions acoustiques restituées au niveau des zones d'écoute Z1, Z2. Les pressions acoustiques restituées au niveau de points de contrôle sont mesurées par l'intermédiaire des microphones de contrôle M1-M8, lors d'une étape de mesure.

[0051] La pression acoustique mesurée P_m en chaque point de contrôle est ensuite comparée à une pression cible P_c au point correspondant, lors d'une étape de calcul 66 d'une erreur E1-E8 pour chaque point de contrôle. La différence, au niveau de chaque point de contrôle, entre la pression cible P_c et la pression restituée P_m est représentative d'une erreur de restitution sonore qui peut être due à un changement de configuration acoustique de l'habitacle (par exemple un changement de position d'un ou plusieurs sièges, un changement de température, du nombre d'occupants, etc.). Cette erreur E1-E8 signifie que les filtres numériques F1-F8 tels que calculés au moyen des fonctions de transfert déterminées lors de l'étape de calibration initiale ne sont plus

optimaux pour la configuration acoustique courante, qui diffère de la configuration acoustique initiale ayant abouti au calcul de ces filtres. De ce fait, la restitution sonore obtenue n'est pas conforme à celle attendue.

- [0052] Les erreurs E1-E8 déterminées à l'étape précédente sont utilisées comme données d'entrée par un calculateur 32 dans lequel est implémenté un algorithme adaptatif A pour déterminer, lors d'une étape 68, une correction C1-C8 à apporter à chaque filtre F1-F8. Le calculateur 32 utilise également en entrée des données comportant les fonctions de transfert TF déterminées lors de l'étape de calibration initiale 60.
- [0053] Les corrections C1-C8 déterminées lors de l'étape précédente sont appliquées au filtres F1-F8, afin d'obtenir un filtrage équivalent à un deuxième jeu de filtres F1'-F8' adapté à la configuration acoustique courante, comme représenté à la [fig.5].
- [0054] L'algorithme adaptatif implémenté dans le calculateur 32 pourra être de tout type adapté, et par exemple de type FXLMS (sigle correspondant à l'appellation anglaise « Filtered-X Least Mean Square ») ou FXRLS (sigle correspondant à l'appellation anglaise « Filtered-X Recursive Least Square »).

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de restitution sonore dans un espace clos, le procédé mettant en œuvre un système de sonorisation permettant de générer, par l'intermédiaire de sources sonores (L1-L8), des zones d'écoute (Z1, Z2) différenciées, le procédé comportant les étapes suivantes :
- transmettre (62) un signal d'entrée vers chaque source sonore (L1-L8), le signal d'entrée étant préalablement filtré, pour chaque source sonore (L1-L8), par un filtre (F1-F8) respectif d'un premier jeu de filtres (F1-F8) numériques ;
 - mesurer (64), pour chaque zone d'écoute, la pression acoustique restituée au niveau d'au moins deux points de contrôle, un microphone de contrôle (M1-M8) étant disposé au niveau de chaque point de contrôle de la zone d'écoute (Z1, Z2) correspondante ;
 - calculer (66) une erreur (E1-E8) pour chaque microphone de contrôle (M1-M8), en comparant, pour chaque point de contrôle de chaque zone d'écoute, la pression acoustique restituée à une pression acoustique cible dépendant du signal d'entrée ;
 - déterminer (68), en fonction de chaque erreur (E1-E8), une correction à apporter au premier jeu de filtres (F1-F8) afin de minimiser l'erreur ;
 - appliquer (70) pour chaque filtre (F1-F8) la correction (C1-C8) déterminée lors de l'étape précédente.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'étape de déterminer une correction à apporter au premier jeu de filtres est mise en œuvre au moyen d'un algorithme adaptatif, les données d'entrée de l'algorithme comportant :
- des données ayant servi au calcul des filtres du premier jeu de filtres, telles qu'un ensemble de fonctions de transfert déterminées lors d'une étape de calibration initiale ;
 - l'ensemble des erreurs (E1-E8) calculées lors de l'étape de calcul d'une erreur pour chaque microphone de contrôle.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'algorithme adaptatif mis en œuvre est de type FXLMS ou FXRLS.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de sonorisation comporte quatre microphones de contrôle (M1-M8) par zone d'écoute (Z1, Z2), les microphones de contrôle étant

de préférence répartis symétriquement deux à deux par rapport à un plan médian de la zone d'écoute correspondante.

[Revendication 5]

Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque filtre (F1-F8) numérique du premier jeu de filtres est calculé à partir d'au moins une fonction de transfert déterminée lors d'une étape de calibration initiale (60) réalisée dans une configuration acoustique initiale

[Revendication 6]

Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'étape de calibration initiale (60) comporte :

- disposer au moins une pluralité de microphones d'étalonnage (100, 200) dans chaque zone d'écoute, le nombre total K de microphones d'étalonnage (100, 200) étant supérieur au nombre total L de sources sonores (L1-L8), chaque microphone d'étalonnage correspondant à un point de mesure ;
- déterminer une fonction de transfert pour chacune des combinaisons formées par une source sonore et un microphone d'étalonnage (100, 200), le nombre de combinaisons étant égal à $K \times L$;
- calculer chaque filtre (F1-F8) du premier jeu de filtres à partir des fonctions de transfert correspondantes.

[Revendication 7]

Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le ou les filtres (F1-F8) sont choisis dans l'une ou l'autre des catégories suivantes :

- les filtres à réponse impulsionnelle finie ;
- les filtres à réponse impulsionnelle infinie.

[Revendication 8]

Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les filtres calculés sont stockés dans une mémoire du système de sonorisation.

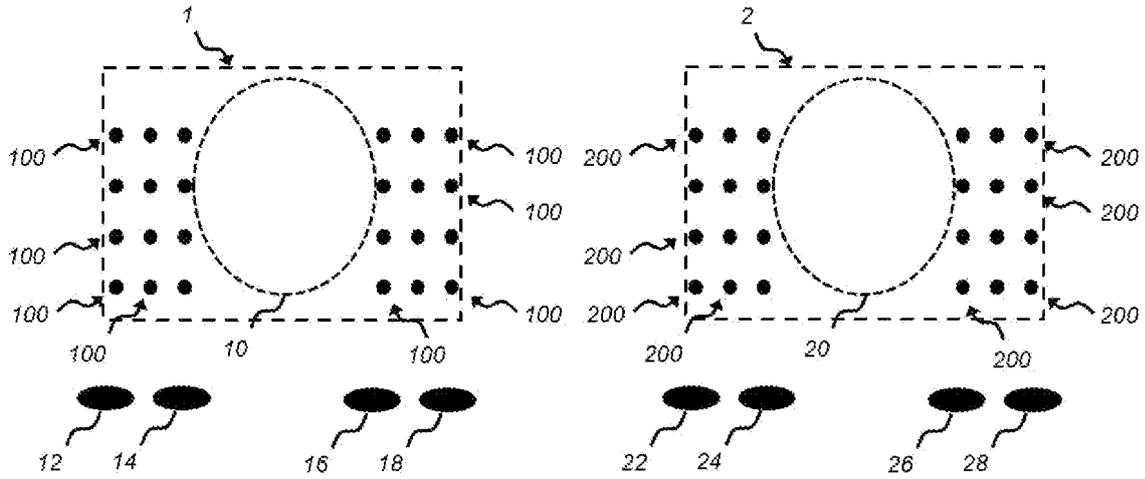
[Revendication 9]

Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de sonorisation est un système embarqué à bord d'un véhicule automobile.

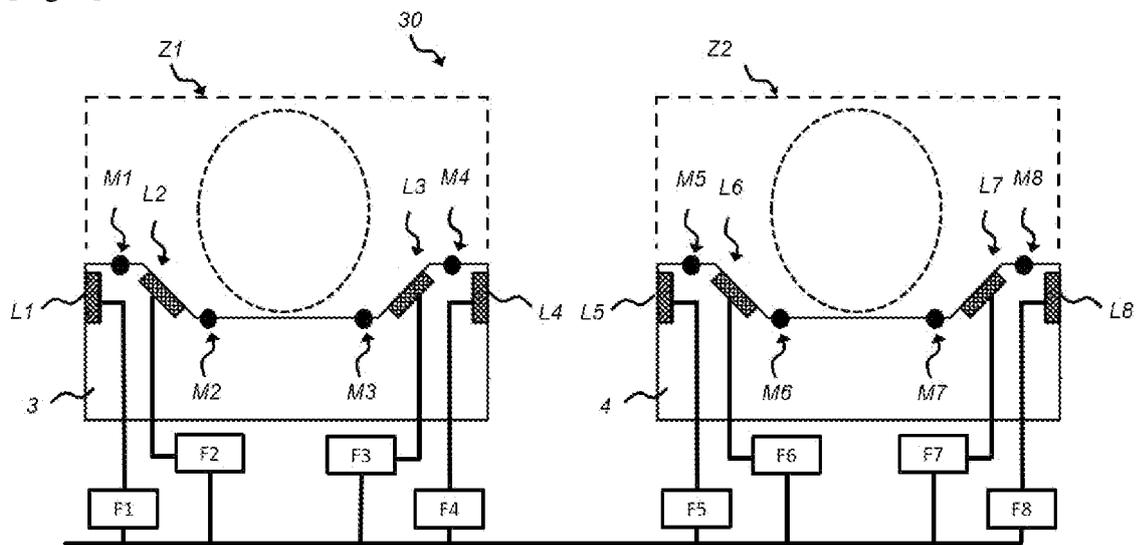
[Revendication 10]

Véhicule automobile comportant au moins deux sièges équipés chacun d'un appuie-tête (3, 4), le véhicule comportant un système de sonorisation (30) comportant des sources sonores (L1-L8) et des microphones de contrôle (M1-M8) disposés dans les appuie-têtes (3, 4) des sièges, le système de sonorisation (30) étant configuré pour appliquer, aux différentes sources sonores (L1-L8), des filtres (F'1, F'8) numériques corrigés conformément au procédé selon l'une des revendications précédentes.

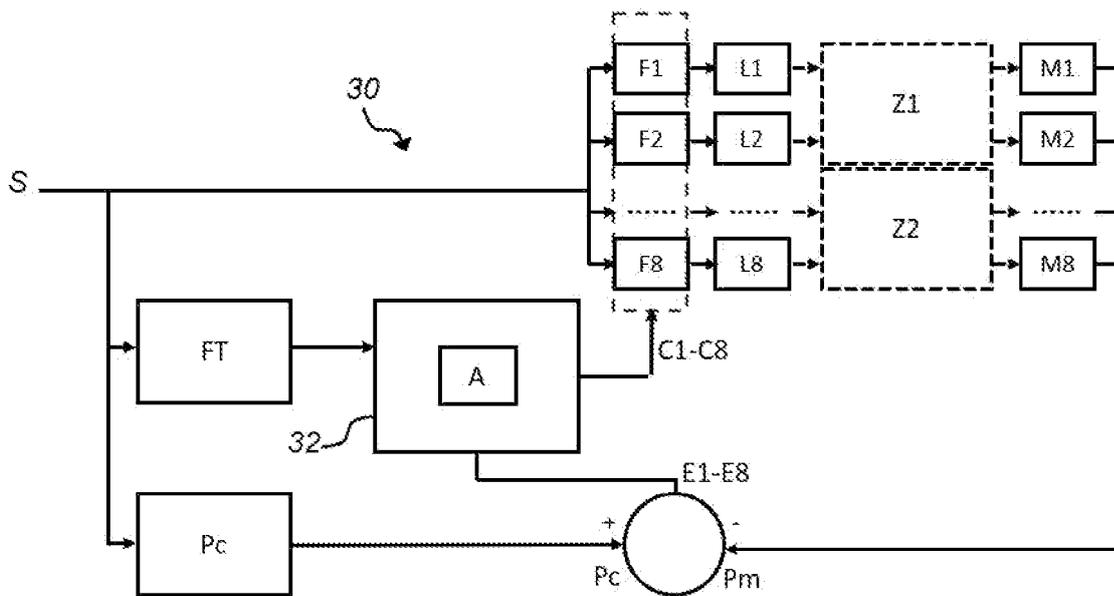
[Fig. 1]



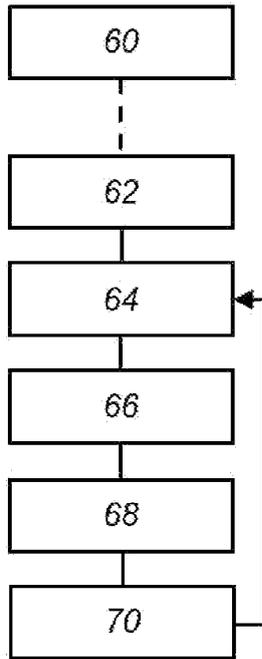
[Fig. 2]



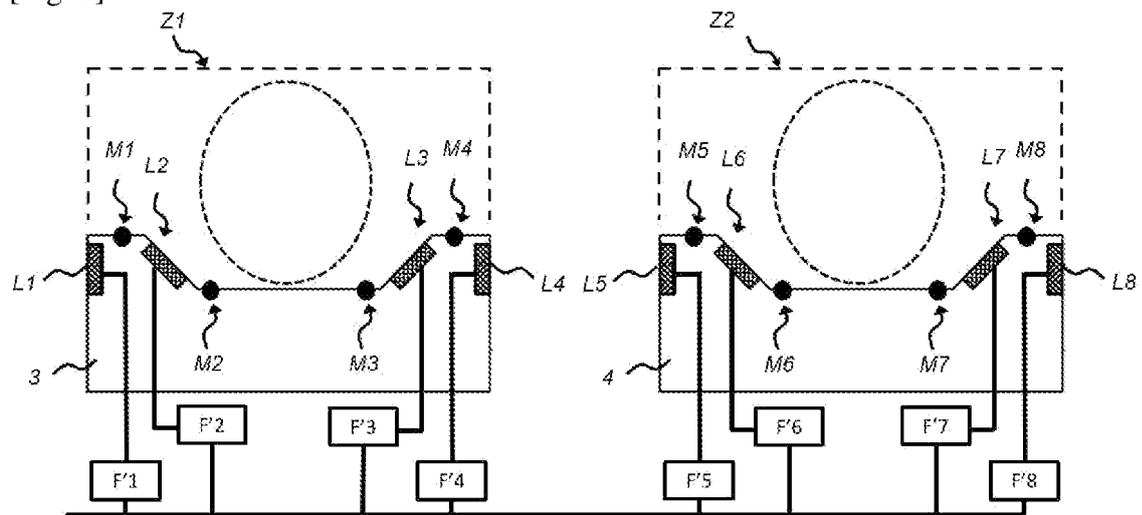
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

WO 2020/148244 A1 (FAURECIA CREO AB [SE])
23 juillet 2020 (2020-07-23)

EP 2 257 083 A1 (DIRAC RES AB [SE])
1 décembre 2010 (2010-12-01)

US 2016/196818 A1 (CHRISTOPH MARKUS [DE])
7 juillet 2016 (2016-07-07)

Jordan Cheer: "Active Control of the Acoustic Environment in an Automobile Cabin",

1 décembre 2012 (2012-12-01), XP055489636,
UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON - FACULTY OF
ENGINEERING AND THE ENVIRONMENT -
Institute of Sound and Vibration Research
Extrait de l'Internet:
URL: https://eprints.soton.ac.uk/348819/1/Jordan_Cheer_Thesis_2012.pdf
[extrait le 2018-07-03]

US 2020/219478 A1 (ZAFEIROPOULOS NIKOS [DE] ET AL) 9 juillet 2020 (2020-07-09)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT