



(43) Date de la publication internationale
13 octobre 2016 (13.10.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/162613 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H03G 5/02 (2006.01) H03G 5/16 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050720

(22) Date de dépôt international :
31 mars 2016 (31.03.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1553132 10 avril 2015 (10.04.2015) FR

(71) Déposant : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA
[FR/FR]; Route de Gisy, 78140 Velizy Villacoublay (FR).

(72) Inventeur : GAGLIARDINI, Laurent; 2 Rue De Fontenay, 92320 Chatillon (FR).

(74) Mandataire : 1/ILEROUX, Jean Philippe; Peugeot Citroen Automobiles SA, Propriété Industrielle, 18 rue des Fauvelles, 92250 La Garenne Colombes (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RA, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING THE TONE OF A SOUND SIGNAL

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONTROLE DE TONALITE D'UN SIGNAL SONORE

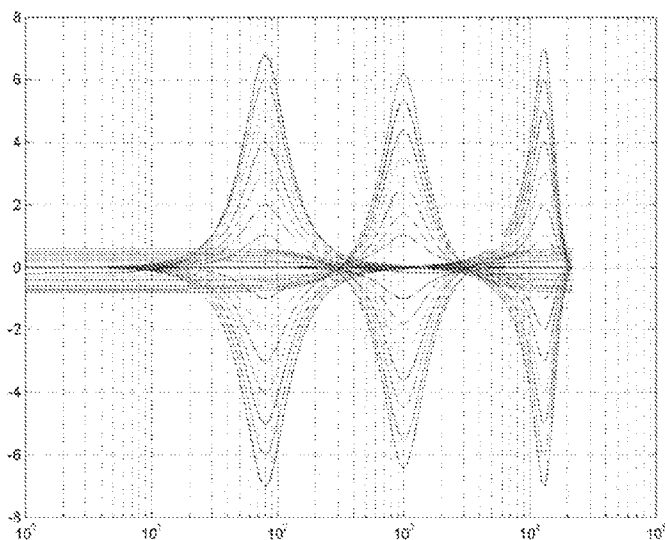


FIG. 3

(57) Abstract : The invention relates to a method for controlling the tone of a sound signal. Said sound signal is detected inside a playback region at a sound intensity characterized by a sound intensity index. Said tone control method includes applying a filter bank to said sound signal. Said filter bank includes a plurality of filters designed to amplify or attenuate said sound signal on the basis of adjustments carried out by the user. According to the invention, said tone control method also includes applying an increase in calibration to each filter of the filter bank. Each of said increases is configured such that the sound intensity index of the sound signal detected in the playback region is, on average, constant.

(57) Abrégé : L'invention porte sur un procédé de contrôle de tonalité d'un signal sonore, ledit signal sonore étant perçu à l'intérieur d'un volume d'écoute avec une intensité sonore caractérisée par un indice d'intensité sonore, ledit procédé de contrôle de tonalité comprenant l'application d'un banc de filtres audit signal sonore, ledit banc de filtres comprenant

[Suite sur la page suivante]



une pluralité de filtres configurés pour amplifier ou atténuer ledit signal sonore en fonction de réglages effectués par l'utilisateur. Selon l'invention, ledit procédé de contrôle de tonalité comprend par ailleurs l'application d'un gain de calibration à chacun des filtres du banc de filtres, chacun desdits gains étant configurés de telle sorte que l'indice d'intensité sonore du signal sonore perçu dans le volume d'écoute soit, en moyenne, constant.

PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONTROLE DE TONALITE D'UN SIGNAL SONORE

[001] L'invention concerne, de façon générale, le contrôle de tonalité de signaux sonores, c'est-à-dire le contrôle du spectre sonore des signaux – plus ou moins grave ou aiguë – en fonction de réglages effectués par un utilisateur. En particulier, le procédé de contrôle de tonalité selon la présente invention vise le contrôle de tonalité de signaux sonores émis à l'intérieur d'un habitacle de véhicule par un autoradio ou tout système audio.

[002] En effet, les systèmes audio aptes à diffuser un signal sonore dans un volume d'écoute, notamment un volume d'écoute fermé tel qu'un habitacle de véhicule, comprennent un certain nombre de possibilités de réglages offertes à l'utilisateur. La possibilité de réglage qui intéresse la présente invention concerne le réglage de la tonalité du signal sonore, c'est-à-dire le réglage du spectre sonore des signaux restitués dans le volume d'écoute.

[003] Ainsi, le contrôle de tonalité, comme cela est connu de l'homme du métier, peut être réalisé grâce à des traitements effectués sur le signal sonore avant sa restitution dans le volume d'écoute.

[004] Les contrôles utilisés aujourd'hui consistent en des bancs de filtres qui amplifient, respectivement atténuent, certaines bandes de fréquence du signal sonore en fonction des réglages effectués. Cette technique connue présente l'inconvénient que, lors du réglage, il est induit une confusion pour l'auditeur entre l'augmentation, respectivement la diminution, du niveau de l'intensité sonore perçue et la modification de tonalité. Cela conduit à une utilisation abusive de ces contrôles.

[005] Par ailleurs, l'utilisation de fonctions particulières de contrôle de tonalité, telles que l'intensité sonore adaptative – loudness adaptatif selon l'expression anglicisée connue de l'homme du métier – ou le contrôle du niveau de rejeu des pistes audio, nécessitent une bonne maîtrise des niveaux sonores perçus afin que la qualité de la restitution du signal sonore soit satisfaisante.

[006] Il existe donc un besoin pour un procédé de contrôle de tonalité apte à modifier la tonalité d'un signal sonore sans induire les inconvénients précités. Pour cela, la présente invention propose un procédé dont la mise en œuvre permet d'effectuer un contrôle de

tonalité tout en maintenant un niveau constant d'intensité sonore perçue dans le volume d'écoute.

[007] A cet effet, la présente invention concerne un procédé de contrôle de tonalité d'un signal sonore, ledit signal sonore étant perçu à l'intérieur d'un volume d'écoute avec une intensité sonore caractérisée par un indice d'intensité sonore, ledit procédé de contrôle de tonalité comprenant l'application d'un banc de filtres audit signal sonore, ledit banc de filtres comprenant une pluralité de filtres configurés pour amplifier ou atténuer certaines bandes de fréquences dudit signal sonore en fonction de réglages effectués par l'utilisateur. Ledit procédé de contrôle de tonalité selon l'invention se caractérise par le fait qu'il comprend par ailleurs l'application d'un gain à chacun des filtres du banc de filtres, chacun desdits gains étant configurés de telle sorte que l'indice d'intensité sonore du signal sonore perçu dans le volume d'écoute soit, en moyenne, maintenu constant.

[008] Selon un mode de réalisation préféré du procédé selon l'invention, l'indice d'intensité sonore est une fonction de la pression acoustique quadratique moyenne dans le volume d'écoute.

[009] En particulier, lesdits gains, notés G_{ctrl} , peuvent s'écrire selon l'équation suivante :

$$IS(\langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R}) = IS\left(10^{\frac{G_{ctrl}}{10}} \langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R} S_{ctrl}\right)$$

où $IS(\langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R})$ représente l'indice d'intensité sonore calculé à partir du spectre de la pression acoustique, $\langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R}$, et S_{ctrl} est le spectre du filtre considéré.

[0010] L'indice d'intensité sonore peut notamment être le niveau sonore global pondéré du signal sonore dans le volume d'écoute.

[0011] Selon un autre mode de réalisation, l'indice d'intensité sonore peut être la sonie du signal sonore dans le volume d'écoute.

[0012] Selon un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention, ledit procédé de contrôle de tonalité d'un signal sonore, ledit signal sonore ayant un spectre constant par bande de fréquence (bruit rose), est destiné à être mis en œuvre dans un système audio apte à restituer le signal sonore dans le volume d'écoute, ledit système audio étant caractérisé par une fonction de transfert connue. Lorsque l'indice d'intensité

sonore est un niveau global pondéré, le gain appliqué à chacun des filtres du banc de filtres vérifie l'équation suivante :

$$G_{ctrl} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_{tiers}} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 10^{\frac{P_i}{10}}}{\sum_{i=1}^{N_{tiers}} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 S_{ctrl,i} 10^{\frac{P_i}{10}}} \right)$$

où G_{ctrl} est le gain, i correspond à une bande de fréquence, la bande passante du système audio étant découpée en bandes de fréquence correspondant à des tiers d'octave, et N_{tiers} étant le nombre de tiers d'octave de la bande passante considérée, $\hat{T}_{C,L,R,i}^2$ représente la fonction de transfert correspondant à la réponse en fréquence audionumérique moyenne du système audio, ladite moyenne étant par exemple calculée aux différentes places visées et pour les voies droites et gauche, P_i est une fonction de pondération du spectre (pondération A ou B par exemple), et $S_{ctrl,i}$ est le spectre des filtres appliqués au signal sonore.

[0013] Selon une application particulière du procédé selon l'invention, le volume d'écoute est un habitacle de véhicule automobile.

[0014] La présente invention vise également un dispositif de contrôle de tonalité d'un signal sonore, comprenant des moyens de réception d'un signal sonore, ainsi que des moyens électroniques pour mettre en œuvre le procédé de contrôle de tonalité d'un signal sonore tel que brièvement décrit ci-dessus.

[0015] La présente invention vise également un système audio pour véhicule automobile, comprenant des moyens de synthèse d'un signal sonore et des moyens de restitution dudit signal sonore à destination d'un volume d'écoute, comportant par ailleurs un dispositif de contrôle de tonalité tel que brièvement décrit ci-dessus.

[0016] En outre, la présente invention vise également un véhicule automobile, comprenant un habitacle formant un volume d'écoute et un système audio tel que brièvement décrit ci-dessus.

[0017] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée des modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement, et en référence aux dessins qui montrent :

- figure 1, un graphique montrant un premier exemple de spectre d'un banc de filtres selon l'état de l'art ;
- figure 2, un graphique montrant un deuxième exemple de spectre d'un banc de filtres selon l'état de l'art ;
- figure 3, un graphique montrant un premier exemple de spectre d'un banc de filtres selon l'invention ;
- figure 4, un graphique montrant un deuxième exemple de spectre d'un banc de filtres selon l'invention ;
- figure 5, un graphique montrant exemple de fonction de transfert « cible », dans le contexte d'une mise en œuvre du procédé selon l'invention.

[0018] Dans ce qui va suivre, les modes de réalisation décrits s'attachent plus particulièrement à une mise en œuvre du procédé de contrôle de tonalité d'un signal sonore selon l'invention, en vue d'une application au sein d'un véhicule automobile. Cependant, toute mise en œuvre dans un contexte différent, en particulier dans tout type système de restitution d'un signal sonore, est également visée par la présente invention.

[0019] La présente invention, comme évoqué précédemment, concerne en premier lieu un procédé de contrôle de tonalité apte à maintenir une intensité sonore perçue constante lorsque des opérations de contrôle de tonalité sont appliquées au signal sonore par un utilisateur agissant sur le système audio chargé de la restitution dudit signal sonore.

[0020] Selon l'état de la technique, les contrôles de tonalité sont constitués d'un banc de filtres. Ils sont en général constitués de deux ou trois contrôles permettant d'agir, respectivement, sur le niveau des basses et des aigus ou sur le niveau des basses, des mediums ou des aigus. Dans certains cas, le nombre de ces contrôles peut être augmenté. On parle alors d'égaliseurs graphiques. Néanmoins, l'architecture et le principe de fonctionnement restent les mêmes.

[0021] Au cœur de systèmes audio pouvant notamment être installés dans des habitacles de véhicules automobiles, le contrôle de tonalité est généralement effectué en amont de l'amplification et portent sur des signaux sonores, dits « média », issus de la radio, d'un CD, d'un équipement connecté par un port USB ...etc.

[0022] A titre d'exemple, les figures 1 et 2 montrent des spectres de bancs de filtres mis en œuvre dans l'état de l'art. Ces filtres connus peuvent être de différents types : à la figure 1 est ainsi représenté le spectre d'un filtre « peaking EQ », et à la figure 2 est représenté le spectre d'un filtre « shelf », selon les appellations anglo-saxonnes connues de l'homme du métier.

[0023] Les figures 3 et 4 montrent des spectres de bancs de filtres de contrôles de tonalité effectués conformément au procédé selon l'invention.

[0024] Comme cela apparaît à l'analyse de ces figures 3 et 4, l'invention consiste à appliquer un gain à chacun des filtres mis en œuvre sur le signal sonore à traiter, de telle sorte que l'intensité sonore du signal sonore perçu soit constante en moyenne, quel que soit le signal sonore à restituer par le système audio. Pour cela, on fait l'hypothèse, connue de l'homme de l'art, que lesdits signaux sonores ont en moyenne le spectre d'un bruit rose à l'intérieur d'une certaine bande passante.

[0025] Ainsi, considérant en particulier la restitution d'un signal sonore à l'intérieur d'un habitacle de véhicule, le procédé de contrôle de tonalité selon l'invention permet qu'à l'intérieur de l'habitacle, l'intensité du signal sonore, tel que perçu dans l'habitacle, soit constante, en moyenne.

[0026] Pour atteindre ce résultat, un gain est appliqué à chaque filtre du banc de filtres mis en œuvre sur le signal sonore à traiter. Ce gain de calibration, ou encore cette correction, s'appuie sur une modélisation de la forme :

$$[0027] \quad \langle p_{\text{ear}}^2 \rangle_{L,R} = \hat{T}_{C,L,R}^2 \hat{x}^2 \quad (1)$$

où :

$\langle p_{\text{ear}}^2 \rangle_{L,R}$ représente le spectre de la pression acoustique quadratique moyenne dans le volume d'écoute (soit la moyenne aux places droites et gauches dans un habitacle de véhicule),

$\hat{T}_{C,L,R}^2$ représente la fonction de transfert correspondant à la réponse en fréquence audionumérique moyenne du système audio,

$\hat{x}^2$ est le spectre du signal sonore restitué.

[0028] Dans le contexte où un contrôle de tonalité est appliqué au signal sonore, la fonction de transfert devient :

$$[0029] \quad \hat{T}_{C,L,R,ctrl}^2 = \hat{T}_{C,L,R}^2 S_{ctrl} \quad (2)$$

où S_{ctrl} est le spectre de contrôle appliqué au signal sonore.

[0030] Selon l'invention, un indice d'intensité sonore, noté $IS(\langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R})$ est considéré. Cet indice est une grandeur psycho-acoustique pouvant dans tous les cas être reliée à la pression acoustique, mesurable. Cet indice d'intensité sonore forme un indicateur pouvant simplement correspondre à un niveau sonore global en dB(A), tel que défini par la norme CEI 61672-1. Il peut également s'agir d'un indicateur plus complexe comme la sonie, définie par la norme ISO 532, qui quantifie de manière plus fine la perception de l'intensité sonore chez l'être humain. Dans les deux cas, l'indice d'intensité sonore caractérise l'intensité sonore perçue dans le volume d'écoute ; selon l'invention, il doit être, en moyenne, maintenu constant.

[0031] Le gain de calibration pour le contrôle de tonalité, noté α_{ctrl} , appliqué à chaque filtre, est tel que :

$$[0032] \quad IS(\langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R}) = IS(\alpha_{ctrl} \langle p_{ear}^2 \rangle_{L,R} S_{ctrl}) \quad (3)$$

[0033] Par construction, en liaison avec les équations (1), (2) et (3), l'indice d'intensité sonore dépend à la fois du signal sonore restitué et de la fonction de transfert correspondant à la réponse du système audio.

[0034] Or, quel que soit l'indice d'intensité sonore utilisé :

- D'une part, le signal sonore est représenté par un spectre moyen sur la bande passante du système audio. Le bruit rose, correspondant à un spectre ayant un niveau constant par tiers d'octave, est souvent considéré comme un signal représentatif en moyenne des signaux sonores restitués par des systèmes audio standards. En outre, le signal sonore restitué par un système audio est caractérisé par son niveau sonore numérique exprimé en dBFS, typiquement de l'ordre de -18 dBFS.

- D'autre part, la fonction de transfert, correspondant à la réponse du système audio, est la cible visée pour l'égalisation du signal sonore dans le volume d'écoute. Lorsqu'il existe un filtre physiologique automatique applicable au signal sonore, la fonction de transfert, correspondant à la réponse du système audio, dépend par conséquent du pas de volume choisi par le client ; dans ce cas on choisit la fonction de transfert pour un volume moyen qui sera pris en référence.

[0035] Dans ce contexte, la figure 5 montre un exemple de fonction de transfert « cible ». Cette fonction de transfert est exprimée en dB SPL pour un niveau de 0 dBFS dans une bande de fréquence donnée, correspondant, en général, à un tiers d'octave. A titre d'exemple, pour la fréquence 1 kHz, la fonction de transfert audionumérique de la figure 5 vaut 90 dB pour un niveau d'entrée de 0 dBFS. Le niveau par tiers d'octave, pour un bruit rose calibré à -18 dBFS et limité à la bande 40Hz-16kHz (soit 27 tiers d'octave), étant de -32.3 dBFS, ce signal produit dans le tiers d'octave 1 kHz un niveau de $90 - 32.3 = 57.7$ dB SPL.

[0036] Ainsi, dans le cas où l'indice d'intensité sonore utilisé est le niveau sonore global obtenu par pondération du spectre du signal sonore, la valeur du gain de calibration à appliquer pour obtenir une intensité sonore perçue constante, ladite intensité sonore étant caractérisée par ledit indice d'intensité sonore, peut être calculée analytiquement en fonction des différents spectres impliqués.

[0037] Si on nomme P la fonction de pondération du spectre utilisée, exprimée en dB, l'indice d'intensité sonore caractérisant l'intensité sonore perçue par l'auditeur est :

$$[0038] \quad LP = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{i=N_{tier}} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 \hat{x}_i^2 10^{\frac{P_i}{10}} \right)$$

où l'indice i indique la bande de fréquence décrivant la bande passante découpée en N tiers tiers d'octave. Selon un mode de réalisation préféré, on utilise en effet des bandes de tiers d'octave, qui présentent l'avantage d'être normalisées.

[0039] Dans le cas où le spectre moyen du signal sonore utilisé est un bruit rose, l'expression ci-dessus devient :

$$[0040] \quad LP = LX + 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{i=N_{tier}} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 10^{\frac{P_i}{10}} \right)$$

où LX est niveau sonore par bande de fréquence du signal sonore considéré.

[0041] Lorsqu'on met en œuvre un contrôle de tonalité, l'intensité sonore perçue devient :

$$[0042] \quad LP_{ctrl} = LX + 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{i=Ntier} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 S_{ctrl,i} 10^{\frac{P_i}{10}} \right)$$

[0043] Le gain qui permet de maintenir constant le niveau de l'intensité sonore perçue en présence du contrôle de tonalité caractérisé par son spectre $\{S_{ctrl,i}\}$ s'écrit donc, selon l'invention :

$$[0044] \quad G_{ctrl} = 10 \log_{10} \alpha_{ctrl} = LP - LP_{ctrl} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=1}^{i=Ntier} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 10^{\frac{P_i}{10}}}{\sum_{i=1}^{i=Ntier} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 S_{ctrl,i} 10^{\frac{P_i}{10}}} \right)$$

[0045] L'expression précédente est appliquée indépendamment pour chaque filtre et chaque niveau d'amplification ou d'atténuation de la bande de fréquence filtrée, au prix d'une possible légère imprécision résultant du fait que la fonction de transfert est éventuellement modifiée par la présence d'autres contrôles de tonalité. Cependant, si la même correction est effectuée pour les autres contrôles et que ces contrôles intéressent des bandes de fréquences différentes, alors l'erreur est minime.

[0046] Il est à noter par ailleurs que, dans le cas où un indicateur plus complexe tel que la sonie est utilisé, le gain de calibration peut être calculé en résolvant de manière itérative l'équation (3).

[0047] En résumé, la présente invention propose un procédé de contrôle de tonalité proposant principalement l'application d'un gain aux filtres mis en œuvre pour contrôler la tonalité d'un signal sonore en vue de sa restitution par un système audio. Grâce à l'application de ce gain, l'intensité sonore perçue dans le volume d'écoute est, en moyenne, constante.

[0048] La présente invention vise également un système audio comprenant des moyens de mise en œuvre du procédé de contrôle de tonalité selon l'invention, ainsi qu'un véhicule équipé d'un tel système audio.

[0049] Il est précisé, en outre, que la présente invention n'est pas limitée aux exemples décrits ci-dessus et est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art.

Revendications :

1. Système audio pour véhicule automobile, comprenant des moyens de synthèse d'un signal sonore et des moyens de restitution dudit signal sonore à destination de l'habitacle du véhicule automobile, ledit signal sonore étant perçu à l'intérieur de l'habitacle avec une intensité sonore caractérisée par un indice d'intensité sonore, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de contrôle de la tonalité du signal sonore à l'intérieur de l'habitacle mettant en œuvre un banc de filtres recevant ledit signal sonore, ledit banc de filtres comprenant une pluralité de filtres configurés pour amplifier ou atténuer ledit signal sonore en fonction de réglages effectués par l'utilisateur, avec un gain appliqué à chacun des filtres du banc de filtres, configuré de telle sorte que l'indice d'intensité sonore du signal sonore perçu dans l'habitacle soit, en moyenne, maintenu constant.

2. Système audio selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'indice d'intensité sonore est une fonction de la pression acoustique quadratique moyenne dans l'habitacle.

3. Système audio selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits gains vérifient l'équation

$$IS(\langle p_{\text{ear}}^2 \rangle_{L,R}) = IS\left(10^{\frac{G_{\text{ctrl}}}{10}} \langle p_{\text{ear}}^2 \rangle_{L,R} S_{\text{ctrl}}\right)$$

où $IS(\langle p_{\text{ear}}^2 \rangle_{L,R})$ représente l'indice d'intensité sonore calculé à partir du spectre de la pression acoustique, $\langle p_{\text{ear}}^2 \rangle_{L,R}$, et S_{ctrl} est le spectre du filtre considéré.

4. Système audio selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'indice d'intensité sonore est le niveau sonore global pondéré du signal sonore dans l'habitacle du véhicule.

5. Système audio selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'indice d'intensité sonore est la sonie du signal sonore dans l'habitacle du véhicule.

6. Système audio selon l'une des revendications 4 à 5, ledit signal sonore ayant un spectre constant par bande de fréquence, caractérisé en ce que le gain appliqué à chacun des filtres du banc de filtres vérifie l'équation suivante :

$$G_{ctrl} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_{tiers}} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 10^{\frac{P_i}{10}}}{\sum_{i=1}^{N_{tiers}} \hat{T}_{C,L,R,i}^2 S_{ctrl,i} 10^{\frac{P_i}{10}}} \right)$$

où G_{ctrl} est le gain, i correspond à une bande de fréquence, la bande passante du système audio étant découpée en bandes de fréquence correspondant à des tiers d'octave, et N_{tiers} étant le nombre de tiers d'octave de la bande passante considérée, $\hat{T}_{C,L,R,i}^2$ représente la fonction de transfert correspondant à la réponse en fréquence audionumérique moyenne du système audio, P_i est la fonction de pondération du spectre du système audio, et $S_{ctrl,i}$ est le spectre des filtres appliqués au signal sonore.

7. Véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comprend un système audio selon l'une des revendications 1 à 6.

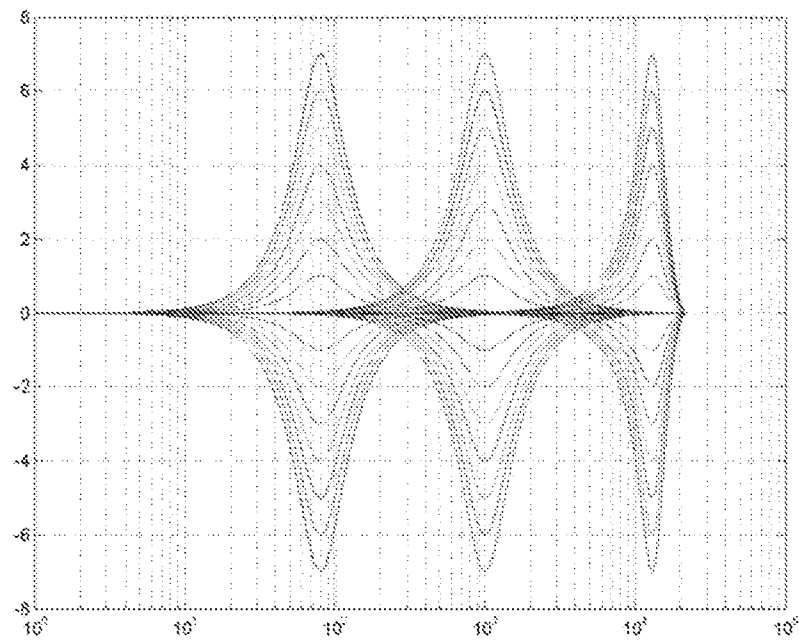


FIG. 1

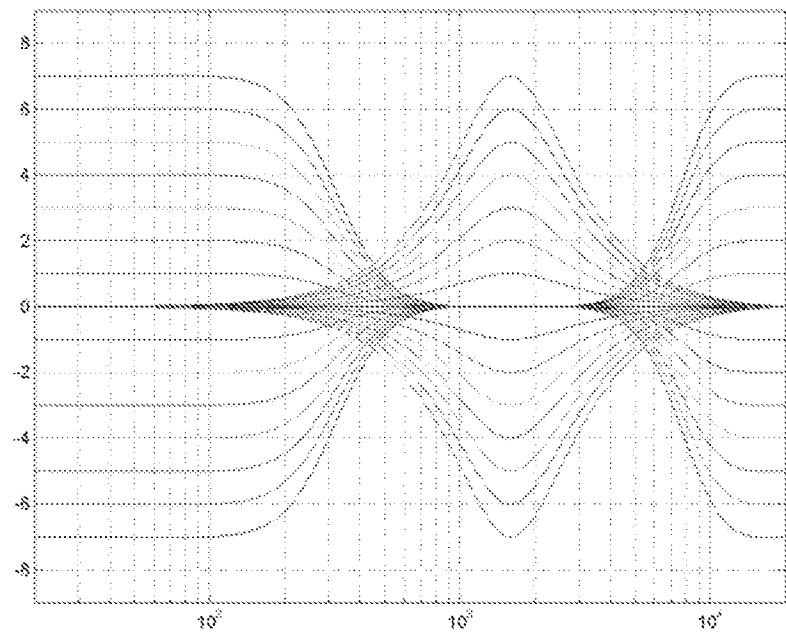


FIG. 2

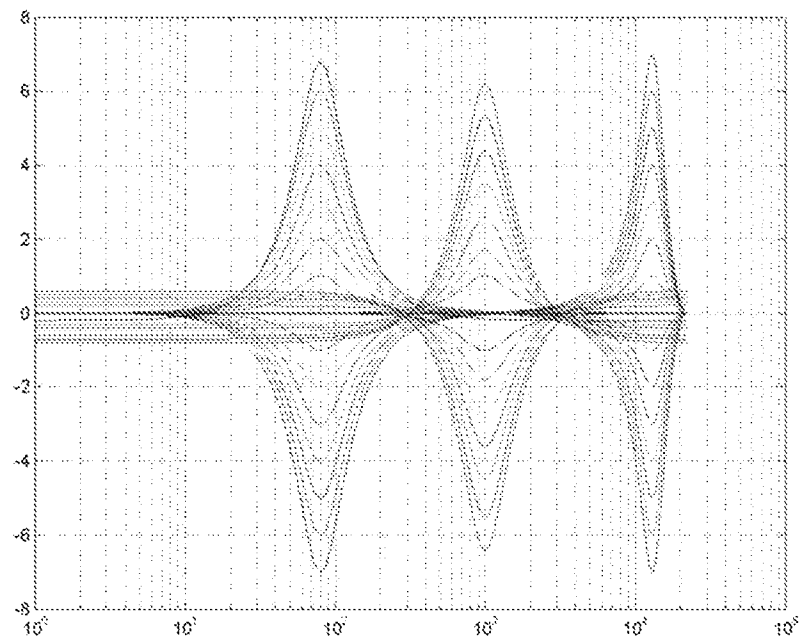


FIG. 3

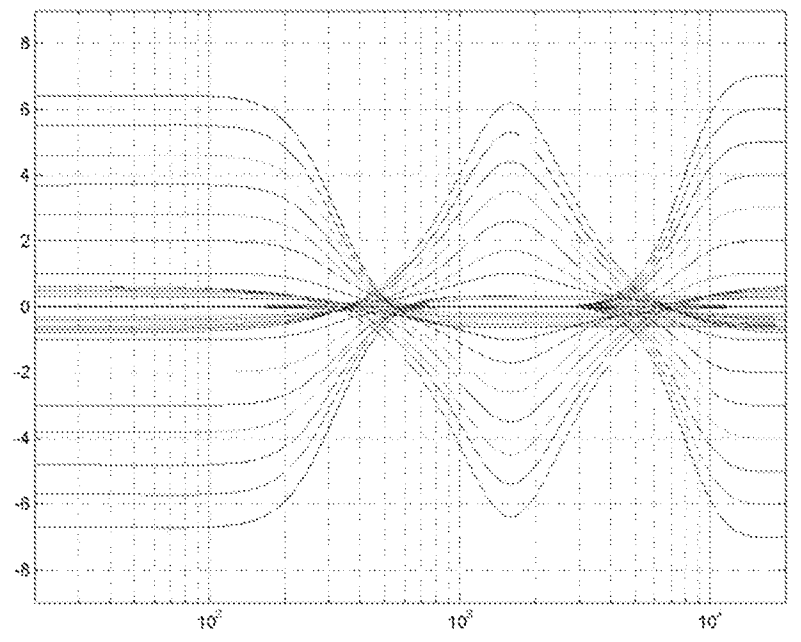


FIG. 4

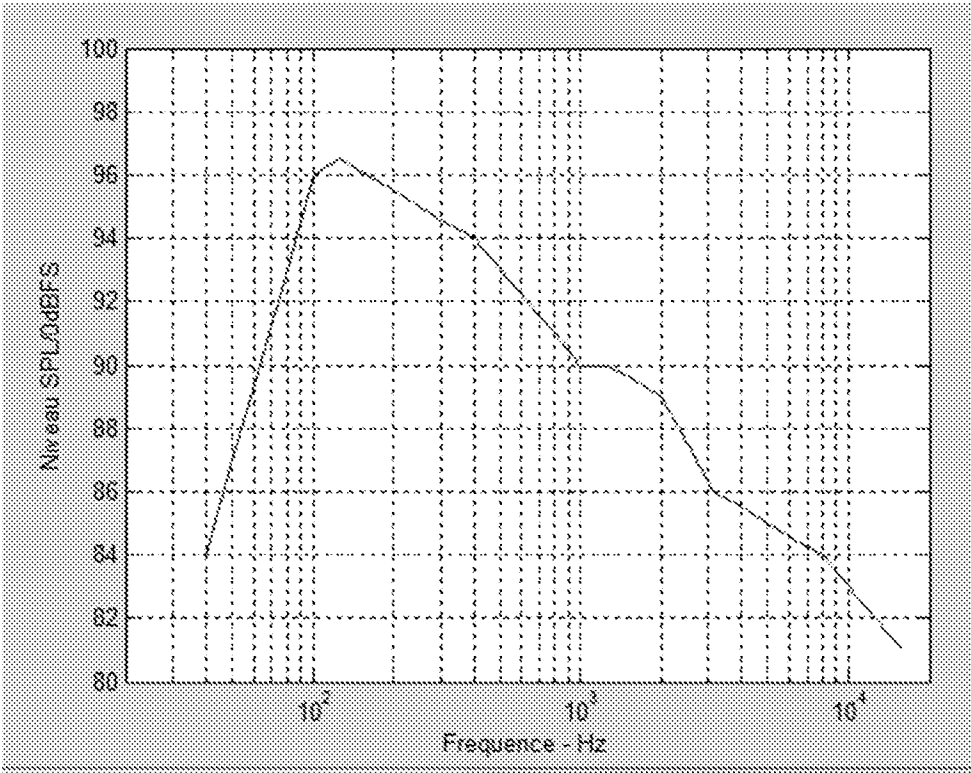


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H03G5/02 H03G5/16
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03G H04S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 172 417 A (IWAMURA HIROSHI [JP]) 15 December 1992 (1992-12-15)	1,2,7
A	abstract; claims 1,7; figures 1,4,12,13 column 1, lines 17-25 column 3, lines 10-40 column 4, line 52 - column 5, line 23 column 9, line 55 - column 10, line 6 -----	3-6
X	GB 2 403 386 A (CEDAR AUDIO LTD [GB]) 29 December 2004 (2004-12-29) abstract; figures 1, 2,4 page 1, line 1 - page 3, line 16 -----	1-7
X	US 5 745 583 A (KOIZUMI JUN [JP] ET AL) 28 April 1998 (1998-04-28)	1,7
A	abstract; figures 1-4 column 1, line 16 - column 2, line 21 column 3, line 51 - column 6, line 24 -----	2-6
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 July 2016

Date of mailing of the international search report

15/07/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wichert, Beate

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050720

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HENRIK STAFFELDT: "Measurement and Prediction of the Timbre of Sound Reproduction", JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY,, vol. 32, no. 6, 1 June 1984 (1984-06-01), pages 410-414, XP001422799, the whole document	2-6
A	----- WO 2015/010864 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYS [DE]) 29 January 2015 (2015-01-29) abstract; figures 1-3 paragraphs [0002] - [0009] -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050720

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5172417	A	15-12-1992	NONE
GB 2403386	A	29-12-2004	NONE
US 5745583	A	28-04-1998	NONE
WO 2015010864	A1	29-01-2015	CN 105393560 A 09-03-2016
			EP 3025516 A1 01-06-2016
			US 2016163327 A1 09-06-2016
			WO 2015010864 A1 29-01-2015

PCT/FR2016/050720

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 745 583 A (KOIZUMI JUN [JP] ET AL) 28 avril 1998 (1998-04-28)	1,7
A	abrégé; figures 1-4 colonne 1, ligne 16 - colonne 2, ligne 21 colonne 3, ligne 51 - colonne 6, ligne 24 -----	2-6
A	HENRIK STAFFELDT: "Measurement and Prediction of the Timbre of Sound Reproduction", JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY,, vol. 32, no. 6, 1 juin 1984 (1984-06-01), pages 410-414, XP001422799, le document en entier -----	2-6
A	WO 2015/010864 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYS [DE]) 29 janvier 2015 (2015-01-29) abrégé; figures 1-3 alinéas [0002] - [0009] -----	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050720

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5172417	A	15-12-1992	AUCUN	

GB 2403386	A	29-12-2004	AUCUN	

US 5745583	A	28-04-1998	AUCUN	

WO 2015010864	A1	29-01-2015	CN 105393560 A	09-03-2016
			EP 3025516 A1	01-06-2016
			US 2016163327 A1	09-06-2016
			WO 2015010864 A1	29-01-2015
