

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



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

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/162612 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G10K 15/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050718

(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 :
1553040 9 avril 2015 (09.04.2015) FR

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

(72) Inventeurs : GAGLIARDINI, Laurent; 2 Rue De Fontenay, 92320 Chatillon (FR). BEZAT, Marie Celine; 21 Rue Sauton, 75005 Paris (FR).

(74) Mandataire : LEROUX, 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, RO, 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 : VEHICLE SOUND SYNTHESIS METHOD AND DEVICE

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE SYNTHÈSE SONORE POUR VEHICULE

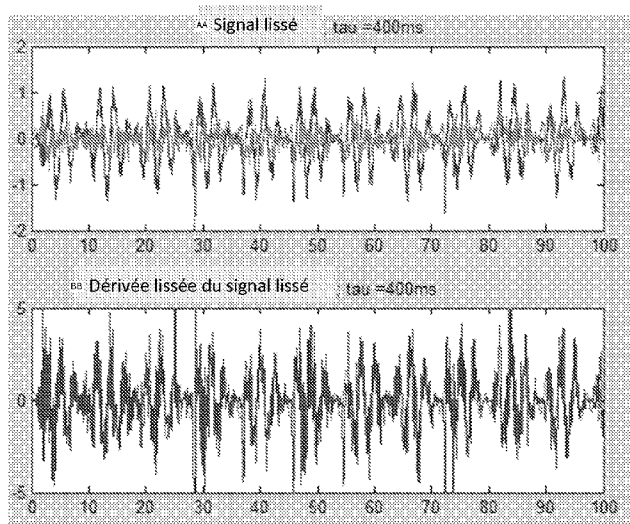


FIG. 7

AA Smoothed signal
BB Smoothed derivative of the smoothed signal

(57) Abstract : The invention relates to a dynamic control method for synthesizing a sound signal for a passenger compartment. Said sound signal is synthesized on the basis of data coming from an onboard network at irregular intervals. Said dynamic control method includes the following steps: a step of at least first-order low-pass filtering of the data from the onboard network in order to determine a corresponding smoothed signal, said smoothed signal being made up of values produced at regular intervals; a step of determining the derivative of said smoothed signal; and a step of synthesizing the sound signal, at least on the basis of said derivative of the smoothed signal.

(57) Abrégé : L'invention porte sur un procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle, ledit signal sonore étant synthétisé à partir de données provenant, à intervalle irrégulier, d'un réseau embarqué, ledit procédé de contrôle dynamique comprenant les étapes suivantes : - une étape de filtrage passe-bas, au moins au premier ordre, des données provenant du réseau embarqué, afin de déterminer un signal lissé correspondant, ledit signal lissé étant constitué de valeurs produites à intervalle régulier; - une étape de détermination de la dérivée dudit signal lissé; - une étape de synthèse du signal sonore, au moins en fonction de ladite dérivée du signal lissé.

PROCEDE ET DISPOSITIF DE SYNTHESE SONORE POUR VEHICULE

[001] L'invention concerne, de façon générale, les synthétiseurs sonores pilotés, utilisés dans des moyens de transports et en particulier dans certains véhicules automobiles. Ces synthétiseurs sonores peuvent comprendre, en particulier, des composantes sonores d'interfaces homme-machine, ou encore des composantes d'enrichissement de l'ambiance sonore de l'habitacle du véhicule.

[002] Ainsi, notamment, la présente invention trouve une application particulière dans le domaine de l'enrichissement de l'ambiance sonore d'un habitacle de véhicule. Comme cela est connu de l'homme du métier, certains véhicules sont aujourd'hui équipés de synthétiseurs sonores, généralement couplés à un autoradio ou, alternativement, à des actionneurs spécifiques, par exemple piézoélectriques.

[003] La fonction de ces synthétiseurs sonores consiste à générer des sons, tels que des harmoniques du bruit généré par un moteur par exemple, notamment afin d'enrichir l'ambiance sonore de l'habitacle d'un véhicule.

[004] L'objectif est alors de modifier la signature sonore existant à bord de l'habitacle, afin de la rendre plus agréable, ou de conférer une ambiance particulière, par exemple de « sportivité », en agrémentant ledit habitacle de sons de moteur qui ne sont en réalité pas produits par le moteur du véhicule concerné.

[005] Dans ce contexte, une problématique particulière, dont l'homme du métier a conscience, concerne le contrôle dynamique de ces synthétiseurs sonores. En effet, les synthétiseurs sonores présents à bord de certains véhicules peuvent notamment être contrôlés en fonction de certaines situations de vie et/ou de certains paramètres d'état du véhicule. Par exemple, il peut être souhaitable de contrôler les sons générés par un synthétiseur sonore, à destination de l'habitacle d'un véhicule, en fonction du niveau d'accélération dudit véhicule ou du taux de variation du régime moteur.

[006] Or, comme cela est connu de l'homme du métier, les paramètres d'état du véhicule circulent sur des réseaux embarqués, de type réseaux CAN, pour Controller Area Network selon l'acronyme anglo-saxon consacré.

[007] A bord des véhicules automobiles, pour lesquels le procédé selon l'invention a notamment été mis au point, deux types de réseaux CAN sont généralement embarqués :

- un réseau « rapide », pouvant être appelé « réseau inter-système », est essentiellement extérieur à l'habitacle du véhicule et achemine les données relatives au contrôle effectif du véhicule, notamment les données critiques sur le comportement du véhicule, du moteur, du système de freinage ...etc. ;
- 5 - un réseau « lent », pouvant être appelé « réseau confort », est essentiellement consacré et situé à l'intérieur de l'habitacle du véhicule, et achemine des données a priori non critiques pour le véhicule.

[008] Le réseau confort étant le seul auquel l'autoradio est connecté, il est particulièrement opportun, pour des raisons pratiques et pour ne pas complexifier la
10 connectique embarqué, que ce soient les données issues de ce même réseau confort qui soient traités dans le cadre du contrôle dynamique du synthétiseur sonore.

[009] Un problème plus spécifique auquel la présente invention se propose d'apporter une solution concerne alors la manière de traiter les données issues d'un réseau embarqué, en particulier du « réseau confort » sur lequel circulent des données bruitées et
15 asynchrones, de façon à permettre le contrôle dynamique du synthétiseur sonore qui doit, quant à lui, générer des signaux sonores de qualité, donc sans discontinuités..

[0010] Typiquement, l'un des principaux paramètres pris en compte, pour synthétiser le son à diffuser dans l'habitacle d'un véhicule, est relatif à l'accélération dudit véhicule. Or, déterminer une fonction donnant une valeur lissée de l'accélération, ou du taux de
20 variation du régime moteur, à partir des données bruitées et asynchrones issues du réseau CAN, en l'espèce le « réseau confort », présent à l'intérieur de l'habitacle – et relié à l'autoradio – est une opération complexe.

[0011] Il est par conséquent nécessaire à la fois d'extrapoler, à partir des données discrètes disponibles, pour obtenir des signaux lissés, et de dériver lesdits signaux lissés
25 obtenus afin de permettre une anticipation des valeurs des mêmes signaux dans le futur proche.

[0012] La dérivation des signaux de données, issues du réseau CAN et destinées à être exploitées pour la synthèse sonore, a pour objectif, en outre, d'éliminer d'une part les temps de latence existant entre deux données successives circulant sur le réseau CAN, et
30 d'autre part le bruitage de ces données.

[0013] Pour un résultat optimal, la dérivée ainsi calculée peut en outre également être lissée, une fois, voire deux fois. Il peut par ailleurs être envisagé un filtrage adaptatif des données issues du réseau CAN.

[0014] Pour parvenir à ce résultat, la présente invention concerne un procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle, ledit signal sonore étant synthétisé à partir de données brutes provenant, à intervalle irrégulier, d'un réseau embarqué, ledit procédé de contrôle dynamique comprenant les étapes suivantes :

- une étape de filtrage passe-bas, au moins au premier ordre, des données brutes provenant du réseau embarqué, afin de déterminer un signal lissé correspondant, ledit signal lissé étant constitué de valeurs estimées produites à intervalle régulier ;
- une étape de détermination de la dérivée dudit signal lissé ;
- une étape de synthèse du signal sonore, au moins en fonction de ladite dérivée du signal lissé.

[0015] Selon un mode de réalisation, le modèle mis en œuvre à l'étape de filtrage vérifie l'équation :

$$x(t_k) = x(t_i) + (t_k - \hat{t}_i + \delta_x) \dot{x}(t_i)$$

où x est le signal lissé, fonction correspondant aux données provenant du réseau embarqué, t_k correspond aux temps, régulièrement espacés dans le temps, auxquels sont produites les valeurs estimées du signal lissé, t_i correspond aux temps, irrégulièrement espacés dans le temps, des données brutes provenant du réseau embarqué, $\hat{t}_i$ est le temps d'arrivée effectif des données brutes provenant du réseau embarqué, pour traitement par le procédé de contrôle dynamique, δ_x est le temps moyen d'acheminement des données brutes provenant du réseau embarqué, et $\dot{x}$ est la dérivée du signal lissé, la dérivée du signal lissé s'écrivant :

$$\dot{x}(t_i) = \frac{x(t_i) - x(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}.$$

[0016] Selon un mode de réalisation de la présente, le procédé selon l'invention comporte en outre une étape de filtrage passe-bas, au moins au premier ordre, de la

dérivée du signal lissé, l'étape de synthèse du signal sonore étant fonction de ladite dérivée du signal lissé filtrée.

[0017] Le réseau embarqué est typiquement un réseau CAN.

5 [0018] Ledit réseau CAN achemine, dans le cas général, des données de façon sensiblement asynchrone et bruitée.

[0019] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé selon l'invention est mis en œuvre dans un habitacle de véhicule et les données provenant du réseau embarqué sont relatives à l'accélération dudit véhicule.

10 [0020] Selon un mode de réalisation avancé, l'étape de filtrage consiste en un filtrage passe-bas d'ordre au moins égal à 2.

[0021] Selon un mode de réalisation particulièrement avancé, l'étape de filtrage consiste en un filtrage adaptatif des données provenant du réseau embarqué.

15 [0022] La présente invention vise également un dispositif de synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle, comprenant des moyens de réception de données issues d'un réseau CAN, ainsi que des moyens électroniques de contrôle dynamique adaptés pour mettre en œuvre le procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle tel que brièvement décrit ci-dessus.

20 [0023] En outre, la présente invention vise également un véhicule automobile, comprenant un habitacle et un autoradio, comprenant un dispositif de synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle tel que brièvement décrit ci-dessus, ledit dispositif de synthèse d'un signal sonore comprenant ledit autoradio.

[0024] 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 :

- 25
- figure 1, un graphique montrant un exemple de calcul de la dérivée d'un signal bruité issu d'un réseau CAN asynchrone avec un temps inter-échantillon de l'ordre de 50 ms ;

- figure 2, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage au premier ordre, avec une constante de temps du signal lissé égale à 75 ms ;
 - 5 • figure 3, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage au premier ordre, avec une constante de temps du signal lissé égale à 100 ms ;
 - figure 4, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage au premier ordre, avec une constante de temps du signal lissé égale à 150 ms ;
 - 10 • figure 5, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage au premier ordre, avec une constante de temps du signal lissé égale à 200 ms ;
 - figure 6, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage adaptatif, avec une constante de temps du signal lissé égale à 200 ms ;
 - 15 • figure 7, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage adaptatif, avec une constante de temps du signal lissé égale à 400 ms ;
 - figure 8, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage adaptatif, avec une constante de temps du signal lissé égale à 800 ms ;
 - 20 • figure 9, un graphique montrant les résultats de simulation obtenus, au moyen du procédé selon l'invention, pour le signal et sa dérivée, après un filtrage adaptatif, avec une constante de temps du signal lissé égale à 1600 ms.
- 25 [0025] Dans ce qui va suivre, les modes de réalisation décrits s'attachent plus particulièrement à une mise en œuvre du procédé de contrôle dynamique de la synthèse 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 de moyens de transport terrestre, notamment ferroviaire, ou aérien, ainsi

que dans tout simulateur de conduite de véhicule ou tout simulateur de vol, est également visée.

[0026] Comme expliqué précédemment, dans le contexte où un synthétiseur sonore a pour fonction d'enrichir l'ambiance sonore d'un habitacle de véhicule automobile, de tout autre type de véhicule, ou d'une cabine d'un simulateur de vol par exemple, la présente invention propose un procédé permettant le lissage et la dérivation de données issues d'un réseau embarqué asynchrone, le signal lissé et dérivé obtenu étant exploité par le synthétiseur sonore afin de déterminer le son à produire.

[0027] Le réseau embarqué considéré est typiquement un réseau CAN, notamment un réseau CAN dit « réseau confort », installé à l'intérieur d'un habitacle de véhicule. Un tel réseau CAN, dit « réseau confort », diffuse de manière asynchrone et a priori bruitée des informations destinées à être exploitées, selon le procédé de contrôle dynamique décrit dans la présente, par un synthétiseur sonore via un protocole synchrone aboutissant à l'émission d'un son adapté, à destination de l'habitacle.

[0028] Le synthétiseur sonore est, de préférence, connecté à l'autoradio, généralement présent dans l'habitacle et relié audit « réseau confort ».

[0029] Ainsi, le synthétiseur sonore est adapté pour exploiter les données natives transmises par le réseau CAN considéré, mais également leurs dérivées, soit que lesdites dérivées sont équivalentes au calcul de paramètres physiques particuliers, soit, par ailleurs, que ces dérivées permettent l'obtention de signaux lissés. Les dérivées des signaux lissés, produits à partir des données acheminés par le réseau CAN considéré, doivent donc être calculées.

[0030] Pour qu'elles puissent être exploitées de façon utile par le synthétiseur sonore, les données issues du réseau CAN considéré sont en effet soumises à des contraintes de continuité et de simultanéité, qui peuvent être traduites par des spécifications de lissage et de latence. Il est en particulier souhaitable que les paramètres physiques correspondant aux données transmises par le réseau embarqué, ou calculées à partir desdites données, tels que le régime moteur ou l'accélération, typiquement, pour une application dans le domaine de l'enrichissement de l'ambiance sonore à l'intérieur d'un habitacle de véhicule, soient estimés avec une précision prédéterminée et avec une latence une ou avance inférieure à une durée prédéterminée, par exemple égale 10 ms.

[0031] A cette fin, le procédé selon l'invention découle de la démarche et des calculs explicités ci-après.

[0032] Le réseau CAN diffuse une information a priori bruitée à des temps discrets irrégulièrement espacés, t_i , $\hat{x} = x + n$. L'information dé-bruitée est la fonction x que l'on souhaite estimer à des temps discrets, t_k , régulièrement espacés. L'espace moyen entre les temps t_i peut être indifféremment plus grand ou plus petit que celui entre les temps t_k .

[0033] Par ailleurs, on souhaite estimer la dérivée de la fonction, x , $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$, elle-même hypersensible au bruit de mesure. A titre d'exemple, la figure 1 montre un exemple d'estimation de la dérivée d'un signal bruité.

10 [0034] Le graphique de la figure 1 représente un exemple de calcul de la dérivée d'un signal bruité, avec un rapport signal sur bruit égal à 15 dB.

[0035] Un filtre, au moins au premier ordre, est appliqué à ces données issues du réseau CAN afin d'obtenir un signal lissé. Le signal lissé est ainsi estimé, par exemple, en utilisant un modèle de filtre au premier ordre :

15 [0036] $x(t_k) = x(t_i) + (t_k - t_i)\dot{x}(t_i)$ pour tout t_k , $t_i < t_k < t_{i+1}$

$$[0037] \quad \dot{x}(t_k) = \frac{x(t_k) - x(t_{k-1})}{t_k - t_{k-1}}$$

[0038] où les fonctions x et $\dot{x}$ sont obtenues par approximation et filtrage à partir des dernières informations connues ($\hat{x}$) :

$$[0039] \quad x(t_i) = a\hat{x}(t_i) + bx(t_{i-1})$$

20 [0040] $\dot{x}(t_i) = a\left(\frac{x(t_i) - x(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}\right) + b\dot{x}(t_{i-1})$

[0041] où a et b sont les coefficients d'un filtre du premier ordre.

[0042] A titre d'exemple pour un lissage exponentiel, avec une constante de temps τ , on obtient :

$$[0043] \quad a = \frac{(t_i - t_{i-1})}{\tau}, \quad b = 1 - a$$

[0044] Il faut noter que la stabilité du filtre ne peut être garantie que si la constante de temps est supérieure à l'écart entre temps de réception des informations. Or, dans le cas présent, a et b sont bien tous deux compris entre 0 et 1.

[0045] Dans le cas où le temps d'acheminement des données brutes $\hat{x}$, δ_x , est connu, alors le temps t_i peut être corrigé. En notant $\hat{t}_i$ le temps d'arrivée effective de l'information, alors $t_i = \hat{t}_i - \delta_x$.

[0046] On pourra donc prévoir pour tout t_k , $\hat{t}_i < t_k < \hat{t}_{i+1}$, la donnée dé-bruitée et sa dérivée, toutes deux synchronisées :

$$[0047] \quad x(t_k) = x(t_i) + (t_k - \hat{t}_i + \delta_x) \dot{x}(t_i)$$

$$10 \quad [0048] \quad \dot{x}(t_k) = \frac{x(t_k) - x(t_{k-1})}{t_k - t_{k-1}}$$

[0049] Les figures 2 à 5 montrent les résultats de simulation obtenus, pour le signal et sa dérivée, avec des lissages selon quatre constantes de temps : $\tau = 75 \text{ ms}$ pour la figure 2, $\tau = 100 \text{ ms}$ pour la figure 3, $\tau = 150 \text{ ms}$ pour la figure 4 et $\tau = 200 \text{ ms}$ pour la figure 5.

[0050] A travers ces exemples, force est de constater qu'un tel filtrage conduit à une estimation avec un délai d'autant plus grand que la constante de temps est grande. Ainsi, lorsque la constante de temps devient trop grande, il apparaît une tendance à sous-estimer la valeur des données. A l'inverse, lorsque la constante de temps est trop petite, les erreurs dans la détermination de la dérivée des données ont tendance à augmenter.

[0051] Par conséquent, pour pallier ce problème, le procédé selon l'invention, dans un mode de réalisation préféré, prévoit l'adaptation du modèle de filtrage en fonction de la dynamique des données issues du réseau CAN et de son rapport signal sur bruit.

[0052] L'adaptation du lissage, telle que proposée à travers la présente invention, est le résultat de la démarche et des calculs exposés ci-après.

[0053] La pertinence du modèle proposé peut être évaluée au temps, $t_{i+1} > t_i$. En effet, on peut comparer la valeur prédite, $x(t_{i+1}) = x(t_i) + (t_{i+1} - t_i) \dot{x}(t_i)$, à la valeur observée, $\hat{x}(t_{i+1})$.

[0054] L'erreur de prédiction ε au temps t_{i+1} est :

$$[0055] \quad \varepsilon^2(t_{i+1}) = |x(t_{i+1}) - \hat{x}(t_{i+1})|^2$$

[0056] Le filtrage optimal est celui qui permet de minimiser cette erreur en moyenne sur une durée suffisamment longue.

[0057] On intègre donc l'erreur sur une plage de temps suffisamment longue, à l'aide d'un lissage exponentiel, avec une constante de temps τ_ε :

5 [0058] $\varepsilon_{i+1}^2 = a_\varepsilon \varepsilon^2(t_{i+1}) + b_\varepsilon \varepsilon_i^2$

[0059] Avec $a_\varepsilon = \frac{1}{\tau_\varepsilon f_s}$, $b_\varepsilon = e^{-a_\varepsilon}$

[0060] Dans ce cas, il faut noter que la constante de temps n'a plus la même signification, puisqu'elle définit la durée sur laquelle l'erreur est minimisée.

10 [0061] Le filtrage optimal au sens des moindres carrés est celui qui minimise l'erreur. Il est déterminé en dérivant l'erreur par rapport aux paramètres du filtre :

[0062] $\frac{\partial \varepsilon_{i+1}^2}{\partial a} = 0$ et $\frac{\partial \varepsilon_{i+1}^2}{\partial b} = 0$

[0063] En développant l'expression de l'erreur, il vient :

[0064] $\varepsilon^2(t_{i+1}) = |x(t_i) + (t_{i+1} - t_i)\dot{x}(t_i) - \hat{x}(t_{i+1})|^2$

15 [0065] $\varepsilon^2(t_{i+1}) = \left| a\hat{x}(t_i) + bx(t_{i-1}) + a\frac{t_{i+1}-t_i}{t_i-t_{i-1}}(x(t_i) - x(t_{i-1})) + b(t_{i+1} - t_i)\dot{x}(t_{i-1}) - \hat{x}(t_{i+1}) \right|^2$

[0066] $\varepsilon^2(t_{i+1}) = \left| \left(\hat{x}(t_i) + \frac{t_{i+1}-t_i}{t_i-t_{i-1}}(x(t_i) - x(t_{i-1})) \right) a + (x(t_{i-1}) + (t_{i+1} - t_i)\dot{x}(t_{i-1}))b - \hat{x}(t_{i+1}) \right|^2$

[0067] On pose :

[0068] $\alpha(t_{i+1}) = \hat{x}(t_i) + \frac{t_{i+1}-t_i}{t_i-t_{i-1}}(x(t_i) - x(t_{i-1}))$ et $\beta(t_{i+1}) = x(t_{i-1}) + (t_{i+1} - t_i)\dot{x}(t_{i-1})$

20 [0069] Ce qui permet d'écrire :

[0070] $\varepsilon^2(t_{i+1}) = |\alpha(t_{i+1})a + \beta(t_{i+1})b - \hat{x}(t_{i+1})|^2$

[0071] Et :

$$\begin{aligned} [0072] \quad \varepsilon^2(t_{i+1}) = \\ \alpha^2(t_{i+1})a^2 + \beta^2(t_{i+1})b^2 + \hat{x}^2(t_{i+1}) + 2\alpha(t_{i+1})\beta(t_{i+1})ab - 2\alpha(t_{i+1})\hat{x}(t_{i+1})a - \\ 2\beta(t_{i+1})\hat{x}(t_{i+1})b \end{aligned}$$

5 [0073] L'erreur lissée peut donc s'écrire :

$$[0074] \quad \varepsilon_{i+1}^2 = \alpha_{i+1}^2 a^2 + \beta_{i+1}^2 b^2 + \hat{x}_{i+1}^2 + 2\gamma_{i+1} ab - 2\theta_{i+1} a - 2\varphi_{i+1} b$$

[0075] Où :

$$[0076] \quad \alpha_{i+1}^2 = a_\varepsilon \alpha^2(t_{i+1}) + b_\varepsilon \alpha_i^2$$

$$[0077] \quad \beta_{i+1}^2 = a_\varepsilon \beta^2(t_{i+1}) + b_\varepsilon \beta_i^2$$

$$10 [0078] \quad \gamma_{i+1} = a_\varepsilon \alpha(t_{i+1})\beta(t_{i+1}) + b_\varepsilon \gamma_i$$

$$[0079] \quad \theta_{i+1} = a_\varepsilon \alpha(t_{i+1})\hat{x}(t_{i+1}) + b_\varepsilon \theta_i$$

$$[0080] \quad \varphi_{i+1} = a_\varepsilon \beta(t_{i+1})\hat{x}(t_{i+1}) + b_\varepsilon \varphi_i$$

[0081] Après dérivation, les coefficients optimaux du filtre apparaissent comme les solutions d'un système 2 x 2 :

$$15 [0082] \quad \begin{bmatrix} \alpha_{i+1}^2 & \gamma_{i+1} \\ \gamma_{i+1} & \beta_{i+1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_{i+1} \\ \varphi_{i+1} \end{bmatrix}$$

[0083] Selon un mode de réalisation avancé, afin de rendre le filtrage plus robuste à d'éventuelles brusques variations du bruit, un lissage est à nouveau appliqué aux coefficients du filtre :

$$[0084] \quad a_{i+1} = a_\varepsilon a + b_\varepsilon a_i \text{ et } b_{i+1} = a_\varepsilon b + b_\varepsilon b_i$$

20 [0085] Ce lissage peut aussi être vu comme une précaution vis-à-vis du fait que le calcul ci-dessus ignore que les paramètres α et β dépendent implicitement de a et b .

[0086] Les figures 6 à 9 montrent les résultats obtenus pour des constantes de temps respectives valant 200 ms dans la figure 6, 400 ms pour la figure 7, 800 ms pour la figure 8, et 1600 ms pour la figure 9. Comme cela est prévisible, on constate que

l'adaptation conduit à une phase d'initialisation pendant laquelle le filtrage est peu efficace. Passé ce temps d'adaptation, la prédiction ne présente plus de latence, comme cela était observé dans le cas précédent, et le signal et sa dérivée restent en moyenne correctement prédits.

- 5 [0087] En résumé, la présente invention propose un procédé permettant le lissage et le calcul de dérivées relatives à des données asynchrones et bruitées issues d'un réseau CAN, tel qu'un « réseau confort » embarqué dans un véhicule. Selon l'invention, les signaux lissés et dérivés obtenus sont exploités par un synthétiseur sonore émettant des sons permettant d'enrichir l'ambiance sonore d'un habitacle, en particulier d'un véhicule
- 10 automobile.

[0088] 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. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle, ledit signal sonore étant synthétisé à partir de données brutes provenant, à intervalle irrégulier, d'un réseau embarqué, caractérisé en ce que ledit procédé de contrôle dynamique comprend les étapes suivantes :

- une étape de filtrage passe-bas, au moins au premier ordre, des données brutes provenant du réseau embarqué, afin de déterminer un signal lissé correspondant, ledit signal lissé étant constitué de valeurs estimées produites à intervalle régulier ;
- une étape de détermination de la dérivée dudit signal lissé ;
- une étape de synthèse du signal sonore, au moins en fonction de ladite dérivée du signal lissé.

2. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon la revendication 1, caractérisé en ce que le modèle mis en œuvre à l'étape de filtrage vérifie l'équation :

$$x(t_k) = x(t_i) + (t_k - \hat{t}_i + \delta_x)\dot{x}(t_i)$$

où x est le signal lissé, fonction correspondant aux données provenant du réseau embarqué, t_k correspond aux temps, régulièrement espacés dans le temps, auxquels sont produites les valeurs estimées du signal lissé, t_i correspond aux temps, irrégulièrement espacés dans le temps, des données brutes provenant du réseau embarqué, $\hat{t}_i$ est le temps d'arrivée effectif des données brutes provenant du réseau embarqué, pour traitement par ledit procédé de contrôle dynamique, δ_x est le temps moyen d'acheminement des données brutes provenant du réseau embarqué, et $\dot{x}$ est la dérivée du signal lissé,

la dérivée du signal lissé s'écrivant :

$$\dot{x}(t_i) = \frac{x(t_i) - x(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}.$$

3. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de filtrage passe-bas, au moins au premier ordre, de la dérivée du

signal lissé, l'étape de synthèse du signal sonore étant fonction de ladite dérivée du signal lissé filtrée.

4. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réseau embarqué est un réseau CAN.
5. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit réseau CAN achemine des données de façon sensiblement asynchrone et bruitée.
6. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre dans un habitacle de véhicule et en ce que lesdites données provenant du réseau embarqué sont relatives à l'accélération dudit véhicule.
7. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de filtrage consiste en un filtrage d'ordre au moins égal à 2.
8. Procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de filtrage consiste en un filtrage adaptatif des données provenant du réseau embarqué.
9. Dispositif de synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de réception de données issues d'un réseau CAN, ainsi que des moyens électroniques de contrôle dynamique adaptés pour mettre en œuvre le procédé de contrôle dynamique pour la synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
10. Véhicule automobile, comprenant un habitacle et un autoradio, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de synthèse d'un signal sonore à destination d'un habitacle selon la revendication 9, ledit dispositif de synthèse d'un signal sonore comprenant ledit autoradio.

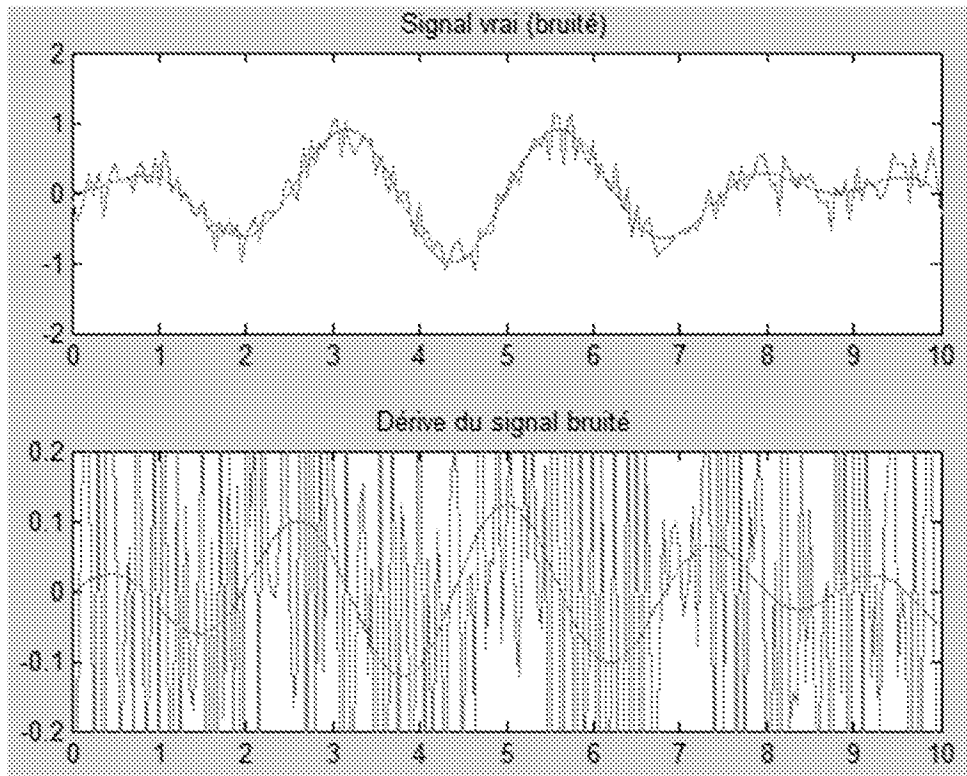


FIG. 1

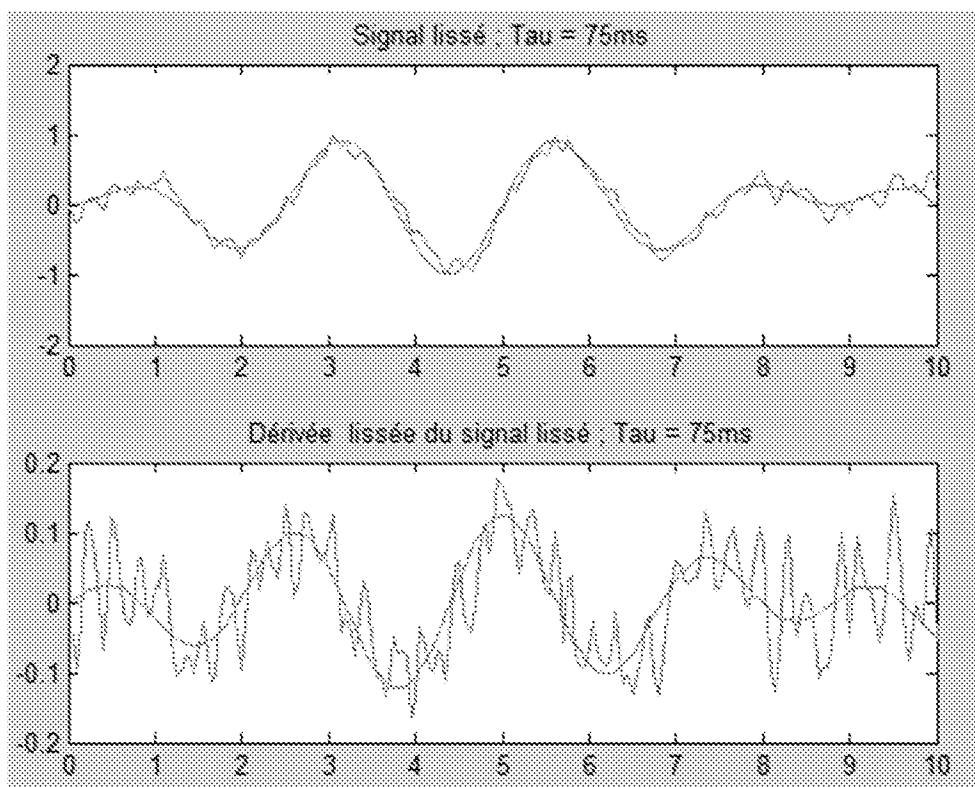


FIG. 2

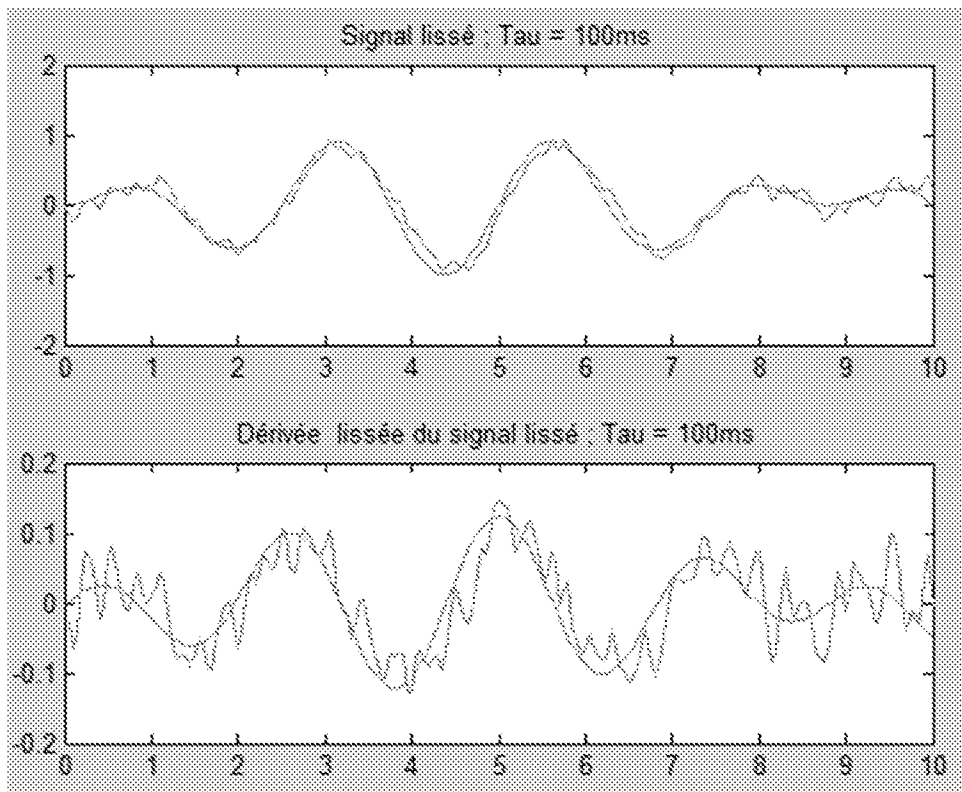


FIG. 3

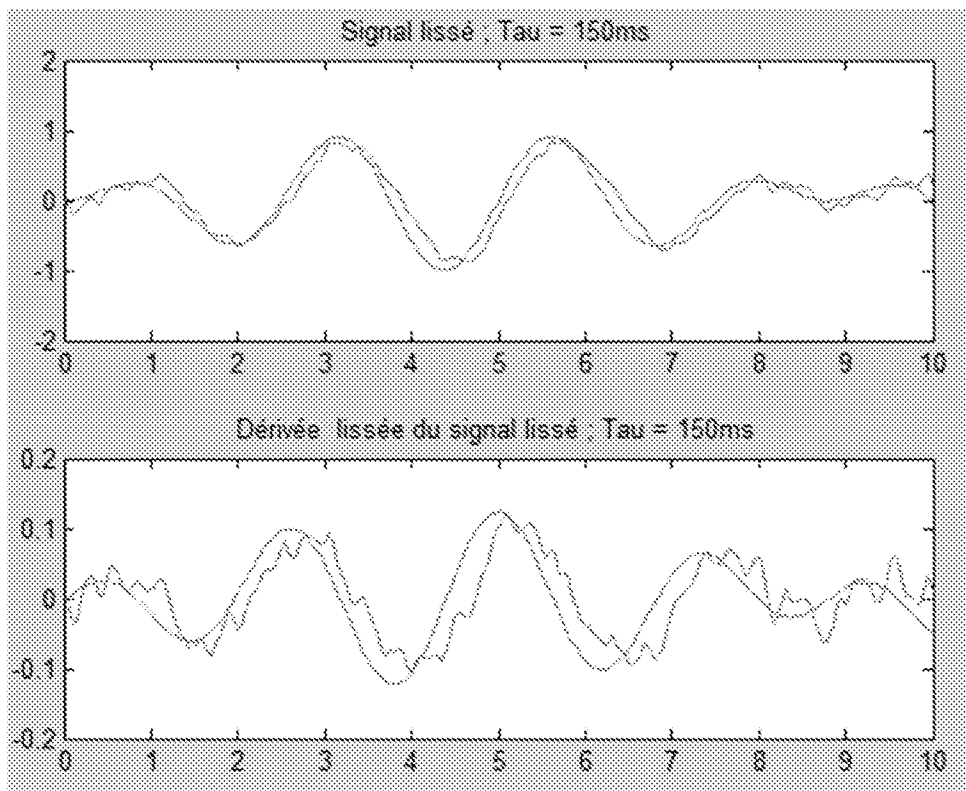


FIG. 4

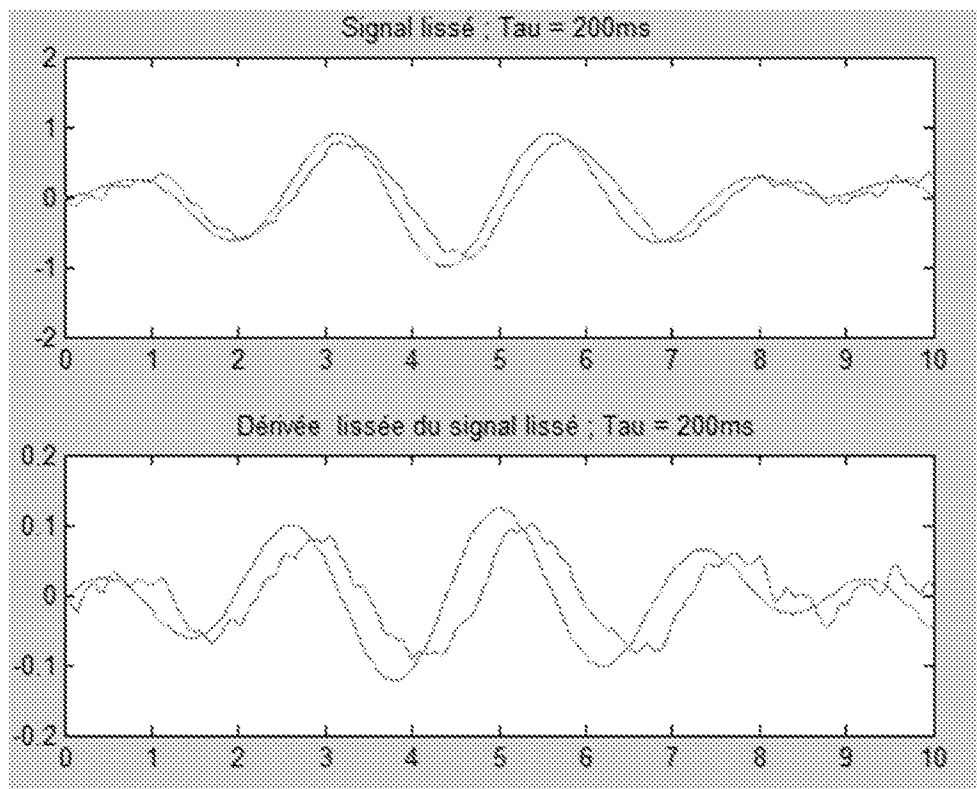


FIG.5

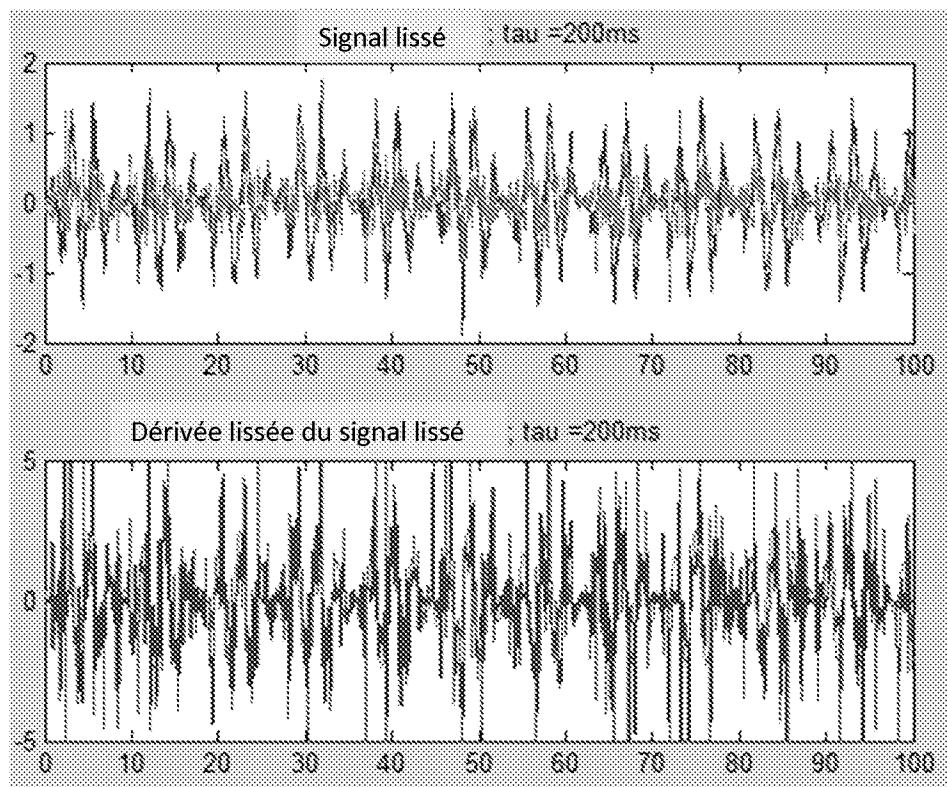


FIG. 6

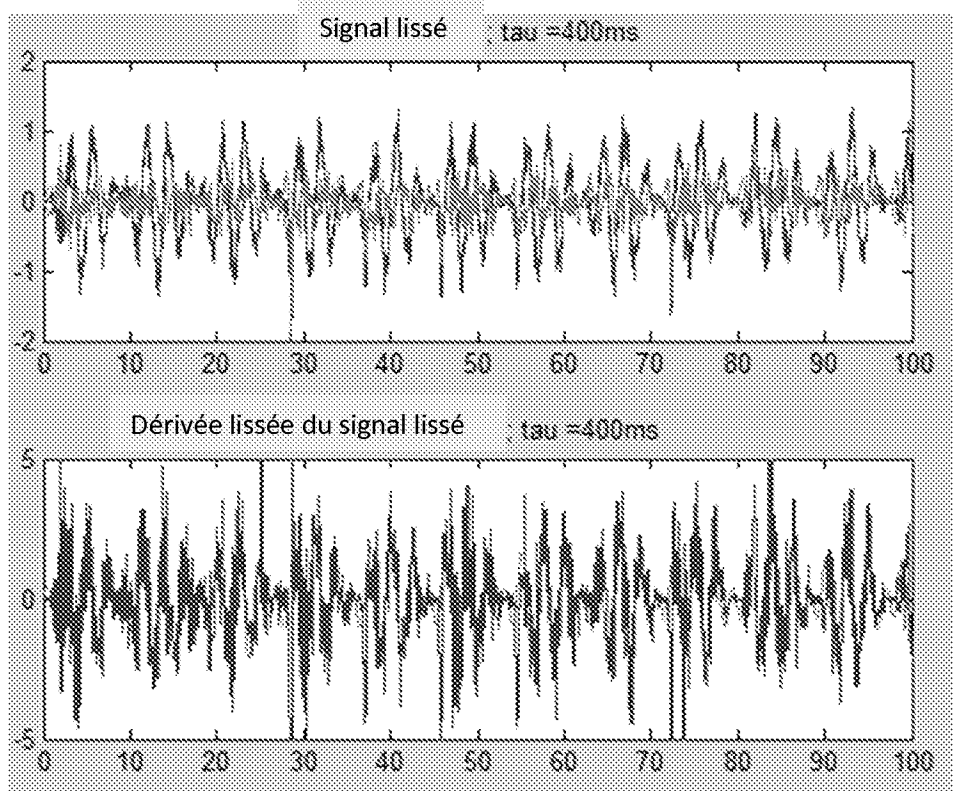


FIG. 7

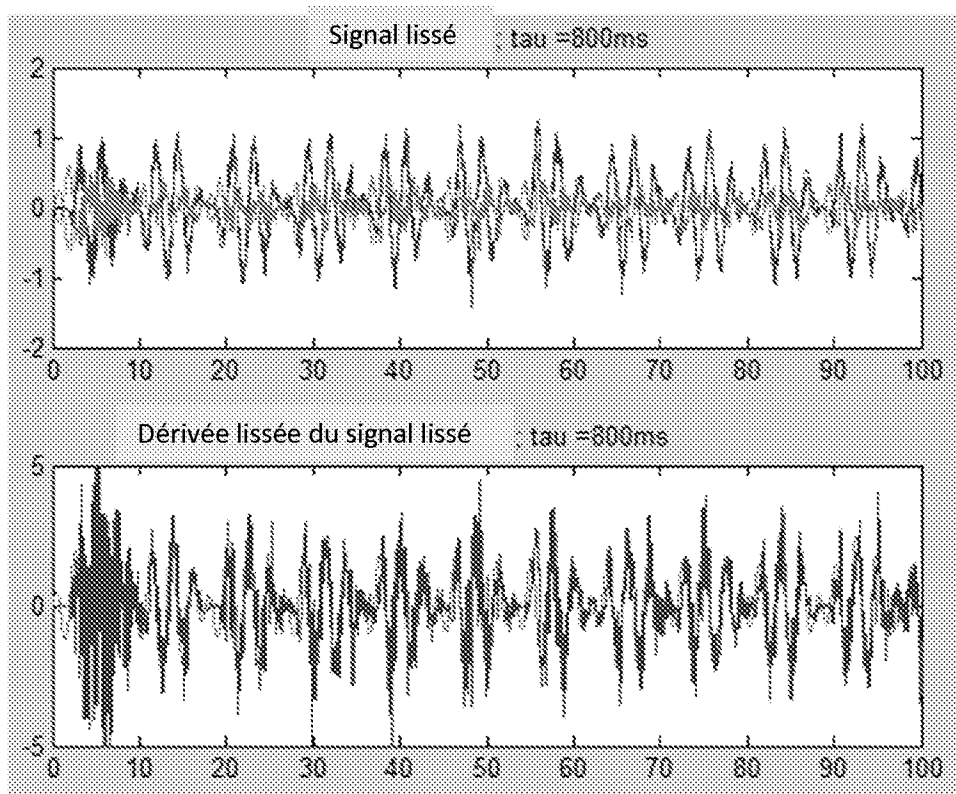


FIG. 8

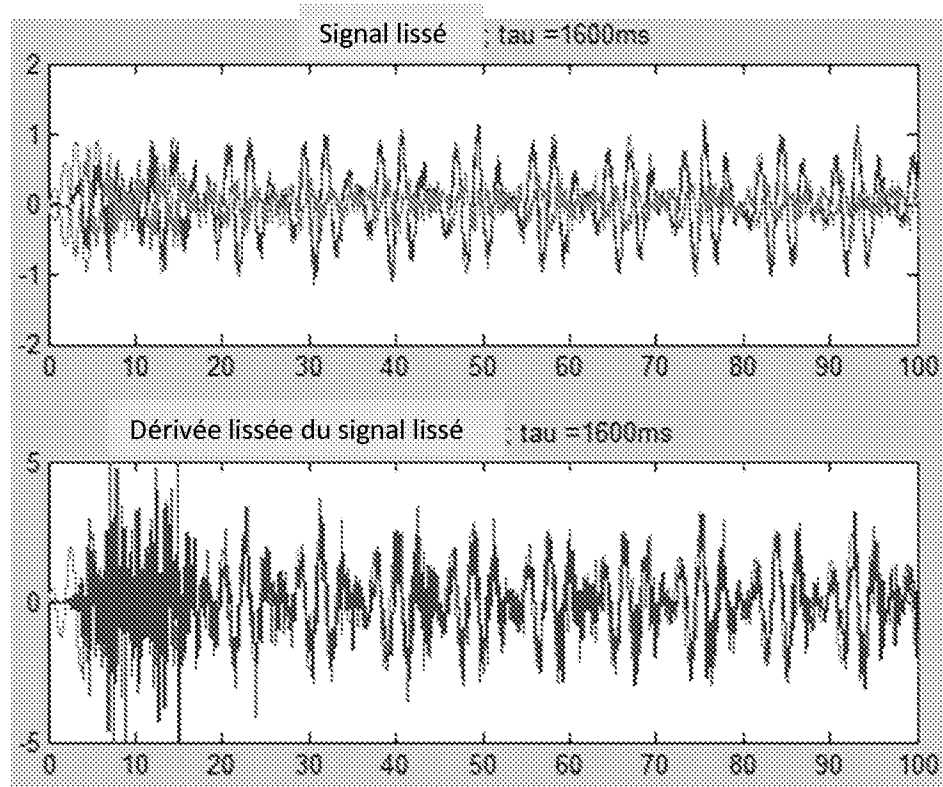


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G10K15/02
 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)
 G10K

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	FR 2 946 786 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 17 December 2010 (2010-12-17)	1,2,4-10
Y	abstract; claims 1, 9, 10 page 6, line 21 - page 7, line 19 page 8, line 28 - page 9, line 13	3
Y	----- EP 2 028 644 A2 (YAMAHA CORP [JP]) 25 February 2009 (2009-02-25) paragraphs [0001], [0004], [0021] - [0024]	3
A	----- US 2003/158729 A1 (ROYLE JOHN MARK [GB] ET AL) 21 August 2003 (2003-08-21) abstract; claims 1-5; figure 2 paragraphs [0003], [0034], [0035] -----	1-10



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

27 June 2016

Date of mailing of the international search report

07/07/2016

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

Vollmer, Thorsten

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050718

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2946786	A1	17-12-2010	EP 2443627 A2 25-04-2012
		FR 2946786 A1	17-12-2010
		WO 2010146275 A2	23-12-2010

EP 2028644	A2	25-02-2009	EP 2028644 A2 25-02-2009
		JP 4946723 B2	06-06-2012
		JP 2009046034 A	05-03-2009
		US 2009052682 A1	26-02-2009

US 2003158729	A1	21-08-2003	AT 463718 T 15-04-2010
		AU 2003209978 A1	04-09-2003
		EP 1481391 A1	01-12-2004
		ES 2341647 T3	24-06-2010
		US 2003158729 A1	21-08-2003
		WO 03069598 A1	21-08-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050718

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G10K15/02
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G10K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 946 786 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 17 décembre 2010 (2010-12-17)	1,2,4-10
Y	abrégé; revendications 1, 9, 10 page 6, ligne 21 - page 7, ligne 19 page 8, ligne 28 - page 9, ligne 13	3
Y	EP 2 028 644 A2 (YAMAHA CORP [JP]) 25 février 2009 (2009-02-25) alinéas [0001], [0004], [0021] - [0024]	3
A	US 2003/158729 A1 (ROYLE JOHN MARK [GB] ET AL) 21 août 2003 (2003-08-21) abrégé; revendications 1-5; figure 2 alinéas [0003], [0034], [0035]	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 juin 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/07/2016

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

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

Fonctionnaire autorisé

Vollmer, Thorsten

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050718

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2946786	A1	17-12-2010	EP 2443627 A2	25-04-2012
			FR 2946786 A1	17-12-2010
			WO 2010146275 A2	23-12-2010

EP 2028644	A2	25-02-2009	EP 2028644 A2	25-02-2009
			JP 4946723 B2	06-06-2012
			JP 2009046034 A	05-03-2009
			US 2009052682 A1	26-02-2009

US 2003158729	A1	21-08-2003	AT 463718 T	15-04-2010
			AU 2003209978 A1	04-09-2003
			EP 1481391 A1	01-12-2004
			ES 2341647 T3	24-06-2010
			US 2003158729 A1	21-08-2003
			WO 03069598 A1	21-08-2003
