

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE ET DISPOSITIF DE CONTRÔLE DE LA DISTORSION D'UN SYSTÈME DE HAUT-PARLEURS EMBARQUÉ DANS UN VÉHICULE.

⑫② Date de dépôt : 08.10.18.

⑫③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *ARKAMYS Société anonyme* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 10.04.20 Bulletin 20/15.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 25.02.22 Bulletin 22/08.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : SINEV DANIIL, ROSSI FERRARI
GUILLAUME et BOURMEYSTER IVAN.

⑦③ Titulaire(s) : *ARKAMYS Société anonyme*.

⑦④ Mandataire(s) : *IPSIDE*.

FR 3 087 076 - B1



PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE CONTRÔLE DE LA DISTORSION D'UN SYSTÈME DE HAUT-PARLEURS EMBARQUÉ DANS UN VÉHICULE

DOMAINE DE L'INVENTION

5 La présente invention se rapporte à un procédé de contrôle de la distorsion de haut-parleurs.

Plus particulièrement, la présente invention concerne le contrôle de la distorsion de haut-parleurs embarqués dans un habitacle de véhicule.

10 ETAT DE L'ART

On connaît dans l'état de la technique des procédés pour compenser le phénomène de distorsion d'un haut-parleur.

15 La demande de brevet américain US2013/0142360 par exemple divulgue un procédé de contrôle de la distorsion d'un haut-parleur dans lequel le spectre fréquentiel du signal audio est atténué dans une bande de fréquence occasionnant une distorsion importante du signal traversant le haut-parleur.

20 Toutefois, un tel procédé n'est pas adapté à des haut-parleurs destinés à être embarqués dans un véhicule. En effet, les caractéristiques de distorsion de tels haut-parleurs sont dépendantes de la configuration du véhicule et de leur interface mécanique avec ledit véhicule.

EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention vise à remédier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé de contrôle de la distorsion d'un système de haut-parleurs
 5 embarqué dans un véhicule, par exemple une voiture.

L'invention concerne un procédé de contrôle de la distorsion engendrée par un système d'au moins un haut-parleur embarqué dans un véhicule et destiné à recevoir un signal audio. Le procédé selon l'invention comporte :

- 10 - une étape de mesure d'au moins un indicateur de distorsion de l'au moins un haut-parleur ;
- une étape de détermination d'un seuil de distorsion acceptable pour chaque indicateur de distorsion, permettant de déterminer une amplitude maximale acceptable pour chaque fréquence d'une plage de
 15 fréquences d'intérêt du signal audio en entrée du système de haut-parleur au-delà de laquelle amplitude maximale au moins un indicateur de distorsion dépasse le seuil de distorsion qui lui est associé ;
- une étape de génération d'un ensemble d'au moins un filtre ;
- une étape de correction du signal audio en entrée du système de haut-
 20 parleurs par application d'au moins un filtre déterminé à l'étape de génération.

Dans un mode de mise en œuvre, au cours de l'étape de mesure :

- un signal d'excitation est envoyé au système de haut-parleurs ;
- 25 - une réponse dudit système de haut-parleurs est captée au moyen d'au moins un microphone disposé dans le véhicule ;

un balayage fréquentiel étant réalisé sur le signal d'excitation pour connaître la réponse du système de haut-parleurs sur la plage de fréquences d'intérêt et déterminer l'au moins un indicateur de distorsion du système de haut-
 30 parleurs sur cette plage de fréquences d'intérêt.

Dans un mode de mise en œuvre, la plage de fréquences d'intérêt comporte la plage de fréquences allant de 20 Hz à 60 Hz.

Dans un mode de mise en œuvre, deux microphones sont utilisés au cours de l'étape de mesure.

5 Dans un mode de mise en œuvre, les microphones sont placés dans le véhicule de telle sorte que, pour chaque fréquence correspondant à un mode acoustique de la voiture, une position d'au moins un microphone permet d'éviter les nœuds dudit mode acoustique.

10 Dans un mode de mise en œuvre, au cours de l'étape de détermination du seuil de distorsion acceptable, ledit seuil est fixé par ajustement par un opérateur pour chaque indicateur de distorsion en tenant compte de la nature du signal audio destiné à être envoyé au système de haut-parleurs lors de son utilisation, et ou du rendu souhaité, et ou du degré de distorsion accepté.

15 Dans un mode de mise en œuvre, un filtre est déterminé au cours de l'étape de génération pour chaque niveau de volume d'un autoradio du véhicule afin d'obtenir, pour ledit niveau de volume, et pour chaque fréquence, une amplitude du signal audio inférieure à l'amplitude maximale acceptable à cette
20 fréquence.

Dans un mode de mise en œuvre, le spectre du signal audio est analysé au cours de l'étape de génération afin de déterminer un filtre permettant d'obtenir pour chaque fréquence une amplitude du signal audio inférieure à l'amplitude
25 maximale acceptable à cette fréquence, ladite analyse spectrale étant réalisée à intervalles réguliers, et le filtre étant adapté en conséquence.

Dans un mode de mise en œuvre, les filtres sont du type passe-haut, low-shelf, peak, ou issus d'une combinaison quelconque de ces types de filtre.

30

L'invention concerne également un dispositif de contrôle de la distorsion engendrée par un système d'au moins un haut-parleur embarqué dans un

véhicule et destiné à recevoir un signal audio. Selon l'invention, le dispositif comporte des moyens pour :

- réaliser une mesure d'au moins un indicateur de distorsion de l'au moins un haut-parleur ;
- 5 - déterminer un seuil de distorsion acceptable pour chaque indicateur de distorsion ;
- déterminer une amplitude maximale acceptable pour chaque fréquence d'une plage de fréquences d'intérêt du signal audio en entrée du système de haut-parleur ;
- 10 - générer un ensemble d'au moins un filtre ;
- corriger le signal audio en entrée du système de haut-parleurs par application d'au moins un filtre.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

15

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont présentées qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

20

La figure 1 représente les différentes étapes du procédé selon l'invention.

La figure 2 représente un modèle simplifié du haut-parleur au cours de l'étape de mesure, au cours de laquelle un signal d'excitation sinusoïdal est envoyé en entrée du haut-parleur et un ensemble d'indicateurs de distorsion sont mesurés.

25

La figure 3 représente quatre courbes du taux de distorsion harmonique totale pour quatre amplitudes différentes du signal d'excitation.

La figure 4A représente une configuration des microphones lors de l'étape de mesure dans un mode de mise en œuvre.

30

La figure 4B représente une configuration des microphones lors de l'étape de mesure dans un mode alternatif de mise en œuvre.

La figure 4C représente une configuration des microphones lors de l'étape de mesure dans un mode alternatif de mise en œuvre.

La figure 5A représente d'une part une amplitude maximale acceptable en fonction de la fréquence en entrée du haut-parleur, et d'autre part un ensemble de filtres de type passe-haut à appliquer au signal d'entrée en fonction du niveau de volume de l'autoradio du véhicule.

5 La figure 5B représente d'une part une amplitude maximale acceptable en fonction de la fréquence en entrée du haut-parleur, et d'autre part un ensemble de filtres de type low-shelf à appliquer au signal d'entrée en fonction du niveau de volume de l'autoradio du véhicule.

La figure 6A représente l'étape de génération des filtres dans un premier
10 mode de mise en œuvre.

La figure 6B représente l'étape de génération des filtres dans un second mode de mise en œuvre.

DESCRIPTION DETAILLEE

15

En référence à la figure 1, la présente invention se rapporte à un procédé 100 de contrôle de la distorsion d'un haut-parleur 1 d'un véhicule 2, en particulier une voiture.

Selon l'invention, le procédé 100 comporte :

- 20
- une étape de mesure 110 d'un indicateur de distorsion non-linéaire du haut-parleur ;
 - une étape de détermination 120 d'un seuil de distorsion acceptable ;
 - une étape de génération 130 d'un ensemble de filtres ;
 - une étape de correction 140 du signal.

25 En référence à la figure 2, au cours de l'étape de mesure 110, un indicateur de distorsion non-linéaire du haut-parleur est mesuré. L'indicateur de distorsion non-linéaire peut par exemple être un taux T_{THD} de distorsion harmonique totale THD (*Total Harmonic Distortion* en terminologie anglo-saxonne), un taux T_{THD+N} de distorsion résiduelle THD+N (*Total Harmonic Distortion plus Noise* en terminologie anglo-saxonne), ou encore un taux T_{IMD} de distorsion intermodulation IMD (*Inter-Modulation Distortion* en terminologie anglo-saxonne).
30 Il est considéré dans la suite de la description le taux T_{THD} de distorsion harmonique totale THD, mais l'invention peut bien entendu être adaptée à des

indicateurs de distorsion résiduelle THD+N, de distorsion intermodulation IMD, une combinaison de ces indicateurs, ou encore d'autres indicateurs de distorsion non mentionnés ici.

La mesure du taux T_{THD} de distorsion harmonique totale THD est réalisée en excitant le haut-parleur 1 par un signal d'entrée $e(t)$ sinusoïdal de fréquence f_0 appelée fréquence fondamentale, et d'amplitude A . On entend par « signal d'entrée » le signal électrique entrant dans le haut parleur. Dans le cadre de l'étape de mesure 110, le signal d'entrée est appelé « signal d'excitation ». L'excitation du haut-parleur 1 par le signal d'excitation $e(t)$ génère une onde acoustique dans un habitacle du véhicule 2, lequel est fermé. Un microphone M1 placé dans ledit habitacle capte ladite onde acoustique et génère un signal de sortie $s(t)$. Le signal de sortie $s(t)$ est un signal électrique généré par le microphone M1 en réponse à la captation de l'onde acoustique dans l'habitacle, et tient compte en conséquence des phénomènes acoustiques relatifs à l'environnement du haut-parleur et du microphone, par exemple propagation dans l'air et réverbération.

Du fait des non-linéarités du haut-parleur 1, celui-ci génère des harmoniques correspondant à des fréquences multiples entiers de la fréquence fondamentale f_0 .

Le taux T_{THD} de distorsion harmonique totale THD est alors mesuré grâce à la relation :

$$T_{THD} = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^M V_{e,n}^2}}{V_{e,1}^2}$$

Où :

- $V_{e,n}$ désigne la valeur efficace de l'harmonique de rang n , l'harmonique de rang 1 correspondant à la fréquence fondamentale f_0 ;
- M désigne le rang de l'harmonique le plus élevé pris en compte dans le calcul du taux T_{THD} de distorsion harmonique totale. La valeur de M peut par exemple prendre en compte que les effets de la distorsion

ne sont plus perceptibles par un individu au-delà de 20kHz. Ainsi, M peut par exemple être tel que $M \times f_0 \leq 20\,000$ et $(M + 1) \times f_0 > 20\,000$.

Le taux T_{THD} de distorsion harmonique totale est exprimé en pourcentage.

Le taux T_{THD} de distorsion harmonique totale est calculé sur une plage de
 5 fréquences f d'intérêt $[f_{min}; f_{max}]$ comprise entre une fréquence minimale f_{min} et une fréquence maximale f_{max} en faisant varier la fréquence fondamentale f_0 du signal d'excitation $e(t)$, par balayage en fréquence continu ou discret sur cette plage de fréquences d'intérêt.

Les non-linéarités du haut-parleur apparaissent de manière notable aux
 10 basses fréquences, en général pour des fréquences inférieures à 150 Hz, ces non-linéarités étant plus ou moins marquées selon le haut-parleur considéré. Dans un mode de mise en œuvre préféré du procédé selon l'invention, la plage de fréquences d'intérêt $[f_{min}; f_{max}]$ considérée comporte la plage de fréquences allant de 20 Hz à 60 Hz, ce qui correspond à une plage de fréquences pour laquelle les
 15 non-linéarités sont particulièrement importantes, quel que soit le haut-parleur considéré.

Le taux T_{THD} de distorsion harmonique totale est déterminé sur la plage de fréquences d'intérêt pour une gamme d'amplitudes A du signal d'excitation comprise entre une première amplitude et une deuxième amplitude, par exemple
 20 entre -40 dB et 0 dB.

La figure 3 représente quatre exemples de courbe illustrant une évolution du taux T_{THD} de distorsion harmonique totale en fonction de la fréquence f , obtenues à l'issue de l'étape de mesure 110.

La courbe en trait plein correspond à une amplitude A du signal
 25 d'entrée $e(t)$ égale à -10dB.

La courbe en trait interrompu correspond à une amplitude A du signal d'entrée $e(t)$ égale à -18dB.

La courbe en trait mixte correspond à une amplitude A du signal d'entrée $e(t)$ égale à -24dB.

30 La courbe en trait pointillé correspond à une amplitude A du signal d'entrée $e(t)$ égale à -38B.

L'étape de mesure 110 est réalisée *in situ*, dans l'habitacle du véhicule fermé, ce qui permet de tenir compte des caractéristiques de l'habitacle,

notamment ses dimensions ou les propriétés acoustiques des objets disposés dans celui-ci (sièges, levier de vitesse,...), ou encore des interactions mécaniques entre le haut-parleur 1 et son environnement.

En pratique, le balayage fréquentiel peut entraîner, pour certaines
5 fréquences particulières, une excitation des modes propres du véhicule 2, entraînant une apparition d'ondes stationnaires et des différences sensiblement importantes d'amplitudes des ondes de pression dans le volume de l'habitacle pour ces fréquences d'un point de l'espace à un autre. En particulier, il apparaît pour ces fréquences des ventres et des nœuds, correspondant à des zones de
10 l'espace où une amplitude de pression atteint respectivement un maximum et un minimum local. En conséquence, le microphone M1 placé en un nœud au niveau duquel les variations de la pression de l'onde acoustique sont très faibles, c'est-à-dire susceptibles de ne pas être perçues à la mesure car masquées par un bruit de mesure et/ou un bruit ambiant, ne permet pas de réaliser une mesure fiable du
15 taux T_{THD} de distorsion harmonique totale.

En conséquence, il est préférentiellement utilisé un nombre de microphones supérieur ou égal à deux. Une configuration des microphones dans l'habitacle est telle que si l'un des microphones se trouve dans un nœud pour une excitation donnée du haut-parleur 1, un autre microphone se trouvera en-dehors des nœuds
20 et le signal capté par cet autre microphone peut être utilisé pour la détermination du taux T_{THD} de distorsion harmonique totale.

Les figures 4A, 4B et 4C illustrent trois configurations possibles pour un ensemble de deux microphones M1, M2 disposés dans l'habitacle du véhicule 2. Ces trois configurations permettent de déterminer le taux T_{THD} de distorsion
25 harmonique totale au moins sur une plage de fréquences d'intérêt allant de 20 Hz à 1 kHz.

Dans la configuration de la figure 4A, un premier microphone M1 est disposé entre les sièges avant de la voiture, conducteur et passager. Un second microphone M2 est disposé entre le tableau de bord du véhicule et le pare-brise
30 avant.

Dans la configuration de la figure 4B, le premier microphone M1 et le second microphone M2 sont disposés sur l'assise du siège conducteur.

Dans la configuration de la figure 4C, le premier microphone M1 est disposé sur l'assise du siège conducteur tandis que le second microphone M2 est disposé sur l'assise du siège passager avant.

Bien entendu, d'autres configurations peuvent être envisagées, et d'autres
5 microphones peuvent être utilisés.

Au cours de l'étape de détermination 120, un seuil T de distorsion acceptable est fixé. Le seuil de distorsion acceptable correspond à une valeur minimale de l'indicateur de distorsion non-linéaire, ici le taux de distorsion harmonique totale, au-delà de laquelle la correction de la distorsion est appliquée
10 selon le procédé 100 de l'invention, et en-deçà de laquelle aucune correction n'est apportée. Si l'indicateur est égal au seuil de distorsion acceptable, il peut être choisi suivant les cas de réaliser une correction ou non.

La détermination du seuil de distorsion acceptable est arbitraire, mais dépend en grande partie de la nature du signal destiné à être envoyé au haut-
15 parleur 1 lors de son utilisation, ainsi que du rendu souhaité. En effet, comme il sera compris par la suite, la correction de distorsion selon l'invention atténue une partie du spectre fréquentiel du signal d'entrée $e(t)$, en conséquence, plus le seuil T de distorsion est bas, moins le rendu est fidèle en sortie du haut-parleur, après traitement du signal, pour des niveaux de volume élevés. On appelle
20 « niveau de volume » le niveau de volume réglé par le biais d'un autoradio transmettant les signaux audio au haut-parleur. Ainsi, plus le seuil de distorsion est faible, moins il est possible d'augmenter le volume global du signal audio sans le dénaturer. Ainsi, pour un niveau de volume et un seuil de distorsion acceptable donnés, une musique de type électro, présentant un spectre fréquentiel important
25 dans les basses fréquences, sera plus rapidement dénaturé par le traitement réalisé par le procédé 100 en cas d'augmentation du volume qu'une musique de type classique présentant un spectre fréquentiel plus pauvre en basses fréquences. Il convient donc d'ajuster le seuil en fonction du niveau maximal souhaité en sortie de haut-parleur et en fonction du degré de distorsion toléré.

30 Sur chacune des figures 5A et 5B, la courbe en trait plein illustre une amplitude $A_{\max}$ maximale du signal d'entrée $e(t)$ du haut-parleur 1 acceptable en fonction de la fréquence, c'est-à-dire au-delà de laquelle il est obtenu un taux de

distorsion harmonique totale supérieure à la valeur seuil fixée lors de l'étape de détermination 120 du seuil de distorsion acceptable.

A titre d'exemple, pour le cas illustré sur les figures 5A et 5B, un niveau sonore de -12dB à 50Hz conduit à une valeur du taux T_{THD} de distorsion harmonique totale égal à la valeur seuil T à la même fréquence.

Au cours de l'étape de génération 130, au moins un filtre destiné à être appliqué au signal d'entrée $e(t)$ avant son passage dans le haut-parleur est déterminé. Le signal d'entrée considéré ici et au cours de l'étape suivante est appelée « signal audio », et peut être de manière générale n'importe quel type de signal sonore, en particulier de type musique provenant par exemple d'un CD-ROM ou d'une clé USB.

Dans un premier mode de mise en œuvre illustré sur la figure 6A, il est déterminé un filtre H_i pour chaque niveau de volume i de l'autoradio, ledit niveau de volume i évoluant par exemple sur une échelle allant de 0 à 30 inclus. Les filtres H_i générés permettent, pour un niveau de volume donné de l'autoradio, d'obtenir pour chaque fréquence une amplitude du signal audio inférieure à l'amplitude maximale A_{max} acceptable.

Dans la mesure où la distorsion est plus marquée aux basses fréquences, les filtres retenus permettent avantageusement d'atténuer les basses fréquences et sont par exemple du type passe-haut, low-shelf, peak ou issus d'une combinaison de ces trois types de filtres. Sur les figures 5A et 5B, les filtres H_i générés sont représentés par des traits interrompus et sont respectivement du type passe-haut d'ordre quatre et low-shelf de facteur de qualité 1,8.

Préférentiellement, plusieurs types de signaux d'entrée sont considérés pour générer ces filtres, par exemple des musiques de type classique, électro, rock, pop, hip/hop, jazz,... et, pour chaque type de musique et chaque niveau de volume de l'autoradio, le filtre permettant de ne pas dépasser l'amplitude maximale A_{max} est déterminé. Le filtre retenu en dernier lieu pour un niveau de volume donné est issu d'une combinaison des filtres déterminés pour chacun des types de musique, permettant, pour chaque fréquence et chaque type de musique, de ne pas dépasser l'amplitude maximale A_{max} en entrée de haut-parleur.

Dans ce premier mode de mise en œuvre, l'ensemble des filtres est donc généré avant utilisation de l'autoradio par un utilisateur.

Le signal audio est ensuite corrigé au cours de l'étape de correction 140 lorsque l'utilisateur utilise l'autoradio.

Il est appliqué au signal audio, en amont du haut-parleur, le filtre H_i correspondant au niveau de volume i réglé par l'utilisateur. Le signal filtré, ou
5 signal audio corrigé, est envoyé au haut-parleur.

Dans ce premier mode de mise en œuvre, le filtre est dit « statique » et ne varie pas tant qu'un utilisateur ne modifie pas le volume de l'autoradio.

Dans un second mode de mise en œuvre de l'invention illustré sur la figure 6B, une analyse spectrale du signal audio est réalisée en temps réel, au
10 cours de l'étape de génération 130, pendant l'utilisation de l'autoradio par l'utilisateur. Un filtre H est généré à partir du résultat de cette analyse. Le filtre est déterminé de telle sorte qu'il permet pour chaque fréquence d'obtenir en sortie du filtre une amplitude A du signal audio $e(t)$ inférieure à l'amplitude $A_{\max}$ maximale acceptable.

15 A titre d'exemple, en notant $T(f_1)$ le seuil de distorsion acceptable à une fréquence particulière f_1 , si l'amplitude $A(f_1)$ du signal d'entrée est égale à $T(f_1)+3\text{dB}$, la valeur du filtre $H(f_1)$ en f_1 doit être inférieure ou égale à -3dB .

Le signal audio est ensuite corrigé au cours de l'étape de correction 140. Le filtre H est appliqué au signal avant son entrée dans le haut-parleur. Le signal
20 filtré, ou signal audio corrigé, est envoyé au haut-parleur.

Dans ce mode de mise en œuvre, le filtre H peut ainsi être actualisé à intervalles temporels réguliers, par exemple toutes les vingt millisecondes. Le filtre est dit « dynamique » et évolue en temps réel pour s'adapter au signal.

Un avantage de ce mode de mise en œuvre est qu'il tient compte des
25 variations du spectre fréquentiel au cours du temps du signal audio envoyé vers le haut-parleur 1.

Un avantage du premier mode de mise en œuvre est qu'il demande moins de ressources que le second mode de mise œuvre et sa complexité est moindre dans la mesure où il suffit d'appliquer un filtre prédéterminé en fonction du niveau
30 de volume de l'autoradio.

Bien qu'il n'ait été considéré qu'un seul haut-parleur, l'invention peut aussi s'appliquer à un système de plusieurs haut-parleurs. Dans ce cas-là, il conviendra de considérer pour la génération et l'application des filtres, pour chaque

fréquence, le haut-parleur générant le plus de distorsion. L'amplitude maximale $A_{\max}$ acceptable dépend, à une fréquence donnée, du haut-parleur dimensionnant, c'est-à-dire celui générant le plus de distorsion à cette fréquence, le haut-parleur dimensionnant pouvant être différent d'une fréquence à une autre.

- 5 Egalement, l'invention peut être appliquée *mutatis mutandis* à un autre indicateur de distorsion non-linéaire, par exemple le taux $T_{\text{THD+N}}$ de distorsion résiduelle THD+N, ou encore le taux T_{IMD} de distorsion intermodulation IMD. Il est également possible de considérer ces indicateurs en parallèle et de fixer un seuil de distorsion pour chaque indicateur de distorsion non-linéaire. L'ensemble de
- 10 filtres doit être établi de manière à ne pas dépasser, pour chaque fréquence, le seuil de valeur minimale.

REVENDICATIONS

1. Procédé (100) de contrôle de la distorsion engendrée par un système d'au moins un haut-parleur (1) embarqué dans un véhicule (2) et destiné à recevoir un signal audio, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - une étape de mesure (110) d'au moins un indicateur de distorsion de l'au moins un haut-parleur, au cours de laquelle étape de mesure un signal d'excitation est envoyé au système de haut-parleurs (1), une réponse dudit système de haut-parleurs est captée au moyen d'au moins un microphone (M1, M2) disposé dans le véhicule (2), un balayage fréquentiel étant réalisé sur le
- 10 signal d'excitation pour connaître la réponse du système de haut-parleurs sur une plage de fréquences d'intérêt $[f_{\min}; f_{\max}]$ et déterminer l'au moins un indicateur de distorsion du système de haut-parleurs sur cette plage de fréquences d'intérêt, l'au moins un microphone (M1, M2) étant disposé dans le
- 15 véhicule de telle sorte que, pour chaque fréquence correspondant à un mode acoustique de la voiture, une position d'au moins un microphone permet d'éviter les nœuds dudit mode acoustique ;
- une étape de détermination (120) d'un seuil de distorsion acceptable pour chaque indicateur de distorsion, permettant de déterminer une amplitude maximale ($A_{\max}$) acceptable pour chaque fréquence f de la plage de
- 20 fréquences d'intérêt $[f_{\min}; f_{\max}]$ du signal audio en entrée du système de haut-parleur au-delà de laquelle amplitude maximale au moins un indicateur de distorsion dépasse le seuil de distorsion qui lui est associé ;
- une étape de génération (130) d'un ensemble d'au moins un filtre (H, H_i) destiné à être appliqué au signal audio, permettant d'obtenir, pour
- 25 chaque fréquence f de la plage de fréquences d'intérêt dudit signal audio, une amplitude du signal audio inférieure à l'amplitude maximale ($A_{\max}$) acceptable ;
- une étape de correction (140) du signal audio en entrée du système de haut-parleurs par application d'au moins un filtre (H, H_i) déterminé à l'étape de génération (130) au signal audio.

2. Procédé (100) selon la revendication 1 caractérisé en ce que la plage de fréquences d'intérêt comporte la plage de fréquences allant de 20 Hz à 60 Hz.

5 3. Procédé (100) selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que deux microphones (M1, M2) sont utilisés au cours de l'étape de mesure (110).

10 4. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que au cours de l'étape de détermination (120) du seuil de distorsion acceptable, ledit seuil est fixé par ajustement par un opérateur pour chaque indicateur de distorsion en tenant compte de la nature du signal audio destiné à être envoyé au système de haut-parleurs (1) lors de son
15 utilisation, et ou du rendu souhaité, et ou du degré de distorsion accepté.

5. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que un filtre (H_i) est déterminé au cours de l'étape de génération (130) pour chaque niveau de volume i d'un autoradio du véhicule.

20

6. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que une analyse spectrale du signal audio est réalisée au cours de l'étape de génération (130) afin de déterminer un filtre (H), ladite analyse spectrale étant réalisée à intervalles réguliers, et le filtre (H) étant adapté en
25 conséquence.

7. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les filtres sont du type passe-haut, low-shelf, peak, ou issus d'une combinaison quelconque de ces types de filtre.

30

8. Dispositif de contrôle de la distorsion engendrée par un système d'au moins un haut-parleur (1) embarqué dans un véhicule (2) et destiné à recevoir un signal audio, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour :

- réaliser une mesure d'au moins un indicateur de distorsion de l'au
- 5 moins un haut-parleur ;
- déterminer un seuil de distorsion acceptable pour chaque indicateur de distorsion ;
- déterminer une amplitude maximale (A_{max}) acceptable pour chaque fréquence f d'une plage de fréquences d'intérêt $[f_{min} ; f_{max}]$ du signal audio en
- 10 entrée du système de haut-parleur ;
- générer un ensemble d'au moins un filtre (H) ;
- corriger le signal audio en entrée du système de haut-parleurs par application d'au moins un filtre.

1/6

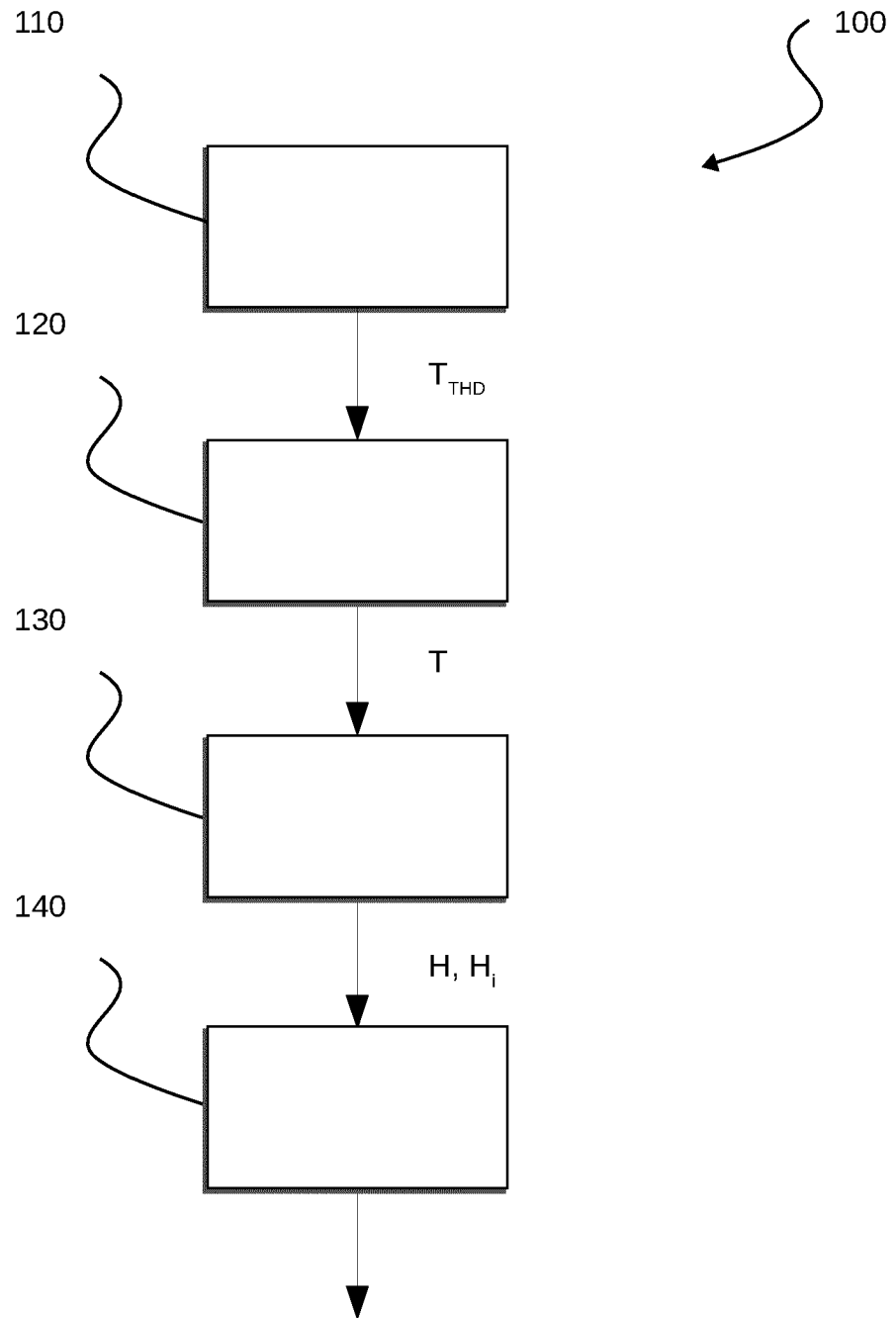


Figure 1

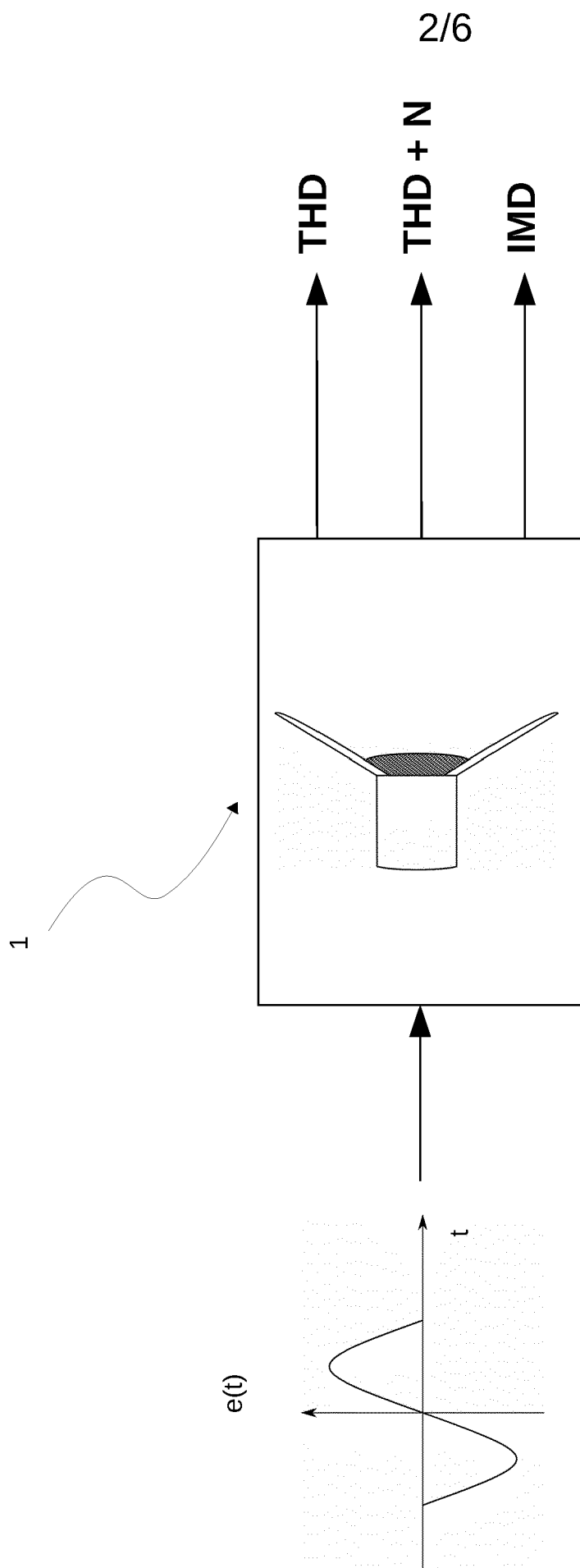


Figure 2

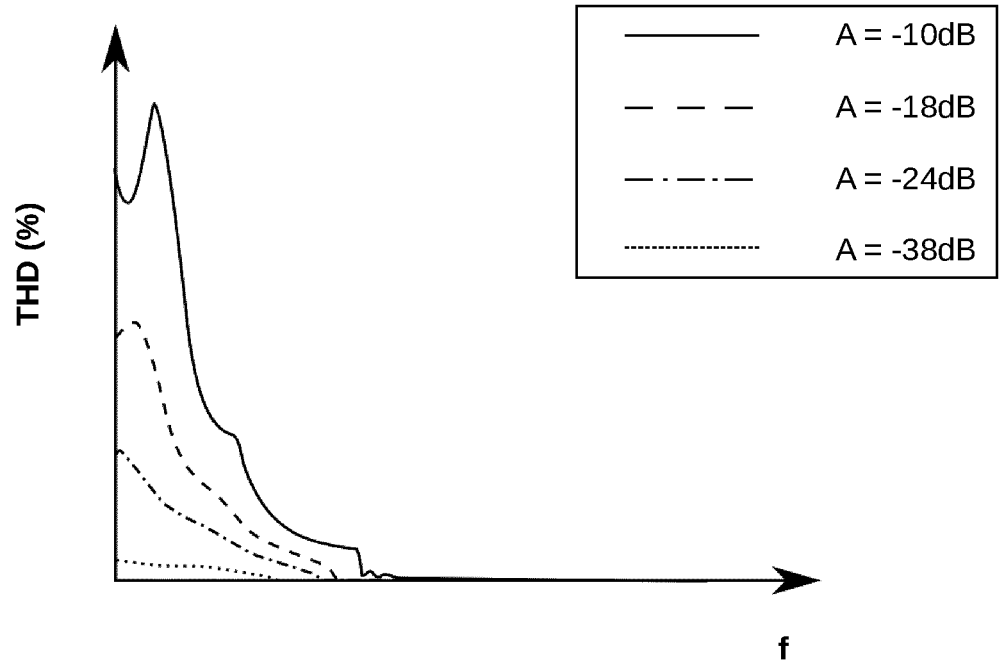


Figure 3

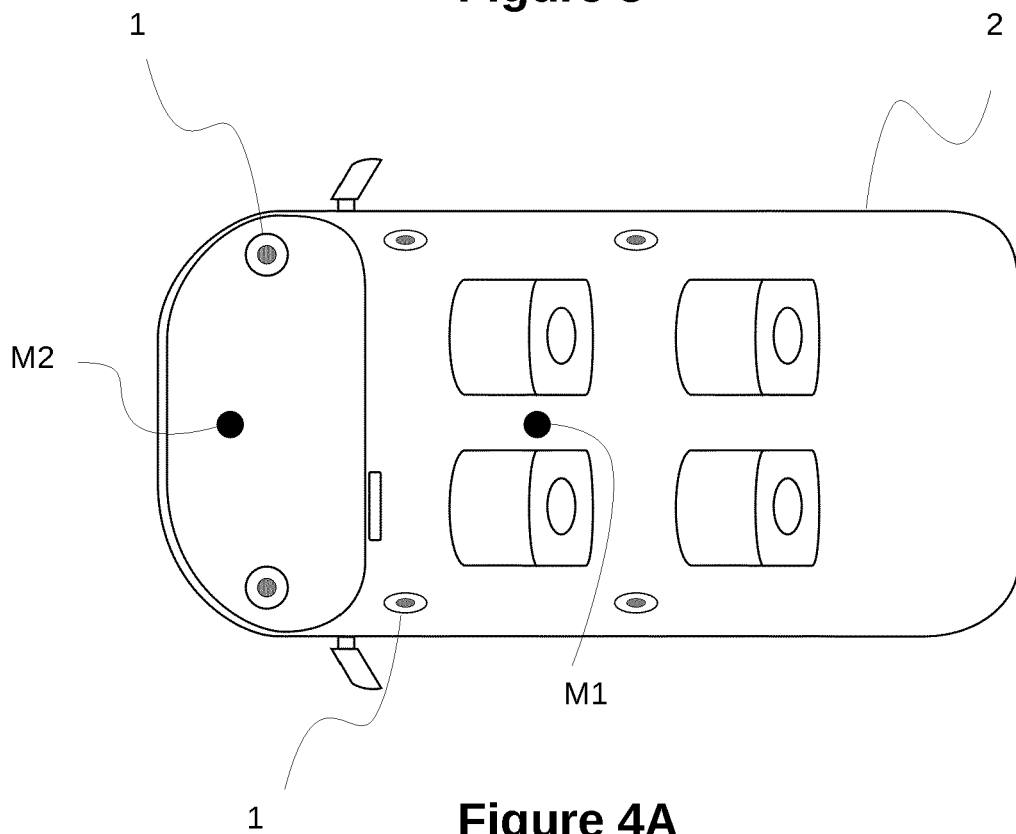


Figure 4A

4/6

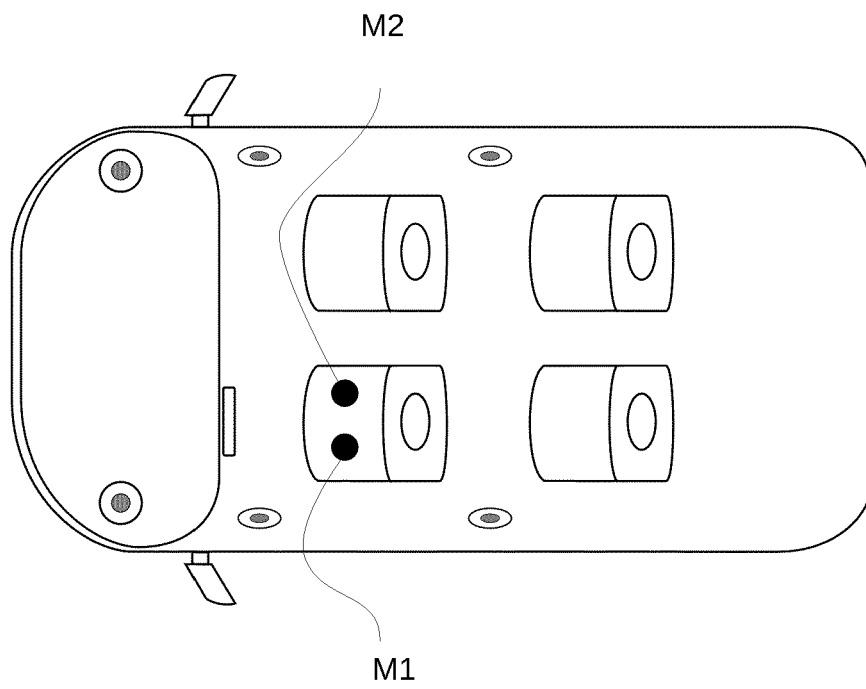


Figure 4B

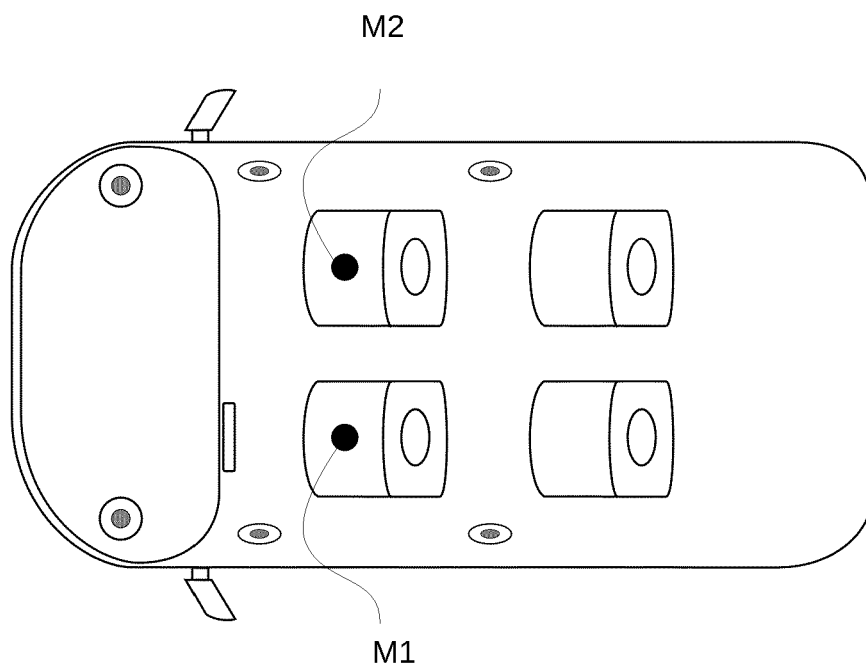


Figure 4C

5/6

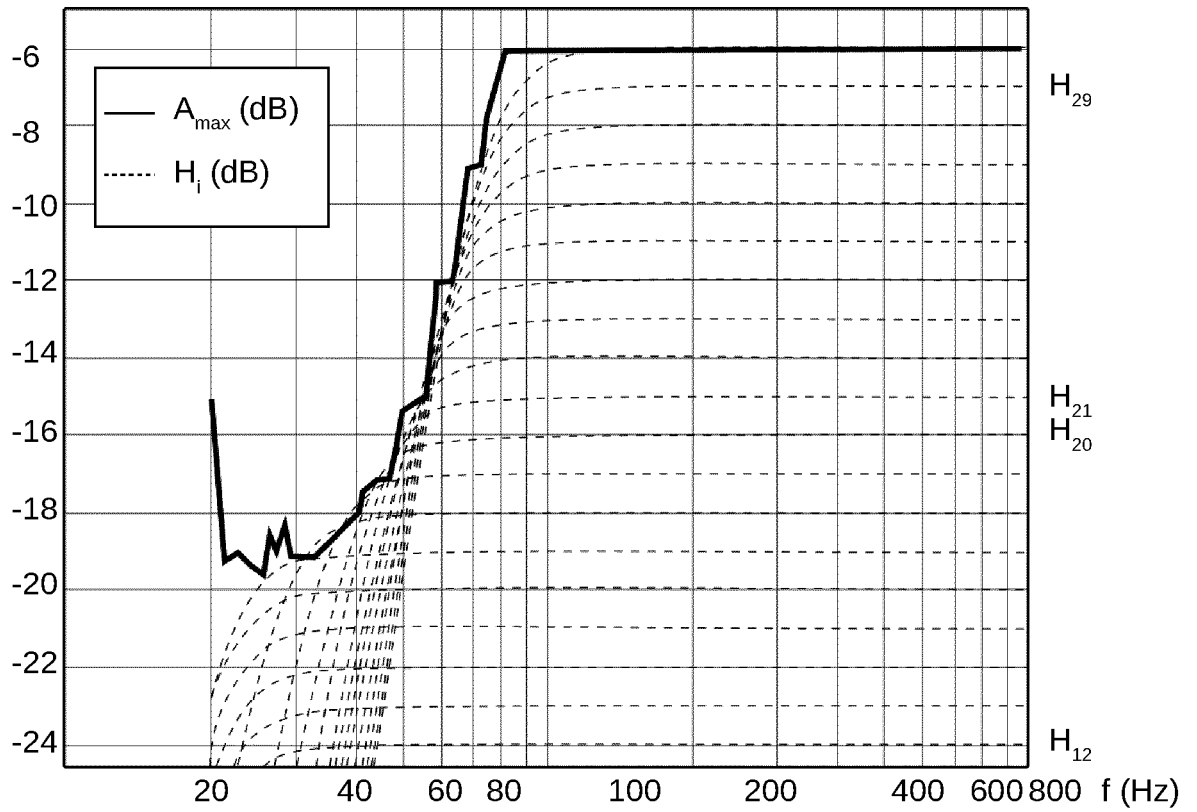


Figure 5A

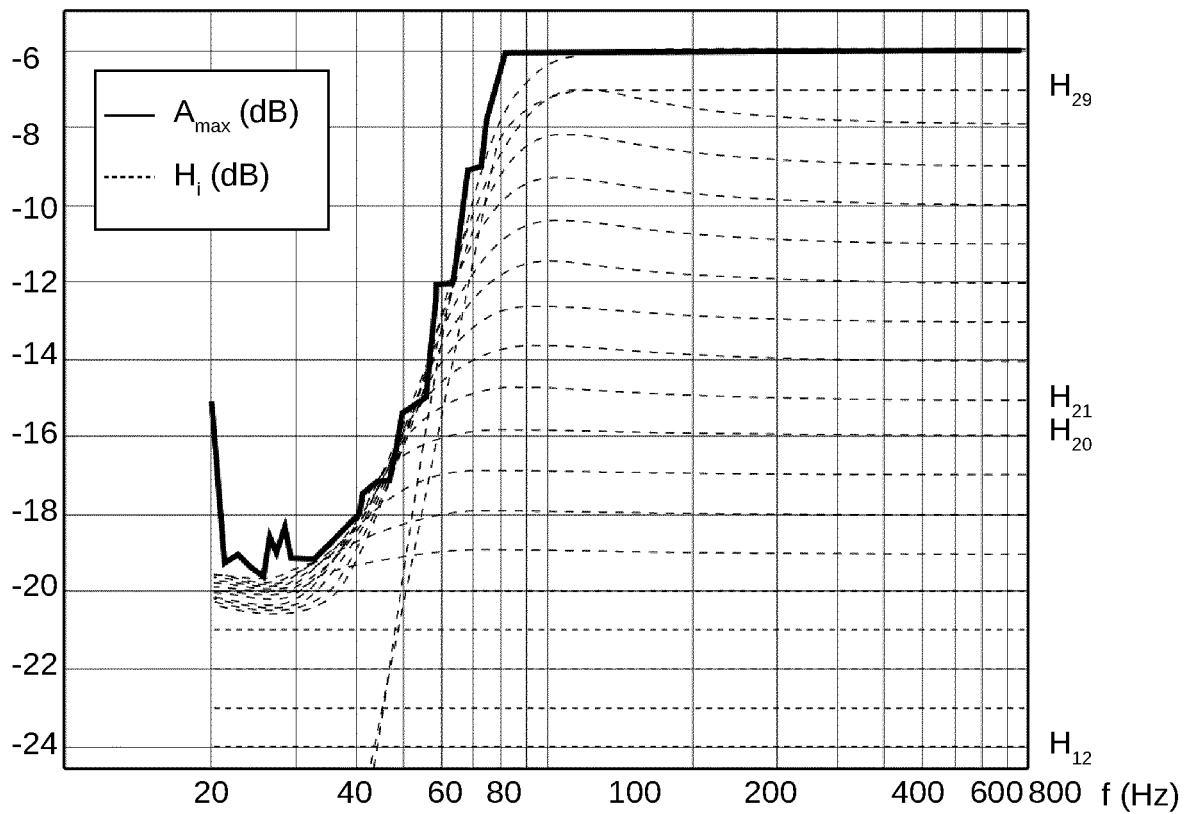
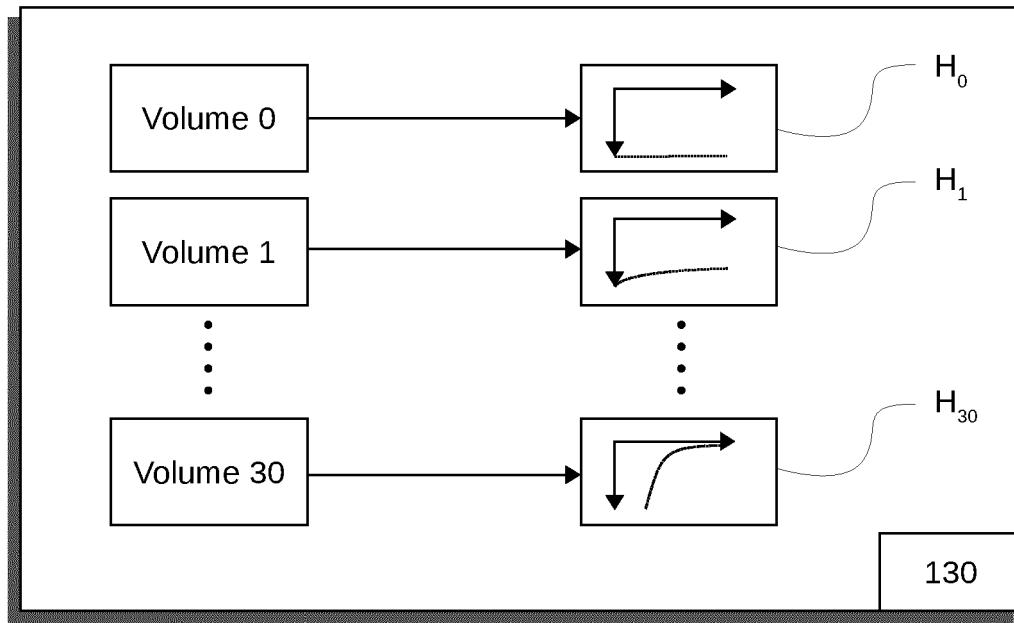
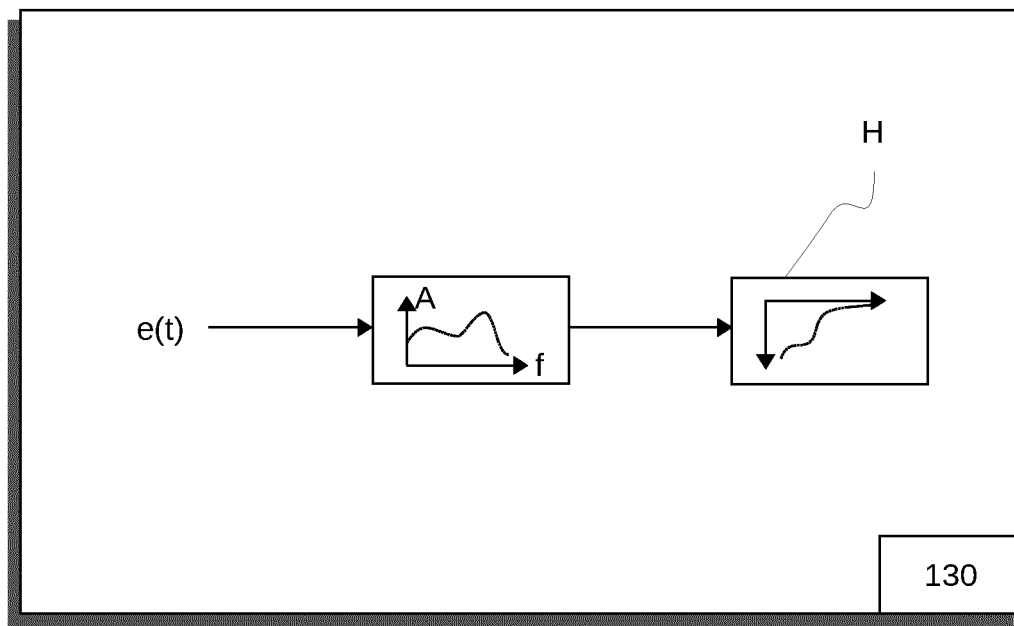


Figure 5B

**Figure 6A****Figure 6B**

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

WO 2010/135294 A1 (HARMAN INT IND [US]; MIHELICH RYAN J [US]; HOSHAW STEVEN E [US]) 25 novembre 2010 (2010-11-25)

US 2005/276425 A1 (FORRESTER CHRISTOPHER [CA] ET AL) 15 décembre 2005 (2005-12-15)

US 2014/321668 A1 (KIMURA MASARU [JP] ET AL) 30 octobre 2014 (2014-10-30)

US 2013/142360 A1 (POTARD GUILLAUME [AU]) 6 juin 2013 (2013-06-06)

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

NEANT

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

NEANT