



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
31.03.2004 Bulletin 2004/14

(51) Int Cl.7: **G10K 15/02**

(21) Numéro de dépôt: **03292384.9**

(22) Date de dépôt: **26.09.2003**

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

(72) Inventeur: **Clairon, Laurent**
44360 Vigneux de Bretagne (FR)

(74) Mandataire: **Catherine, Alain et al**
Cabinet Harlé & Phélip
7, rue de Madrid
75008 Paris (FR)

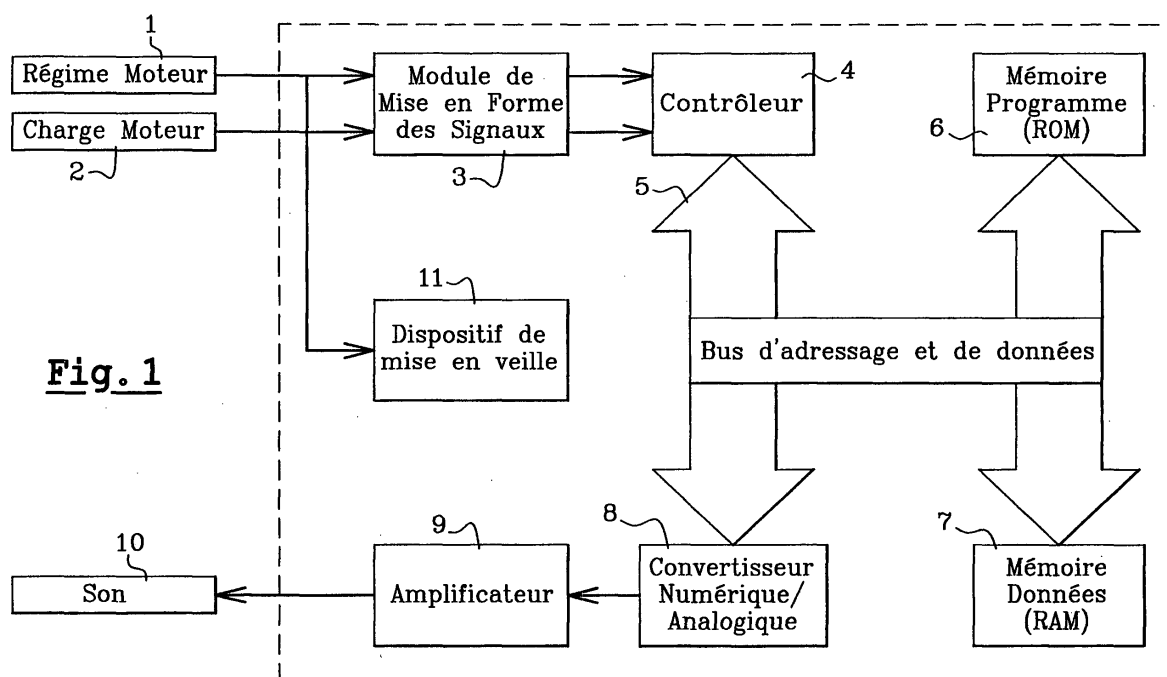
(30) Priorité: **26.09.2002 FR 0211939**

(71) Demandeur: **Virtuel 10**
44000 Nantes (FR)

(54) **Procédés d'élaboration et de restitution d'une sonothèque représentant des caractéristiques acoustiques de véhicule automobile, dispositif pour mise en oeuvre**

(57) L'invention se caractérise par un procédé d'élaboration d'une sonothèque de sons numérisés enregistrés avec une étape de transposition fréquentielle sur les sons enregistrés afin qu'ils aient tous la même fréquence fondamentale F_0 . Elle se caractérise également par un procédé de restitution dans lequel les sons sont sélectionnés en fonction du fonctionnement courant du moteur mesuré par un/des paramètres puis changement d'échelle de la mesure en valeur théorique du/des paramètres (les échelles de paramètres n'étant pas les

mêmes entre le véhicule de l'enregistrement et l'engin à moteur de restitution). Lors de la sélection, un calcul peut être effectué afin d'affiner la restitution (notamment combinaison pondérée et/ou interpolation). Enfin, les sons sélectionnés qui sont toujours à la fréquence fondamentale F_0 doivent être décalés fréquentiellement par une interpolation ou décimation en fonction d'une fréquence fondamentale de restitution F_r déterminé en fonction des mesures. Un dispositif de mise en oeuvre avec moyen de mise en veille est également considéré.



Description

[0001] L'invention concerne des procédés d'élaboration et de restitution d'une sonothèque représentant des caractéristiques acoustiques de véhicule automobile sous forme de séquences de sons. Elle a des applications dans le domaine de l'automobile et des loisirs par simulation des sons d'un moteur ou autres éléments d'une automobile. Un dispositif pour mise en oeuvre est également revendiqué.

[0002] L'essence de l'invention est de simuler à l'intérieur de l'habitacle d'un véhicule automobile le son d'un moteur et/ou d'autres organes dont notamment, les freins, l'échappement, d'un autre type de véhicule et de préférence d'un véhicule prestigieux ou original. Ainsi, le conducteur à bord de son véhicule aura l'impression de se trouver à l'intérieur d'une Ferrari® ou de tout autre type de véhicule pouvant l'intéresser. Afin de renforcer l'impression subjective, la simulation est effectuée en fonction de l'état de fonctionnement réel du moteur. Elle peut également être mise en oeuvre sur ou dans d'autres types de véhicules qu'une voiture et, par exemple, un camion, un bus, une motocyclette.

[0003] On connaît des dispositifs destinés à la simulation de sons de moteurs dans un habitacle de voiture. En particulier le brevet US 6.356.185 divulgue un dispositif numérique à filtre programmable en fonction de la charge du moteur. On connaît également par la demande WO 01/33543 des procédés et dispositifs pour élaboration et utilisation d'une sonothèque dans le but de générer des sons en fonction des conditions d'utilisation du moteur, une synthèse sonore y est mise en oeuvre.

[0004] La présente invention propose une alternative à ces dispositifs connus dans laquelle on utilise des sons qui sont traités avant d'être enregistrés dans le dispositif. Ces sons sont choisis en fonction des conditions de fonctionnement du moteur, notamment la fréquence de rotation, celle-ci permettant également l'activation ou la mise en veille du dispositif.

[0005] De plus, dans l'invention, un traitement particulier du son à l'enregistrement permet de réduire la quantité de données à stocker en mémoire contrairement aux dispositifs dans lesquels les sons sont enregistrés bruts ou avec un simple filtrage. Avec la même quantité de mémoire on peut disposer de plus de possibilités de simulation. Ce traitement nécessite des calculs à la restitution. Toutefois ces calculs sont simplifiés et réduits par rapport aux procédés mettant en oeuvre une synthèse.

[0006] L'invention concerne donc un procédé d'élaboration d'une sonothèque représentant les caractéristiques acoustiques de séquences de sons enregistrés d'au moins un véhicule de référence à moteur, chaque séquence correspondant à des conditions de fonctionnement du véhicule de référence, les conditions de fonctionnement étant définies par au moins un paramètre de fonctionnement, les sons enregistrés étant destinés à être restitués ultérieurement sur un engin à moteur par sélection en fonction des conditions de fonctionnement de l'engin à moteur sur lequel à lieu la restitution, au moins un des paramètres étant la fréquence de rotation du moteur.

[0007] Selon l'invention de procédé, lors de l'élaboration de la sonothèque :

- on enregistre sous forme de données numériques par numérisation à une fréquence d'échantillonnage F_e des séquences de sons correspondant à des paramètres de fonctionnement, lesdits paramètres de fonctionnement étant enregistrés parallèlement,
- on effectue une analyse fréquentielle de chacune desdites séquences afin de déterminer la fréquence fondamentale de chacune des séquences,
- on détermine une fréquence de référence F_0 à partir des fréquences fondamentales des séquences,
- on effectue une transposition fréquentielle sur chacune des séquences enregistrées afin qu'elles aient toutes la même fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence de référence F_0 afin de former la sonothèque.

[0008] Dans divers modes de mises en oeuvre de l'invention de procédé d'élaboration d'une sonothèque, les moyens suivants utilisés seuls ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles sont employés :

- avant enregistrement ou après enregistrement, on fait passer les sons à travers un filtre passe bande,
- le filtre passe bande est destiné, d'une part, à éliminer les composantes fréquentielles trop élevées par rapport à la fréquence d'échantillonnage pour numérisation, la fréquence de coupure de la partie passe bas correspondant sensiblement à la moitié ou moins de la fréquence d'échantillonnage, d'autre part, par la partie passe haut à éliminer les composantes fréquentielles trop basses ne pouvant être restituées par un moyen d'amplification et de restitution acoustique,
- l'état de fonctionnement est évalué par un ou plusieurs des paramètres suivants :
 - démarreur enclenché ou non,
 - la position C de la pédale d'accélération,
 - la fréquence de rotation R du moteur,
 - la dépression à l'admission,

- la vitesse enclenchée de la boîte de vitesse,
 - la position de la pédale de frein,
 - l'accélération ou la décélération avant/arrière mesurée par un capteur,
 - la rotation du volant,
 - l'accélération ou la décélération latérale mesurée par un capteur,
- 5
- les sons sont choisis parmi les types sources suivants :
- les sons du véhicule de référence en général,
 - les sons du moteur du véhicule de référence,
 - les sons de la transmission du véhicule de référence,
 - les sons de freinage du véhicule de référence,
 - les sons de roulement, notamment crissement des pneus, du véhicule, de référence
 - les sons d'échappement du véhicule de référence, un paramètre de type de son étant en outre enregistré,
- 10
- les sons de types sources différents ont une même fréquence de référence F_0 commune,
 - on enregistre des sons provenant de plusieurs types de véhicules de référence, un paramètre de type de véhicule étant en outre enregistré,
 - l'analyse fréquentielle est réalisée sur une courbe fréquentielle obtenue par une transformée de Fourier rapide (FFT) des sons numérisés enregistrés, la fréquence fondamentale correspondant au sommet principal de ladite courbe,
 - en outre, on découpe chaque séquence en blocs, chaque bloc comportant N_e échantillons et étant d'une durée T_e réduite par rapport à la durée totale de la séquence correspondante, $T_e = N_e / F_e$, et on effectue l'analyse fréquentielle et la transposition sur chaque bloc de façon à ce que le procédé corresponde aux étapes suivantes :
- 15
- on enregistre sous forme de données numériques à une fréquence d'échantillonnage F_e les séquences de sons correspondant à des paramètres de fonctionnement, lesdits paramètres de fonctionnement étant enregistrés parallèlement,
 - on découpe chaque séquence en n blocs séquentiels, chaque bloc comportant N_e échantillons pour une durée $T_e = N_e / F_e$,
 - on effectue une analyse fréquentielle de chacun desdits blocs afin de déterminer la fréquence fondamentale de chacun des blocs,
 - on détermine une fréquence de référence F_0 à partir des fréquences fondamentales des blocs,
 - on effectue une transposition fréquentielle sur chacun des blocs enregistrés afin qu'ils aient tous la même fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence de référence F_0 ,
- 20
- le nombre n de blocs pour une séquence est supérieur ou égal à 1 et préférentiellement compris entre 1 et 5,
 - la fréquence de référence F_0 des blocs est commune aux blocs d'une séquence donnée, différentes séquences pouvant avoir pour leurs blocs respectifs des fréquences de référence F_0 différentes,
 - de préférence, la fréquence de référence F_0 des blocs est commune à tous les blocs de toutes les séquences, différentes séquences ayant pour leurs blocs respectifs des fréquences de référence F_0 identiques,
 - la fréquence de référence F_0 est calculée par une moyenne des fréquences fondamentales de chacune des séquences ou blocs respectivement,
 - la fréquence de référence F_0 est calculée par prise du minimum des fréquences fondamentales de chacune des séquences ou blocs respectivement,
 - la fréquence de référence F_0 est calculée par prise du maximum des fréquences fondamentales de chacune des séquences ou blocs respectivement,
 - la fréquence d'échantillonnage est supérieure ou égale à 32KHz et de préférence égale à 44,1KHz,
 - on utilise une résolution de numérisation d'au moins 14bits et de préférence 16bits,
 - on stocke la sonothèque dans une mémoire électronique du type circuit intégré.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50

[0009] On comprend que l'enregistrement en parallèle des paramètres correspondants aux conditions de fonctionnement est destiné à permettre ultérieurement la sélection des sons en fonction des conditions de fonctionnement du moteur sur lequel a lieu la restitution. Si cet enregistrement des paramètres peut être continu, de préférence, pour la restitution on associe à chaque séquence ou bloc un nombre minimal de valeurs de paramètre, notamment dans le cas de blocs, on ne stocke qu'une valeur de paramètre pour chaque paramètre du bloc définissant les conditions de fonctionnement, ceci afin de réduire la quantité d'information associée à chaque séquence ou bloc de sons. Par exemple, en mémoire, dans un premier ensemble de données stockées, le répertoire, on dispose pour chaque séquence

55

ou bloc, des valeurs des paramètres et des adresses (adresse physique ou symbolique : nom de fichier par exemple) de début et de fin de la séquence ou bloc (on peut aussi disposer de l'adresse de début et de la taille), les autres ensembles de données stockées, les fichiers sons, correspondant à des séquences ou blocs de sons. Ainsi, pour la restitution, le dispositif détermine la condition courante de fonctionnement, recherche dans le répertoire une correspondance qui lui permettra de déterminer l'adresse des données de sons. En outre, des données concernant les transpositions de fréquence et de changement d'échelle des paramètres sont stockées afin que le dispositif de restitution puisse calculer correctement les conditions de restitution.

[0010] les séquences de sons peuvent correspondre à des conditions de fonctionnement évolutives du véhicule de référence, par exemple un appui progressif sur la pédale d'accélération afin que le régime moteur monte au cours de la séquence. Dans un tel cas, le découpage en bloc est destiné à former des blocs qui, chacun en eux-même, correspondent à des conditions relativement stables des paramètres, par exemple 1^{er} bloc à 1000tours/mn, 2^{ème} bloc à 1100tours/mn, 3^{ème} à 1200tours/mn, etc. On pourra être amené à ne garder que certains blocs en fonction du pas de définition que l'on souhaite. Les séquences peuvent également correspondre à des conditions de fonctionnement stable. Dans tous les cas un bloc doit correspondre à des conditions de fonctionnement sensiblement stable.

[0011] Le choix de la fréquence de référence F_0 permet d'optimiser le procédé selon notamment des objectifs de qualité de la reproduction.

[0012] L'invention concerne également un procédé de restitution de sons enregistrés d'une sonothèque selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes prise isolément ou en combinaison, par sélection de sons numérisés enregistrés dont la fréquence fondamentale est sensiblement égale à la fréquence de référence F_0 , en fonction de conditions de fonctionnement d'un engin à moteur sur lequel a lieu la restitution, les conditions de fonctionnement étant définies par des paramètres de fonctionnement et au moins un des paramètres étant la fréquence de rotation dudit moteur.

[0013] Selon le procédé de restitution, on détermine l'état de fonctionnement de l'engin à moteur par mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement courant et en ce que pour chaque paramètre de fonctionnement considéré :

- on détermine une valeur théorique du paramètre de fonctionnement courant pour le véhicule de référence à partir de la mesure du paramètre de fonctionnement courant,
- on sélectionne les sons numérisés enregistrés dont le paramètre correspond à la valeur théorique,
- on calcule la fréquence fondamentale de restitution F_r des sons en fonction du paramètre de fonctionnement courant,
- on effectue un décalage fréquentiel des sons numérisés enregistrés sélectionnés afin qu'ils aient une fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence fondamentale de restitution F_r , ledit décalage étant une interpolation ou décimation en fonction des valeurs respectives de la fréquence fondamentale de restitution F_r et de la fréquence de référence F_0 ,

et en ce que :

- on envoie l'ensemble des sons sélectionnés et décalés dans un moyen de conversion numérique analogique, d'amplification et de restitution acoustique.

[0014] Dans divers modes de mises en oeuvre de l'invention de procédé d'élaboration d'une sonothèque, les moyens suivants utilisés seuls ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles sont employés :

- on effectue un calcul de pondération sur les sons devant être restitués, la pondération dépendant des mesures des paramètres courants,
- la sélection des sons numérisés enregistrés comporte en outre une étape de calcul consistant à effectuer une combinaison pondérée de sons au cours de laquelle on associe des sons dont les paramètres sont voisins de la valeur théorique, (en pratique numériquement égaux ou proches)
- on calcule les coefficients de pondération,
- l'étape de calcul consiste à effectuer une combinaison pondérée de sons au cours de laquelle on associe des sons dont le paramètre est le plus proche inférieur ou égal à la valeur théorique avec des sons dont le paramètre est le plus proche supérieur ou égal à la valeur théorique,
- l'étape de calcul consiste à effectuer une interpolation pour la valeur théorique du paramètre à partir des sons enregistrés,
- on combine des sons de plusieurs types sources différents pour restitution,
- on utilise une sonothèque avec des sons numérisés enregistrés sous forme de séquences, les sons étant restitués par séquence, (ou bouclage de séquences)
- on utilise une sonothèque avec des sons numérisés enregistrés sous forme de séquences découpées en blocs,

et pour chaque période de temps T_e :

- on détermine l'état de fonctionnement de l'engin à moteur par mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement courant et en ce que pour chaque paramètre de fonctionnement considéré :
- on détermine une valeur théorique du paramètre de fonctionnement courant pour le véhicule de référence à partir de la mesure du paramètre de fonctionnement courant,
- on sélectionne et calcule une combinaison pondérée de n blocs dont les paramètres sont voisins de la valeur théorique par calcul d'un jeu de n coefficients de pondération associés aux n blocs sélectionnés puis pondération de chacun des n blocs par son coefficient de pondération obtenu et sommation des blocs pondérés,
- on calcule la fréquence fondamentale de restitution F_r en fonction du paramètre de fonctionnement courant,
- on effectue un décalage fréquentiel de la combinaison pondérée afin qu'elle ait une fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence fondamentale de restitution F_r , ledit décalage étant une interpolation ou décimation en fonction des valeurs respectives de la fréquence fondamentale de restitution F_r et de la fréquence de référence F_0 ,

et en ce que :

- on envoie la combinaison décalée dans un moyen de conversion numérique analogique, d'amplification et de restitution acoustique,
- la fréquence d'échantillonnage est supérieure ou égale à 32KHz et de préférence égale à 44,1 KHz,
- on utilise une résolution de numérisation d'au moins 14bits et de préférence 16bits,
- on stocke la sonothèque dans une mémoire électronique du type circuit intégré,
- on amplifie les sons restitués et le moyen restitution acoustique des sons est l'équipement en haut-parleurs de l'engin à moteur dans lequel a lieu la restitution,
- en outre par un moyen de mise en veille; on mesure la fréquence de rotation du moteur et lorsque ladite fréquence devient inférieure à un seuil prédéterminé, on coupe l'alimentation électrique des moyens destinés à la restitution, et lorsque la fréquence repasse au-dessus dudit seuil, on rétablit l'alimentation électrique,
- lorsque la durée de la restitution est supérieure à la durée des sons sélectionnés, on boucle ladite restitution en recommençant la restitution au début des sons sélectionnés. (on boucle donc une séquence ou un ou des blocs, avant ou après transposition, notamment selon la disponibilité en mémoire de stockage des sons sélectionnés transposés)

[0015] La sonothèque et la restitution peut donc être plus ou moins étendue. Dans une version minimale, la sonothèque ne comprend que des sons provenant d'une seule source et d'un seul type de véhicule, dans ce cas les paramètres destinés à permettre la sélection des sons peuvent ne pas comprendre de paramètre de type source et/ou de types de véhicules, seuls les paramètres de fonctionnement, par exemple régime (fréquence de rotation) moteur, étant alors utilisés. Dans des versions plus évoluées, plusieurs sons de types sources différents peuvent être enregistrés dans une sonothèque avec leurs paramètres types sources correspondants et la restitution peut combiner des séquences/blocs de plusieurs types sources. On comprend que dans ce cas, il est préférable que la fréquence de référence F_0 soit la même pour toutes les séquences/blocs de tous les types sources afin de simplifier la restitution. Dans la version la plus évoluée dans laquelle la sonothèque comprend des sons provenant de plusieurs types de véhicules, on comprend que la restitution ne concernera qu'un type de véhicule particulier, les séquences/blocs étant sélectionnés en fonction du paramètre type de véhicule correspondant.

[0016] La présente invention concerne enfin un dispositif pour la mise en oeuvre des procédés précédents et notamment pour la restitution à partir de la sonothèque de sons numérisés enregistrés et transposés à une fréquence de référence F_0 . Le dispositif comporte au moins un moyen informatique du type microprocesseur, microcontrôleur ou processeur de traitement de signaux numériques (DSP), de la mémoire programme pour exécution selon le procédé de restitution, de la mémoire de sons comprenant la sonothèque, des moyens d'interpolation/ décimation, lesdits moyens d'interpolation/décimation étant de préférence logiciels et au moins un convertisseur numérique analogique (CNA).

[0017] Dans divers modes de mises en oeuvre de l'invention du dispositif, les moyens suivants utilisés seuls ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles sont employés :

- le dispositif comporte en outre un moyen de mise en veille dont le fonctionnement est lié à la fréquence de rotation du moteur,
- la mise en veille correspond à une interruption de l'alimentation du dispositif de restitution, le moyen de mise en veille continuant à être alimenté,

- le moyen d'interruption est un relais électromagnétique commandé par le moyen de mise en veille, la position de repos, décollé, correspondant à l'interruption,
- la restitution est effectuée en stéréophonie, l'enregistrement étant lui-même stéréophonique, deux CAN étant employés.

5

[0018] Ainsi l'invention se caractérise lors de l'élaboration de la sonothèque par une étape de transposition fréquentielle sur les sons enregistrés afin qu'ils aient tous la même fréquence fondamentale F_0 . Lors de la restitution les sons sont sélectionnés en fonction du fonctionnement courant du moteur mesuré par un/des paramètres puis changement d'échelle de la mesure en valeur théorique du/des paramètres (les échelles de paramètres n'étant pas les mêmes entre le véhicule de l'enregistrement et l'engin à moteur de restitution). Lors de la sélection, un calcul peut être effectué afin d'affiner la restitution (notamment combinaison pondérée ou interpolation). Enfin, les sons sélectionnés qui sont toujours à la fréquence fondamentale F_0 doivent être décalés fréquemment par une interpolation ou décimation en fonction d'une fréquence fondamentale de restitution F_r déterminé en fonction des mesures (ou, plutôt, de la valeur théorique du/des paramètres qui en est tirée).

10

[0019] La présente invention sera mieux comprise à la lecture qui suit d'un exemple de réalisation non limitatif où :

15

La Figure 1 correspond à schéma bloc d'un dispositif pour la restitution d'une sonothèque,
La Figure 2, un schéma électronique d'un moyen de mise en veille d'un dispositif de restitution,
La Figure 3 représente un schéma fonctionnel de mise en oeuvre de l'invention.

20

[0020] Sur la Figure 1, qui représente schématiquement un dispositif utilisable pour simuler le son d'un moteur dans un véhicule automobile à partir d'une sonothèque, on trouve un contrôleur 4, qui peut être un microcontrôleur, un microprocesseur ou un processeur de signaux numériques (DSP), relié par des bus d'adressage et de données à des mémoires. Une mémoire morte 6 pour stockage du programme de fonctionnement. La mémoire morte contient aussi la sonothèque (échantillons numériques et paramètres) et d'éventuelles données de paramétrage destinées à établir une relation entre les paramètres à l'enregistrement et les paramètres courants, par exemple l'étendue fréquence (régime) moteur pouvant être différent entre la voiture d'enregistrement et celle de restitution. Le contrôleur 4 est également associé à de la mémoire vive 7 et à un convertisseur numérique-analogique 8 (CNA) mono ou stéréo (voire plus) selon le cas. Un amplificateur 9 est prévu en sortie du CNA. Un moyen de réglage du niveau sonore pouvant être réalisé par logiciel par des opérations de décalage logique des données numériques, on n'a pas représenté de moyen de réglage classique type potentiomètre

25

30

[0021] Sur la Figure deux paramètres d'évaluation de l'état de fonctionnement du moteur, le régime et la charge, sont considérés. La charge C du moteur 2 est évaluée par la position de l'accélérateur. Le régime R moteur 1 (fréquence de rotation) est évalué par la vitesse de rotation du moteur (capteur spécifique). Les signaux 1 et 2 correspondants sont envoyés au contrôleur 4 par l'intermédiaire d'un module 3 de mise en forme des signaux. Le module 3 de mise en forme des signaux transforme le signal analogique du régime moteur R en un signal logique filtré dont la fréquence traduit l'état du moteur. Le régime R moteur 1 et la charge C moteur 2 sont évalués régulièrement au cours du temps et déterminent la sélection des sons de la sonothèque. Dans le cas de sons en séquences découpées en blocs, dans une version simplifiée, un bloc parmi l'ensemble des blocs stockés dans la mémoire morte, est sélectionné. Dans une version plus évoluée, une combinaison pondérée de blocs est réalisée pour la restitution. En effet, la sonothèque est physiquement limitée et toutes les conditions de fonctionnement du véhicule de référence n'ont pu être enregistrés. Il est donc nécessaire d'utiliser des sons correspondants à des paramètres voisins de la valeur théorique qu'il faut restituer pour produire des sons correspondant au fonctionnement courant. Par exemple, pour un paramètre qui est la fréquence de rotation moteur, le véhicule de référence va de 800tours/mn à 9000tours/mn, le moteur de l'engin à moteur sur lequel a lieu la restitution va de 500 tours/mn à 4000tours/mn et il faut donc, à partir d'une mesure courante par exemple égale à 3000tours/mn, déterminer une valeur théorique correspondant à celle du véhicule de référence. Pour cela on effectue une conversion qui donne une valeur théorique à environ 6658tours/mn. La sonothèque comporte par exemple des séquences/blocs à ... 5000, 5500, 6000, 6500, 7000 ... tours/mn. On effectue alors une combinaison pondérée des séquences/blocs à 6500 et 7000tours/mn. Dans le mode le plus évolué, on effectue une interpolation à partir des sons disponibles. Après cette étape, les sons sont toujours à la une fréquence de référence F_0 et il est nécessaire d'effectuer un décalage en fréquence pour correspondre au mode de fonctionnement courant. Après ces calculs, les données sont envoyées au convertisseur numérique-analogique 8, les signaux analogiques ainsi reconstitués étant amplifiés et filtrés par l'amplificateur 9 qui comporte un filtre et envoyés à un moyen de restitution acoustique 10 du type haut-parleur. Suivant le niveau de qualité requis, la puissance de calcul disponible et/ou la capacité de mémoire, la résolution des convertisseurs peut être choisie entre 8 et 24 bits. On utilise de préférence 16 bits. La fréquence d'acquisition est de préférence de 44100Hz. Cependant il est envisagé que la fréquence d'acquisition et de restitution soit inférieure et, par exemple, jusqu'à 8 000Hz en fonction également du niveau de qualité requis, de la puissance de calcul et/ou la capacité de mémoire. De même il est envisagé un dispositif stéréophonique ou non.

35

40

45

50

55

[0022] Un dispositif de mise en veille dépendant du régime moteur R permet la mise hors tension du dispositif de restitution lorsque le moteur du véhicule dans lequel est installé le dispositif est arrêté. Lorsque le régime moteur R est nul, le dispositif de restitution est hors tension afin que la consommation électrique du système mis en oeuvre soit quasiment nulle c'est à dire réduite à la consommation dudit dispositif de veille. Un schéma électronique parfaitement explicite à lui seul est donné sur la Figure 2 avec un circuit intégré CMOS à faible consommation du type bascule mono stable dont une entrée est reliée à un amplificateur écrêteur recevant un signal filtré (R1C1) correspondant à la fréquence de rotation du moteur. A chaque impulsion de ce signal la bascule est remise à zéro. En l'absence de remise à zéro, au bout d'un temps défini par les composants R6C3, un basculement se produit et le relais K1 est commuté, ce qui coupe l'alimentation du dispositif de restitution.

[0023] Dans d'autres formes de mise en oeuvre de l'invention, l'amplificateur 9 peut être omis, la sortie du convertisseur numérique-analogique étant reliée à un dispositif sonore existant du véhicule automobile et par exemple à un autoradio. Dans une autre forme moins évoluée de l'invention, la mesure de la charge C du moteur 2 peut être omise, seul le régime R moteur 1 étant mesuré ou inversement.

[0024] La Figure 3 représente un schéma fonctionnel général du procédé de l'invention qui, pour des raisons de simplification, ne considère qu'une seule source sonore dépendant d'un seul paramètre, le régime moteur R. On comprend que le procédé qui y est représenté peut être étendu à un nombre quelconque de types de sources et de paramètres. Sur cette même Figure, R est le régime moteur, S la source sonore, $B_1...B_n$ sont n blocs sonores (sons numérisés et transposés à la fréquence de référence F_0), $E_1...E_n$ sont les n échantillons sonores correspondants aux blocs et $C_1...C_n$ sont n coefficients de pondération. La table de paramétrage 11 correspond à l'ensemble des coefficients de pondération des blocs des séquences. Pour chaque état de fonctionnement du moteur, un jeu de n coefficients de pondération des n blocs est calculé. Ainsi dans le cas où le fonctionnement du moteur est mesuré par le régime du moteur, les valeurs des coefficients de pondération seront référencées en fonction des valeurs correspondantes de R. Les valeurs de ces coefficients C_i ($i = 1$ à n) de pondération sélectionnées dans la table de paramétrage 11 en fonction de R sont envoyées dans un module 12 de synthèse additive ou ils sont associés aux échantillons E_i ($i = 1$ à n) des blocs sonores correspondants pour pondération et l'ensemble des blocs pondérés est additionné, permettant d'obtenir dans le domaine temporel une évolution temporelle de fréquence fondamentale F_0 . Ainsi, dans ce mode de réalisation de la Figure 3, à partir de n blocs sélectionnés de durée unitaire T_e , on obtient par pondération et addition l'équivalent d'un seul bloc de durée T_e .

[0025] Un décalage (transposition) fréquentiel est alors opéré, calculé d'après l'état de fonctionnement du moteur. Si l'état de fonctionnement du moteur nécessite une restitution sonore d'une fréquence fondamentale supérieure à F_0 , la séquence sonore précédemment obtenue est décimée, dans le cas inverse, elle est interpolée.

[0026] On va maintenant décrire la méthode de calcul des coefficients de pondération. Pour chacun des blocs de la sonothèque sont déterminés une fréquence de restitution limite inférieure (transposition fréquentielle minimale), une fréquence de restitution limite supérieure (transposition fréquentielle maximale) ainsi que, entre ces deux limites, une plage (ou une valeur) de fréquences de restitution à coefficient maximal ($C_i=100\%$). Dans le cas où la fréquence de restitution calculée en fonction des conditions de fonctionnement de l'engin à moteur est inférieure à la limite inférieure ou est supérieure à la limite supérieure, le coefficient calculé est nul ($C_i=0$) et entre ces deux limites, en dehors de la plage à coefficient maximal ($C_i=100\%$), le coefficient est calculé par extrapolation linéaire. Ainsi dans le cas d'un exemple à trois blocs, on considère le tableau suivant dans lequel chaque case du tableau comporte une (ou une gamme de) fréquence et son coefficient associé en pourcentage (sauf dans le cas où une autre case permet de déduire la valeur comme pour bloc 1 x fréquence min où l'on déduit 100% pour toute fréquence inférieure à 1000Hz).

	fréquence min	plage de fréquence	fréquence max
bloc 1	-	inférieur à 1000Hz/100%	2000Hz/0%
bloc 3	1000Hz/0%	2000Hz/100%	3000Hz/0%
bloc 3	2000Hz/0%	supérieur à 3000Hz/100%	-

[0027] Pour une fréquence de restitution ayant une valeur calculée à 1600 Hz, on a:

$$\text{bloc 1 : } C_i = (2000 - 1600) / (2000 - 1000) = 40 \%$$

$$\text{bloc 2 : } C_i = (1600 - 1000) / (2000 - 1000) = 60 \%$$

bloc 3 : Ci (fréquence inférieure à 2000 Hz) = 0 %

[0028] Pour une fréquence de restitution calculée à 4000 Hz, on a:

bloc 1 : Ci (fréquence supérieure à 2000 Hz) = 0 %

bloc 2 : Ci (fréquence supérieure à 2000 Hz) = 0 %

bloc 3 : Ci (fréquence supérieure à 3000Hz) = 100 %

[0029] Selon les blocs disponibles et/ou sélectionnés, on peut avoir des combinaisons de blocs plus complexes que dans cet exemple.

[0030] Dans le domaine temporel l'échantillonnage est fait d'une manière compatible avec celui utilisé pour la création de la table de paramétrage soit identique : on utilise la même fréquence d'échantillonnage F_e lors de la création et lors de la restitution/simulation.

[0031] Lors de la mise en oeuvre des procédés de l'invention, la restitution s'effectue de préférence par utilisation de zone de mémoire de stockage temporaire (tampon ou "buffer") du type premier entré, premier sorti et/ou par utilisation d'un système à double tampon afin que les calculs puissent se faire pendant la restitution du son par le convertisseur numérique analogique 10 sans que ce dernier n'ait à attendre des données et donc sans risque d'interruption de la restitution.

Revendications

1. Procédé d'élaboration d'une sonothèque représentant les caractéristiques acoustiques de séquences de sons enregistrés d'au moins un véhicule de référence à moteur, chaque séquence correspondant à des conditions de fonctionnement du véhicule de référence, les conditions de fonctionnement étant définies par au moins un paramètre de fonctionnement, les sons enregistrés étant destinés à être restitués ultérieurement sur un engin à moteur par sélection en fonction des conditions de fonctionnement de l'engin à moteur sur lequel a lieu la restitution, au moins un des paramètres étant la fréquence de rotation du moteur, **caractérisé en ce que**, lors de l'élaboration de la sonothèque

- on enregistre sous forme de données numériques par numérisation à une fréquence d'échantillonnage F_e des séquences de sons correspondant à des paramètres de fonctionnement, lesdits paramètres de fonctionnement étant enregistrés parallèlement,
- on effectue une analyse fréquentielle de chacune desdites séquences afin de déterminer la fréquence fondamentale de chacune des séquences,
- on détermine une fréquence de référence F_0 à partir des fréquences fondamentales des séquences,
- on effectue une transposition fréquentielle sur chacune des séquences enregistrées afin qu'elles aient toutes la même fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence de référence F_0 afin de former la sonothèque.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'état de fonctionnement est évalué par un ou plusieurs des paramètres suivants :

- démarreur enclenché ou non,
- la position C de la pédale d'accélération,
- la fréquence de rotation R du moteur,
- la dépression à l'admission,
- la vitesse enclenchée de la boîte de vitesse,
- la position de la pédale de frein,
- l'accélération ou la décélération avant/arrière mesurée par un capteur,
- la rotation du volant,
- l'accélération ou la décélération latérale mesurée par un capteur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** les sons sont choisis parmi les types sources suivants :

- les sons du véhicule de référence en général,
- les sons du moteur du véhicule de référence,
- les sons de la transmission du véhicule de référence,
- les sons de freinage du véhicule de référence,
- les sons de roulement, notamment crissement des pneus, du véhicule, de référence
- les sons d'échappement du véhicule de référence,

un paramètre de type de son étant en outre enregistré.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, en outre, on découpe chaque séquence en blocs séquentiels, chaque bloc comportant N_e échantillons et étant d'une durée T_e réduite par rapport à la durée totale de la séquence correspondante, $T_e = N_e / F_e$, et on effectue l'analyse fréquentielle et la transposition sur chaque bloc de façon à ce que le procédé corresponde aux étapes suivantes :

- on enregistre sous forme de données numériques à une fréquence d'échantillonnage F_e les séquences de sons correspondant à des paramètres de fonctionnement, lesdits paramètres de fonctionnement étant enregistrés parallèlement,
- on découpe chaque séquence en n blocs séquentiels, chaque bloc comportant N_e échantillons pour une durée $T_e = N_e / F_e$, on effectue une analyse fréquentielle de chacun desdits blocs afin de déterminer la fréquence fondamentale de chacun des blocs,
- on détermine une fréquence de référence F_0 à partir des fréquences fondamentales des blocs,
- on effectue une transposition fréquentielle sur chacun des blocs enregistrées afin qu'ils aient tous la même fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence de référence F_0 .

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fréquence de référence F_0 est calculée par une moyenne des fréquences fondamentales de chacune des séquences ou blocs respectivement et **en ce que**, de préférence, la fréquence de référence F_0 des blocs est commune à tous les blocs de toutes les séquences, différentes séquences ayant pour leurs blocs respectifs des fréquences de référence F_0 identiques.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fréquence d'échantillonnage F_e est supérieure ou égale à 32 KHz et de préférence égale à 44,1 KHz, et on utilise une résolution de numérisation d'au moins 14 bits et de préférence de 16 bits.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on stocke la sonothèque dans une mémoire électronique du type circuit intégré.

8. Procédé de restitution de sons enregistrés par sélection de sons numérisés enregistrés en fonction de conditions de fonctionnement d'un engin à moteur sur lequel à lieu la restitution, les conditions de fonctionnement étant définies par des paramètres de fonctionnement et au moins un des paramètres étant la fréquence de rotation dudit moteur, **caractérisé en ce que** les sons sont dans une sonothèque élaborée selon l'une quelconque des revendications précédentes, les sons numérisés ayant une fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence de référence F_0 , et dans lequel on détermine l'état de fonctionnement de l'engin à moteur par mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement courant et **en ce que** pour chaque paramètre de fonctionnement considéré :

- on détermine une valeur théorique du paramètre de fonctionnement courant pour le véhicule de référence à partir de la mesure du paramètre de fonctionnement courant,
- on sélectionne les sons numérisés enregistrés dont le paramètre correspond à la valeur théorique,
- on calcule la fréquence fondamentale de restitution F_r des sons en fonction du paramètre de fonctionnement courant,
- on effectue un décalage fréquentiel des sons numérisés enregistrés sélectionnés afin qu'ils aient une fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence fondamentale de restitution F_r , ledit décalage étant une interpolation ou décimation en fonction des valeurs respectives de la fréquence fondamentale de restitution F_r et de la fréquence de référence F_0 ,

et **en ce que** on envoie l'ensemble des sons sélectionnés et décalés dans un moyen de conversion numérique analogique, d'amplification et de restitution acoustique.

5 9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'on effectue un calcul de pondération sur les sons devant être restitués, la pondération dépendant des mesures des paramètres courants.

10 10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** lorsque la durée de la restitution est supérieure à la durée des sons sélectionnés, on boucle ladite restitution en recommençant la restitution au début des sons sélectionnés.

11. Procédé selon la revendication 8, 9 ou 10, **caractérisé en ce que** la sélection des sons numérisés enregistrés comporte en outre une étape de calcul consistant à effectuer une combinaison pondérée de sons au cours de laquelle on associe des sons dont les paramètres sont voisins de la valeur théorique.

15 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** l'on utilise une sonothèque avec des sons numérisés enregistrés sous forme de séquences découpées en blocs, et pour chaque période de temps T_e :

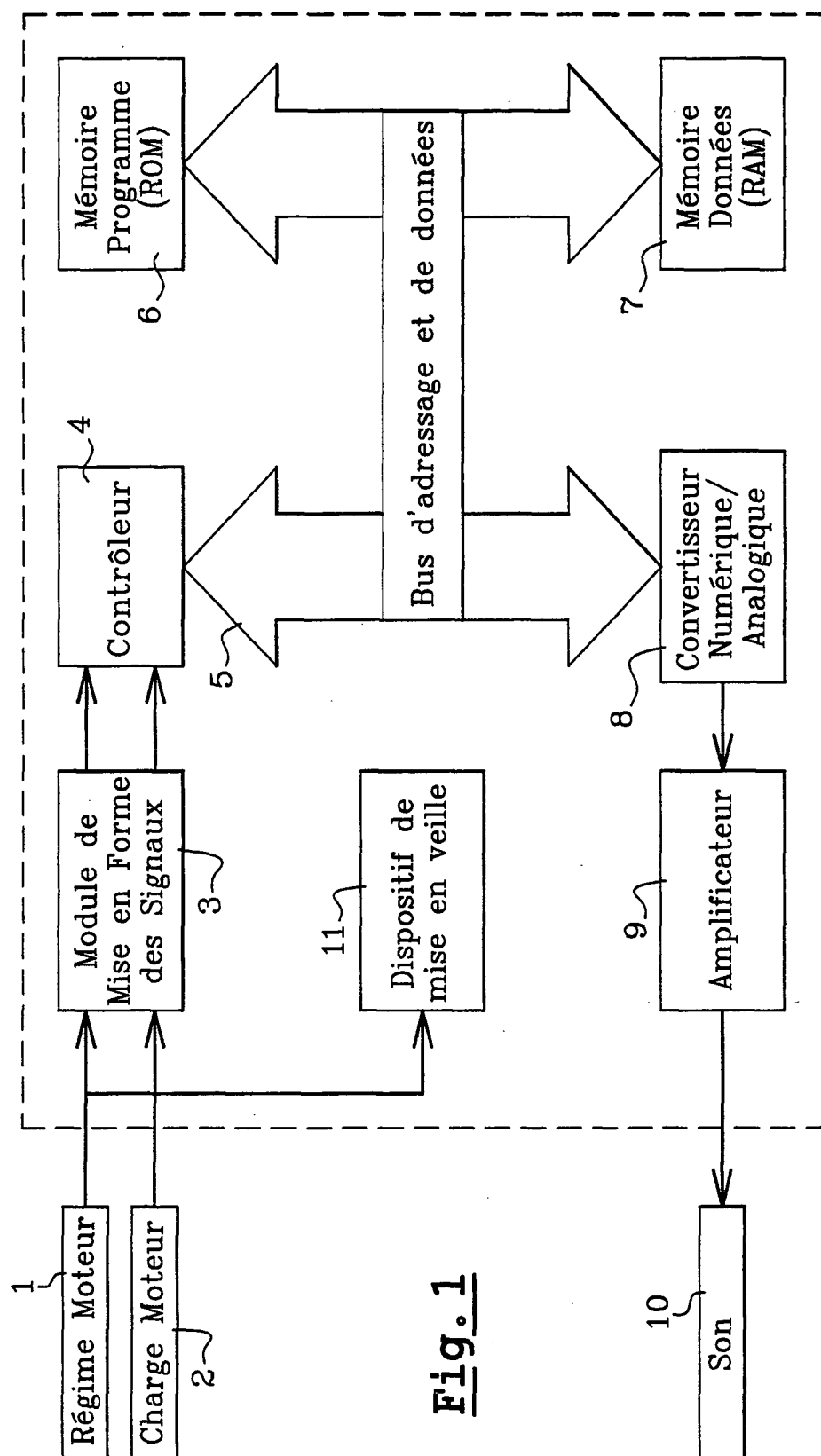
- on détermine l'état de fonctionnement de l'engin à moteur par mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement courant et **en ce que** pour chaque paramètre de fonctionnement considéré :
- on détermine une valeur théorique du paramètre de fonctionnement courant pour le véhicule de référence à partir de la mesure du paramètre de fonctionnement courant,
- on sélectionne et calcule une combinaison pondérée de n blocs dont les paramètres sont voisins de la valeur théorique par calcul d'un jeu de n coefficients de pondération associés aux n blocs sélectionnés puis pondération de chacun des n blocs par son coefficient de pondération obtenu et sommation des blocs pondérés,
- on calcule la fréquence fondamentale de restitution F_r en fonction du paramètre de fonctionnement courant,
- on effectue un décalage fréquentiel de la combinaison pondérée afin qu'elle ait une fréquence fondamentale sensiblement égale à la fréquence fondamentale de restitution F_r , ledit décalage étant une interpolation ou
- décimation en fonction des valeurs respectives de la fréquence fondamentale de restitution F_r et de la fréquence de référence F_0 ,

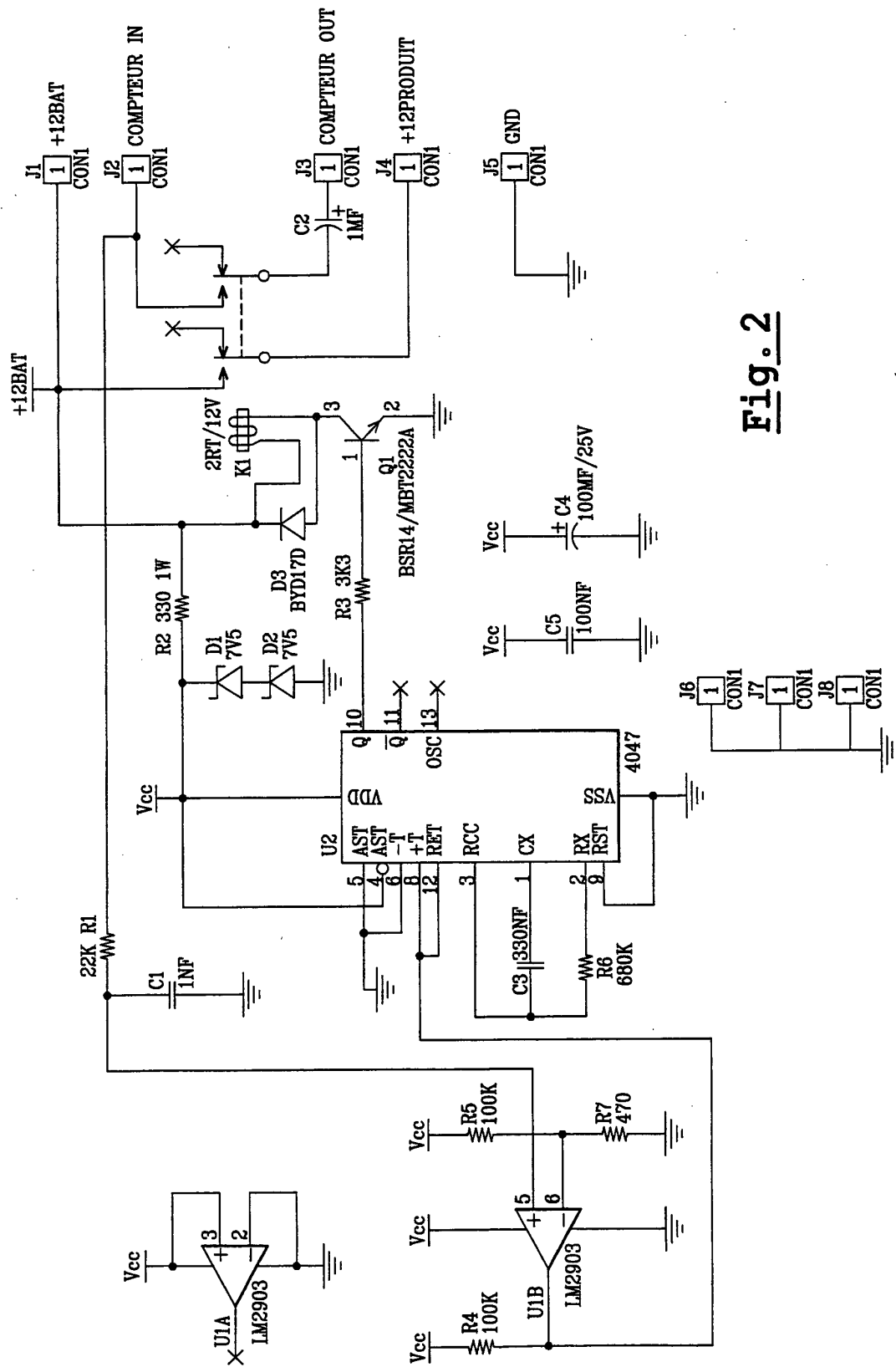
et **en ce que** on envoie la combinaison décalée dans un moyen de conversion numérique analogique, d'amplification et de restitution acoustique.

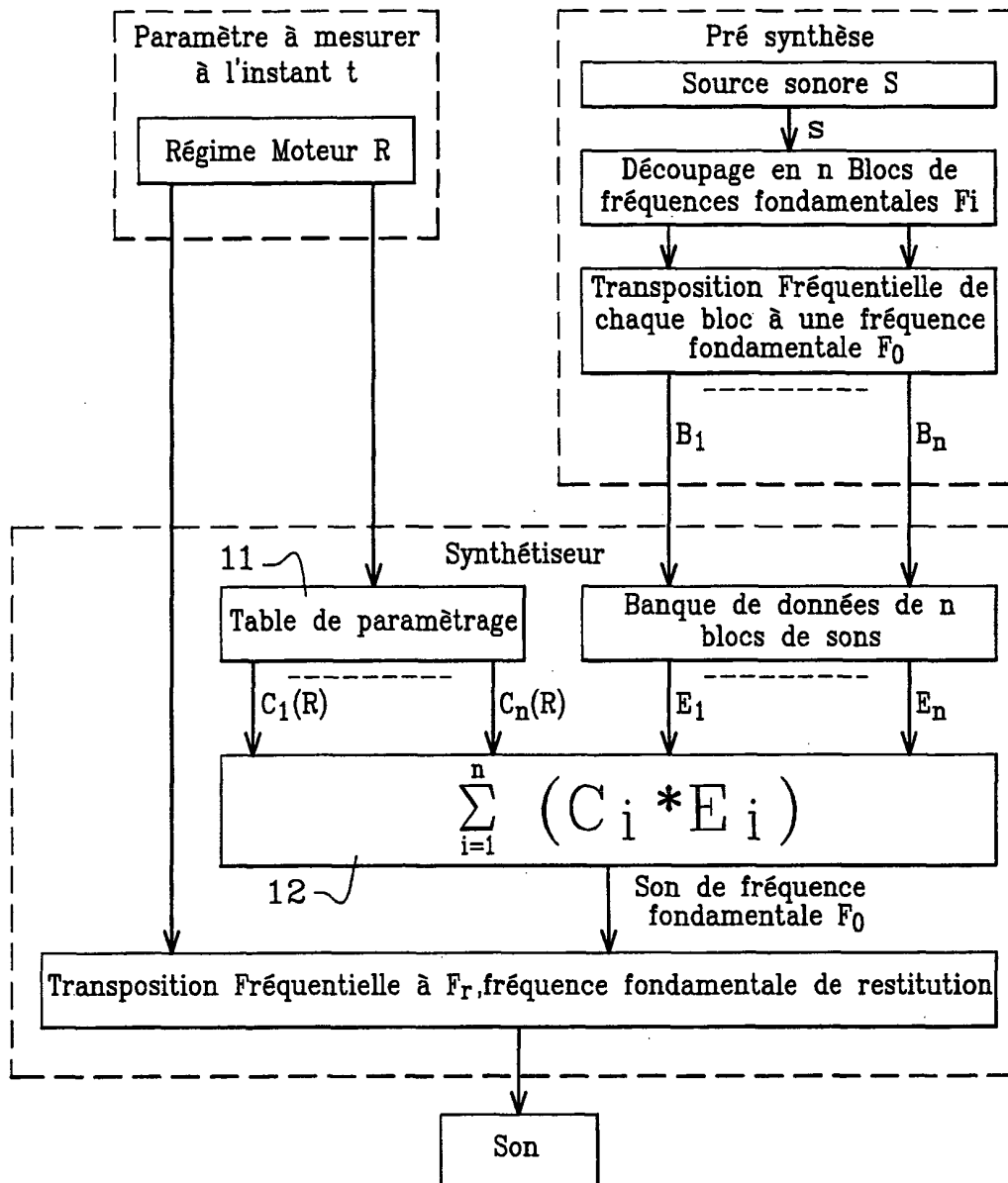
35 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que**, en outre, par un moyen de mise en veille, on mesure la fréquence de rotation du moteur et lorsque ladite fréquence devient inférieure à un seuil prédéterminé, on coupe l'alimentation électrique des moyens destinés à la restitution, et lorsque la fréquence repasse au-dessus dudit seuil, on rétablit l'alimentation électrique.

40 14. Dispositif de restitution pour la mise en oeuvre d'un procédé de restitution d'une sonothèque, **caractérisé en ce que** le procédé est selon l'une quelconque des revendications 8 à 13 et que les sons de la sonothèque étant numérisés enregistrés et transposés à une fréquence de référence F_0 , le dispositif comportant au moins un moyen informatique du type microprocesseur, microcontrôleur ou processeur de traitement de signaux numériques (DSP), de la mémoire programme pour exécution selon le procédé de restitution, de la mémoire de sons comprenant la sonothèque, des moyens d'interpolation/ décimation, lesdits moyens d'interpolation/décimation étant de préférence logiciels, et au moins un convertisseur numérique analogique (CNA).

50 15. Dispositif selon la revendication 14, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un moyen de mise en veille dont le fonctionnement est lié à la fréquence de rotation du moteur, la mise en veille correspondant à une interruption de l'alimentation du dispositif de restitution proprement dit, le moyen de mise en veille continuant à être alimenté.



Fig. 2



Légende:

R: régime moteur en Hz

S: source sonore

$B_1 \dots B_n$: n blocs sonores

$E_1 \dots E_n$: n échantillons sonores

$C_1 \dots C_n$: n coefficients de pondération

Fig. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 03 29 2384

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
D,X	WO 01 33543 A (CLAIRON LAURENT) 10 mai 2001 (2001-05-10) * revendication 1 *	14,15	G10K15/02
A	---	1,8	
D,A	US 6 356 185 B1 (PLUGGE JASON CARL ET AL) 12 mars 2002 (2002-03-12) * colonne 1, ligne 59 - colonne 2, ligne 37 *	1,8	
A	---	1,8	
A	DE 197 26 271 A (FORSCH KFZ WESEN U FAHRZEUGMOT) 24 décembre 1998 (1998-12-24) * revendication 1 *	1,8	
A	---	1,8	
A	GB 2 354 872 A (VIDEO TECH DESIGNS PLC) 4 avril 2001 (2001-04-04) * page 1, ligne 1 - ligne 2 * * page 5, alinéa 7 * * page 7, ligne 28 - page 8, ligne 1 * * page 13, ligne 8 - ligne 34 *	1,8	
A	---	1,8	
A	US 5 754 094 A (FRUSHOUR ROBERT H) 19 mai 1998 (1998-05-19) * revendication 1 *	1,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) G10K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 9 janvier 2004	Examineur Lorne, B
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

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

EP 03 29 2384

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-01-2004

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 0133543	A	10-05-2001	WO AU	0133543 A1 6349399 A	10-05-2001 14-05-2001

US 6356185	B1	12-03-2002	AUCUN		

DE 19726271	A	24-12-1998	DE	19726271 A1	24-12-1998

GB 2354872	A	04-04-2001	AUCUN		

US 5754094	A	19-05-1998	DE GB	19543078 A1 2295046 A , B	05-06-1996 15-05-1996

EPO FORM P0460

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