

(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
25 juin 2015 (25.06.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/092253 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 29/14 (2006.01) *G01N 29/44* (2006.01)
B60C 23/00 (2006.01) *G01N 29/46* (2006.01)
G01H 1/12 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/053352

(22) Date de dépôt international :
15 décembre 2014 (15.12.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1362879 18 décembre 2013 (18.12.2013) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12 cours Sablon, F-63000 Clermont-ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-paccot (CH).

(72) Inventeurs; et

(71) Déposants (pour US seulement) : **PATURLE, Antoine** [FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-ferrand Cedex 9 (FR). **ANTONI, Jérôme** [FR/FR]; Manufacture

Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : **DE LA BIGNE, Guillaume**; LLR, 11 boulevard de Sébastopol, F-75001 Paris (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), eurasién (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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR ACOUSTIC DETECTION OF THE CONDITION OF THE ROAD AND THE TYRE

(54) Titre : MÉTHODE DE DÉTECTION ACOUSTIQUE DE L'ÉTAT DE LA ROUTE ET DU PNEUMATIQUE

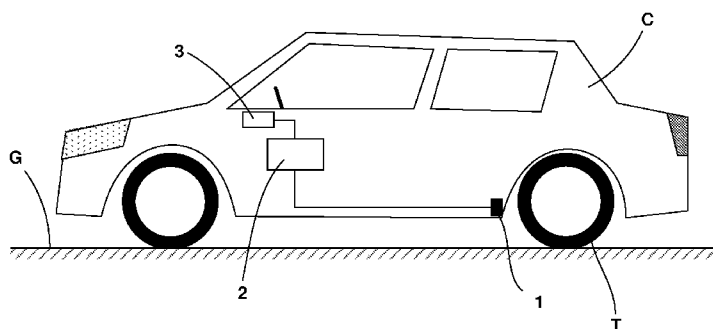


Fig 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for determining the condition of a road and the condition of a tyre, including the steps of: recording a measurement of the sound signal produced by the tyre travelling on the road during a given time interval; determining the spectral power density of the sound signal over a given frequency interval; segmenting the frequency interval into a plurality of frequency bands; and associating with each frequency band a piece of data representing the mean sound power measured in said frequency band, the representative data from a measurement forming the variables of a vector associated with said measurement; determining a condition of the road and of the tyre by means of a discriminant analysis of the data supported by a knowledge base. The representative data forming the variables of the vector associated with a measurement are obtained by calculating the ratio between the mean sound power measured in one frequency band and the total sound power measured over the entire frequency interval.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/092253 A1

**Publiée :**

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Méthode de détermination de l'état d'une route et de l'état d'un pneumatique comprenant les étapes au cours desquelles : on enregistre une mesure d'un signal sonore produit par le pneumatique roulant sur la route pendant une trame temporelle donnée, on détermine la densité spectrale de puissance du signal sonore sur un intervalle de fréquence donné, on segmente l'intervalle de fréquence en une pluralité de bandes de fréquence et on associe à chaque bande de fréquence une donnée représentative de la puissance sonore moyenne mesurée dans ladite bande de fréquence, les données représentatives issues d'une mesure formant les variables d'un vecteur associé à ladite mesure, on détermine un état de la route et du pneumatique à l'aide d'une analyse discriminante des données fondée sur une base d'apprentissage Les données représentatives formant les variables du vecteur associé à une mesure sont obtenues en faisant le ratio entre la puissance sonore moyenne mesurée dans une bande de fréquence et la puissance sonore totale mesurée sur tout l'intervalle de fréquence.

Méthode de détection acoustique de l'état de la route et du pneumatique

[001] L'invention concerne une méthode de détection de l'état de la route et du pneumatique équipant un véhicule se déplaçant sur cette route, à partir du bruit généré par le pneumatique lorsque celui-ci entre en contact avec le sol.

5 **[002]** Il s'avère utile en effet de connaître à tout instant l'état de la route ou du pneumatique, pour interagir avec le conducteur ou avec les systèmes d'assistance à la conduite, de manière à les informer en temps réel de l'évolution des conditions de roulage, et plus généralement, de la modification possible des conditions d'adhérence du pneumatique et de la tenue de route du véhicule.

10 **[003]** Ces méthodes ont donc pour objet de mettre en évidence l'évolution des conditions météorologiques telles que le passage entre des conditions de roulage sur sol sec, humide, mouillé, enneigé. Elles sont basées sur le constat que la fréquence et l'intensité sonores engendrées par le pneumatique varient lorsque l'état de la route change, et analysent des enregistrements sonores réalisés par des microphones
15 disposés à proximité du pneumatique et de la route.

[004] A partir de l'enregistrement d'un spectre fréquentiel des puissances sonores, on détermine l'état météorologique de la route à l'aide de ratios judicieusement choisis ou en comparant ce spectre à des données préenregistrées.

[005] On observe toutefois que la précision et la fiabilité de toutes ces méthodes
20 reposent en grande partie sur l'introduction de paramètres supplémentaires tels que la connaissance de la vitesse de roulage, de la température ou encore de la charge du véhicule, du degré d'usure ou du type de sculpture utilisé et, dans les méthodes les plus complexes, de l'enregistrement de l'état visuel de la route située en avant du véhicule. Il est donc nécessaire de combiner des informations en provenance de plusieurs capteurs,
25 ce qui n'est pas sans incidences sur le coût de la mise en œuvre des dispositifs proposés.

[006] L'invention a pour objet d'apporter une solution robuste à la problématique de détermination de l'état météorologique du sol. De manière complémentaire, la méthode proposée par l'invention permet également, de manière plus inattendue, de déterminer sur la seule base d'un enregistrement sonore, d'autres paramètres tels que le type de
30 revêtement, le degré d'usure du pneumatique ou encore le type de sculpture utilisé.

[007] Les enregistrements sonores sont réalisés à l'aide d'un microphone judicieusement placé sur le véhicule. La densité spectrale de la puissance sonore est

répartie sur un intervalle de fréquence donné. Ce spectre varie en fonction d'un ensemble de modalités telles que les conditions météorologiques, l'état de la route, le degré d'usure du pneumatique, le type de sculpture du pneumatique, et dans une moindre mesure, la pression de gonflage, la charge etc. Une des modalités majeures susceptible de modifier ce spectre, toutes les conditions restant égales par ailleurs, est la vitesse du véhicule au moment où on effectue la mesure.

[008] Il a été mis en évidence que cette variation pouvait être pratiquement neutralisée si, au lieu de considérer le spectre de puissance issu de la mesure, on recalcule ce spectre en "normalisant" les données mesurées à l'aide de la puissance sonore totale enregistrée pendant le temps de mesure sur l'ensemble de l'intervalle de fréquence. Ce qui a pour objet de gommer l'effet vitesse et de rendre la mesure sensiblement invariante à cette modalité.

[009] L'invention a pour objet de tirer parti de cette observation.

[0010] La méthode de détermination de l'état d'une route et de l'état d'un pneumatique monté sur un véhicule se déplaçant sur ladite route selon l'invention comprend donc les étapes au cours desquelles :

- on enregistre une mesure d'un signal sonore produit par le pneumatique roulant sur une surface de la route pendant une trame temporelle donnée,
- on détermine une densité spectrale de puissance du signal sonore sur un intervalle de fréquence donné,
- on segmente l'intervalle de fréquence en une pluralité de bandes de fréquence de largeurs préalablement déterminées, et on associe à chaque bande de fréquence une donnée représentative d'une puissance sonore moyenne mesurée dans ladite bande de fréquence, les données représentatives issues d'une mesure formant des variables d'un vecteur associé à ladite mesure,
- on détermine un état de la route et du pneumatique correspondant au vecteur associé à la mesure réalisée, à l'aide d'une analyse discriminante des données fondée sur une base d'apprentissage formée d'un ensemble de vecteurs associés à des mesures préalablement enregistrées et réalisées, selon les mêmes étapes que ci-dessus, dans des conditions de roulage connues selon des modalités représentant chacune un état donné de la route et du pneumatique.

[0011] La méthode se caractérise en ce que les données représentatives formant les variables d'un vecteur associé à une mesure sont obtenues en faisant le ratio entre la

puissance sonore moyenne mesurée dans une bande de fréquence et la puissance sonore totale mesurée sur tout l'intervalle de fréquence.

[0012] De la sorte, il n'est plus nécessaire de tenir compte de la vitesse, pour obtenir, à partir d'une seule mesure acoustique et sans qu'il soit nécessaire d'introduire des paramètres supplémentaires pour interpréter la mesure, des informations fiables sur l'état de la route et, comme on le verra également, sur l'état du pneumatique.

[0013] La méthode selon l'invention peut aussi comprendre isolément ou en combinaison les caractéristiques suivantes :

- 10 – La puissance sonore totale mesurée est égale à la somme des puissances sonores moyennes de toutes les bandes de fréquence de l'intervalle de fréquence considéré.
- Les bandes de fréquence sont déterminées en découpant l'intervalle de fréquence par tiers d'octave.
- La trame temporelle d'une mesure est inférieure ou égale à 0,5 secondes, et
15 préférentiellement inférieure ou égale à 0,25 secondes.
- L'intervalle de fréquence est compris entre 0Hz et 20KHz
- L'intervalle de fréquence est compris entre 200Hz et 20KHz.
- Une classe de modalités "météo", formée par différents états météorologiques de la route, comprend un état sec, un état humide et un état mouillé.
- 20 – Une classe de modalités "état du revêtement", formée par différents états du revêtement de la route, comprend un état fermé, un état médium et un état ouvert.
- Une classe de modalités "usure", formée par différents états d'usure du pneumatique, comprend un état neuf, un état mi-usé et un état usé.
- Une classe de modalités "sculpture", formée par différents types de sculptures
25 de pneumatiques, comprend une sculpture de type été et une sculpture de type hiver.
- L'analyse discriminante des données prévoit les étapes au cours desquelles :
 - à partir de la base d'apprentissage, on détermine un espace discriminant réduit dans lequel on identifie des zones formées par chaque modalité
30 ou combinaison de modalités,
 - on transforme le vecteur associé à une mesure dans ledit espace discriminant réduit et, en fonction de la localisation dudit vecteur, on associe à la mesure une probabilité selon chacune des modalités ou des combinaisons de modalités,

- on détermine la modalité la plus probable selon chacune des classes de modalités.
 - On associe à la mesure une modalité selon la modalité "état du revêtement", "usure" ou "sculpture", après avoir préalablement déterminé que la mesure a été effectuée sur une route sèche.
 - On associe à la mesure une probabilité selon chacune des combinaisons de modalités contenant cette modalité, et on attribue à cette mesure la modalité de la classe ayant la plus forte probabilité.
 - On réalise un diagnostic de l'état du pneumatique selon la modalité "usure" ou la modalité "sculpture" en combinant les résultats de mesures effectuées à des intervalles de temps différents.
 - On mesure le signal sonore engendré par le pneumatique à l'aide d'un microphone placé dans la partie avant d'un passage de roue situé à l'arrière du véhicule.
- 15 **[0014]** L'invention sera mieux comprise à la lecture des figures annexées, qui sont fournies à titre d'exemples et ne présentent aucun caractère limitatif, dans lesquelles :
- La figure 1 représente un véhicule équipé d'un dispositif de mesure et d'analyse de la puissance sonore d'un pneumatique.
 - La figure 2 représente un spectre de puissance sonore non "normalisé" pour des mesures réalisées à des vitesses différentes.
 - La figure 3 représente le même spectre de puissance après "normalisation".
 - La figure 4 représente les spectres moyens de puissance normalisés pour différents états météorologiques de la route.
 - La figure 5 représente une répartition des mesures dans un espace discriminant réduit à deux dimensions selon l'état météorologique de la route.
 - La figure 6 représente un diagramme fonctionnel des étapes de mise en œuvre de la méthode selon l'invention.

30 **[0015]** Le véhicule C roulant sur un sol G, représenté de manière schématique à la figure 1, comprend des passages de roue avant et arrière dans lesquels sont logées les roues équipées de pneumatiques T.

[0016] Lorsque le véhicule C se déplace, le pneumatique T génère un bruit dont l'amplitude et la fréquence dépendent de multiples facteurs. Cette pression sonore est en fait la superposition de bruits d'origines variées tels que les bruits engendrés par la mise en contact des pains de la sculpture avec le sol G, par les mouvements d'air entre les

éléments de sculpture, par les particules d'eau soulevées par le pneumatique, ou encore par les écoulements d'air liés à la vitesse du véhicule. L'écoute de ces bruits se superpose également avec les bruits liés à l'environnement du véhicule tels que le bruit du moteur. Tous ces bruits sont également dépendants de la vitesse du véhicule.

5 **[0017]** Un moyen d'écoute, tel qu'un microphone 1 est installé dans un passage de roue pour écouter les bruits de roulement aussi près que possible du lieu où ils sont engendrés. Bien évidemment, les précautions d'usage sont prises pour protéger le microphone des agressions extérieures telles que les projections d'eau, de boue ou de gravillons. A cet effet, le microphone est préférentiellement installé à l'avant du passage
10 de roue.

[0018] Idéalement, on peut considérer que l'installation d'un microphone dans chacun des passages de roue constitue le meilleur moyen de capter tous les bruits de roulage engendrés par les pneumatiques. Toutefois, pour déterminer l'état de la route (état météorologique et porosité du revêtement), un seul microphone est suffisant. Dans ce
15 dernier cas, il est préférable de l'isoler des bruits aérodynamiques et du moteur.

[0019] Un bon choix semble être d'installer le microphone au niveau de la partie avant d'un des passages de roue de l'essieu arrière.

[0020] Il est également possible de placer le microphone dans le parechoc arrière voire dans le parechoc avant.

20 **[0021]** Le véhicule comprend également un calculateur 2, relié au microphone, et configuré pour exécuter les opérations permettant de mettre en forme et d'analyser, comme cela sera décrit en détails par la suite, l'information brute provenant du microphone, et d'estimer l'état du sol ou du pneumatique en fonction d'une mesure de la puissance sonore détectée par le microphone.

25 **[0022]** Des moyens de stockage de l'information sont associés au calculateur. Ces moyens permettent de conserver en mémoire les données relatives à un plan d'apprentissage concernant des mesures réalisées dans des conditions de roulage connues et selon des modalités décrivant des états différents de la route ou du pneumatique.

30 **[0023]** Enfin, les informations concernant l'état de la route ou du pneumatique peuvent être transmises à des moyens d'affichage ou à des systèmes d'assistance à la conduite 3, ou encore sur un serveur éloigné.

[0024] On entend ici par modalité, un ensemble de conditions liées à l'état du sol ou du pneumatique aptes à faire varier de manière sensible la mesure de la pression sonore.

[0025] Comme cela a été évoqué, le nombre de paramètres ayant un impact potentiel sur le bruit du pneumatique peut être important. Toutefois, il apparaît que certains
5 paramètres ont une influence faible ou de deuxième ordre sur la nature du bruit généré par le pneumatique. Cela peut être le cas par exemple de la pression interne du pneumatique ou encore de la charge du pneumatique.

[0026] De manière surprenante, il apparaît que l'état météorologique de la route semble être un paramètre de premier ordre. Son impact sur le bruit du pneumatique est très
10 important et surtout indépendant de tous les autres paramètres tels que l'état du revêtement de la route, l'état d'usure du pneumatique ou encore le type de sculpture du pneumatique. Ces autres paramètres sont aussi susceptibles dans une moindre mesure de faire varier le bruit de roulage pour autant que l'on sache discerner leurs signatures acoustiques propres.

[0027] L'état météorologique de la route forme une première classe de modalités, dite classe "météo", dans laquelle on différencie une route sèche d'une route humide, caractérisée par une hauteur d'eau affleurant les rugosités naturelles du revêtement de la route, ou d'une route mouillée pour laquelle la hauteur d'eau dépasse le niveau des rugosités naturelles du revêtement de la route. La connaissance en temps réel de
20 l'évolution des conditions météorologiques de la route est d'une importance de premier ordre pour adapter, par exemple, les systèmes d'aide à la conduite.

[0028] On distingue aussi dans une seconde classe de modalités, dite classe "état du revêtement", différents états du revêtement de la route. Un revêtement est qualifié de revêtement fermé lorsqu'il prend un aspect lisse et sans rugosités, comme par exemple
25 un bitume ayant ressué après avoir subi de fortes chaleurs. Un revêtement sera considéré comme ouvert, lorsque les rugosités sont importantes comme celles d'un revêtement usé ou celui d'une route de campagne réparée rapidement à l'aide d'un enduit superficiel réalisé par projection de cailloux sur du bitume. Un revêtement medium décrit tous les revêtements dans un état intermédiaire entre les deux états précédents et qualifie plus
30 particulièrement les revêtements neufs. On suppose ici que la porosité du revêtement influence la perméabilité ou la réflexion sonore du bruit engendré par le pneumatique. En effet, le phénomène de pompage de l'air emprisonné entre le sol et la sculpture du pneumatique, ainsi que le phénomène d'amplification du bruit par le coin d'air formé par la

courbure du pneumatique et le sol, sont d'autant plus prononcés que le revêtement de la route est fermé. La connaissance en temps réel de l'état d'une route peut s'avérer utile dans le cas où, par exemple, cette information est retournée par un grand nombre de véhicules ou une flotte de véhicules dédiés, vers un système centralisé de suivi et d'entretien du réseau routier.

[0029] Concernant l'état du pneumatique, il est possible de reconnaître l'état d'usure en distinguant, dans une troisième classe de modalités, dite classe "usure", l'état neuf, l'état usé, et un état intermédiaire considéré ici comme l'état du pneumatique à mi-usure. Une information de l'évolution dans le temps de la caractéristique d'usure, est également capitale, surtout si elle est couplée à l'information de l'état météorologique de la route. En effet, il est connu qu'un véhicule équipé de pneumatiques usés qui roule sur un revêtement mouillé risque plus facilement de perdre son adhérence (« aquaplaning ») que s'il avait des pneus neufs.

[0030] Enfin, la méthode selon l'invention est capable de discerner une quatrième classe de modalités, dite classe "sculpture" et relative au type de sculpture du pneumatique, en distinguant s'il s'agit d'une sculpture de type été d'une sculpture de type hiver. Ces deux types de pneumatiques se distinguent essentiellement par des bandes de roulement ayant des sculptures différentes, fortement entaillées et lamérisées dans le cas des sculptures hiver, plus directionnelles et moins entaillées dans le cas des sculptures été, ainsi que par la nature des matériaux formant la bande de roulement, plus tendre dans le cas des pneumatiques hiver, et plus dure dans le cas des pneumatiques été. Ces caractéristiques ne sont pas sans influence sur le comportement et la tenue de route du véhicule, et peuvent constituer une information utile pour adapter le système de conduite, en particulier dans les régions où les montes de pneumatiques alternent entre les périodes d'été et les périodes d'hiver.

[0031] La méthode selon l'invention permet de mettre en évidence chacune des modalités de ces différentes classes de manière isolée comme cela est le cas plus particulièrement pour la caractéristique météo ou de manière combinée pour les autres caractéristiques.

[0032] La figure 2 est une représentation spectrale de la puissance sonore enregistrée par le microphone pendant une trame temporelle. On entend ici par trame temporelle l'intervalle de temps, généralement court, pendant lequel on effectue un enregistrement sur la base duquel sont établies les données servant de base à une mesure. Cette trame

temporelle est inférieure ou égale à 0,5 secondes ou idéalement inférieure ou égale à 0,25 secondes.

5 **[0033]** Cette représentation spectrale représente la puissance sonore reçue (en dB) en fonction de la fréquence, sur un intervalle de fréquence donné, typiquement ici, l'intervalle de fréquence audible, compris entre 0 Hz et 20 KHz.

10 **[0034]** Plus spécifiquement la représentation spectrale de la figure 2 est obtenue en décomposant l'intervalle de fréquence en bandes de fréquence de largeurs prédéterminées, et en affectant à chaque bande de fréquence une valeur caractéristique égale à la puissance moyenne mesurée dans cette bande de fréquence. Un découpage de l'intervalle de fréquence par bandes de tiers d'octave semble être le plus approprié. Ainsi, chaque point de chacune des courbes de la figure 2 représente une puissance sonore moyenne pour une bande de fréquence donnée et mesurée pendant une trame temporelle dans des conditions de roulage dans lesquelles, toutes choses égales par ailleurs, on ne fait varier que la vitesse (typiquement de 30kmh à 110kmh).

15 **[0035]** On observe alors que les courbes représentant les puissances spectrales sont décalées les unes par rapport aux autres, et que la puissance sonore totale dissipée augmente en fonction de la vitesse. Pour autant la forme générale des courbes reste similaire.

20 **[0036]** Cette observation se reproduit lorsque l'on change une ou plusieurs modalités des autres classes et que l'on compare les courbes obtenues en ne faisant varier que le seul paramètre vitesse.

25 **[0037]** On détermine alors la puissance sonore totale sur l'ensemble de l'intervalle de fréquence, qui peut être assimilée à la surface comprise entre la courbe et l'axe des abscisses et, pour chaque bande de fréquence, on divise la puissance moyenne observée dans cette bande de fréquence pendant une trame temporelle donnée, par la puissance totale enregistrée pendant cette trame temporelle sur tout l'intervalle de fréquence. Cela revient en quelque sorte à "normaliser" la mesure.

30 **[0038]** On observe alors à la figure 3 que les courbes obtenues préalablement, se recouvrent sensiblement et ont des profils très proches, en particulier dans les bandes de fréquences les plus élevées et les plus représentatives des phénomènes sonores décrits précédemment.

[0039] Cette "normalisation" permet de neutraliser l'effet lié à la vitesse, sans pour

autant modifier de manière sensible la capacité d'analyse qu'il est possible de produire à partir d'un enregistrement sonore pendant une trame temporelle déterminée.

[0040] Cet avantage peut s'avérer décisif lorsque l'on ne souhaite pas relier le calculateur 2 à des moyens d'évaluation de la vitesse du véhicule, et que l'on désire
5 obtenir des informations sur l'état de la route ou du véhicule de manière autonome.

[0041] Par souci de simplification et de rapidité dans l'exécution des calculs, on peut considérer que la puissance totale est égale à la somme des puissances moyennes dans chacune des bandes de fréquence de l'intervalle de fréquence considéré.

[0042] Chacun des points de la courbe de la figure 3 est une valeur représentative de la
10 puissance sonore moyenne dans une bande de fréquence donnée. L'ensemble de ces points peut alors constituer un vecteur dans un espace vectoriel comprenant autant de dimensions que de bandes de fréquences. Dans l'exemple servant de support à la présente description, on obtient un vecteur comprenant 21 dimensions en considérant un
15 intervalle de fréquence segmenté par tiers d'octave et compris dans l'intervalle de fréquence situé entre 200Hz et 20KHz. On observera au passage que la somme des valeurs formant les coordonnées d'un vecteur est égale à 1.

[0043] Le choix de l'intervalle de fréquence peut lui aussi être adapté selon que l'on souhaite éliminer totalement le bruit généré par le moteur dont l'amplitude maximale est comprise entre 50Hz et 60Hz, auquel cas on considèrera un intervalle de fréquence
20 compris par exemple entre 200Hz et 20KHz, ou si l'on désire conserver la part d'information pertinente contenue dans la gamme de fréquence inférieure à 200Hz, auquel cas on prendra en compte le spectre sur tout l'intervalle compris entre 0Hz et 20KHz.

[0044] L'enregistrement de la puissance sonore pendant une trame de temps peut être
25 fait à partir d'un échantillonnage à haute fréquence (autour de 40 kHz) du signal sonore.

[0045] La mise en œuvre de l'invention comprend une phase d'apprentissage préalable, au cours de laquelle on effectue un grand nombre de mesures en faisant varier de manière connue les modalités décrites ci-dessus, et décrivant l'état météorologique, l'état de la route, l'état d'usure ou le type de sculpture du pneumatique. A chacune de ces
30 mesures, on affecte un vecteur obtenu dans les conditions décrites ci-dessus. On constitue de la sorte une base d'apprentissage spécifique à un véhicule.

[0046] Les méthodes d'analyse et de traitement statistiques des données sont connues

en soi et ne font pas l'objet de cette invention. La méthode d'analyse discriminante linéaire qui a été utilisée a permis d'obtenir des résultats fiables et robustes.

5 **[0047]** Une première étape de cette méthode consiste à déterminer les axes factoriels principaux qui permettent de réduire le nombre de dimensions au nombre juste nécessaire pour décrire les vecteurs affectés à chacune des mesures selon des axes orthogonaux. Le passage de l'espace vectoriel dont le nombre de dimensions est égal au nombre de bandes de fréquences, typiquement égal à 21 dimensions, dans l'espace discriminant réduit se fait à l'aide d'une transformation linéaire.

10 **[0048]** Une deuxième étape consiste alors, à l'aide de l'analyse discriminante proprement dite à rechercher, dans cet espace discriminant réduit les zones dans lesquelles se situent les mesures obtenues pendant la phase d'apprentissage selon une modalité unique donnée ou selon une combinaison de modalités.

15 **[0049]** On entend ici par combinaison de modalités un état représentatif d'une mesure donnée réalisée selon une modalité choisie dans chacune des classes. A titre d'exemple une mesure réalisée à l'état "mouillé", sur une route "fermée" avec un pneumatique "été" et "usé" représente la combinaison de modalité "mouillé-fermée-été-usé". Le nombre de modalités combinées est donc égal au produit du nombre de modalités de chacune des classes.

20 **[0050]** Puis, on calcule dans cet espace discriminant réduit le centre de gravité de la zone dans laquelle sont situés les points représentant une modalité ou une combinaison de modalités, ainsi qu'un intervalle de confiance représentatif de la dispersion des points d'une même zone par rapport à ce centre de gravité.

25 **[0051]** Dans l'exemple servant de support à la présente description, la diminution du nombre de dimensions entre l'espace discriminant de départ et l'espace discriminant réduit permet de passer de 21 dimensions à environ 15 dimensions. Cette faible réduction permet d'observer que c'est la prise en compte de la forme totale du spectre qui est caractéristique de l'expression des différentes modalités. Et de laisser penser que la prise en compte des puissances d'un nombre réduit de bandes de fréquence ne permet pas de faire ressortir une modalité particulière concernant la route ou le pneumatique, à
30 l'exception des modalités liées à l'état météorologique de la route.

[0052] La figure 4, représente la répartition spectrale de la puissance sonore "normalisée", par bandes de fréquence de 1/3 d'octave pour trois états météorologiques

de la route, toutes les modalités des autres classes étant égales par ailleurs.

[0053] La figure 5 permet de visualiser dans un espace à deux dimensions la répartition des mesures selon une des modalités "sec", "humide", "mouillé" de la classe "météo" de la route.

- 5 **[0054]** Une première observation permet de constater que les mesures réalisées sur un sol sec sont ne se recouvrent pas avec les mesures réalisées sur sol humide ou mouillé. Une seconde observation, permet de conclure qu'il est possible de déterminer l'état météorologique de la route de manière indépendante des modalités des autres classes avec une bonne robustesse.
- 10 **[0055]** Les ellipses entourant chacun des nuages de points sont placées à un, deux et trois écarts types, et permettent d'évaluer la dispersion des mesures autour du centre de gravité, et surtout d'apprécier le taux de recouvrement d'une zone par rapport à une autre qui est représentatif du risque d'affectation à tort à une autre modalité d'une mesure réalisée selon une modalité donnée différente.
- 15 **[0056]** A partir de ces données, il est également possible de déterminer la probabilité d'appartenance d'une nouvelle mesure à une des trois modalités de la classe "météo" de la route en évaluant la distance de ce point au centre de gravité de chacune de ces modalités.
- 20 **[0057]** Le tableau 1 donne les probabilités de classification de l'état météorologique de la route selon l'une des trois modalités "sec", "humide", "mouillé".

P _j /i	J = Sec	J=Humide	J=Mouillé
i=Sec	1	0	0
i=Humide	0	0,91	0,09
i=Mouillé	0	0,03	0,97

Tableau 1

- [0058]** On obtient, comme on le voit, des probabilités suffisamment élevées pour conclure que le véhicule roule sur une route "sèche", "humide" ou "mouillée". Et seule la reconnaissance de la modalité "humide" peut faire l'objet d'une attribution à tort à la modalité "mouillé" dans 9% des cas.

[0059] De même, il serait possible de déterminer l'état du revêtement de la route, avec une moindre robustesse que l'état météo de la route, sans qu'il soit nécessaire de

connaître préalablement l'état du pneumatique. Toutefois, on préférera réaliser cette analyse lorsque la route est sèche. Cette observation suggère que certains phénomènes acoustiques liés à la porosité et à la réflexion du sol sont indépendants de la nature du pneumatique.

5 **[0060]** En revanche, en faisant des analyses similaires, on constate que les zones abritant les vecteurs relatifs aux modalités liées à l'état du pneumatique (usure ou sculpture) sont relativement dispersées et s'interpénètrent fortement (forte dispersion autour du centre de gravité, et faible éloignement des centres de gravité) ce qui ne permet pas de conclure à une modalité précise sans un risque élevé de détermination à tort, en
10 particulier lorsque l'état de la route est "humide" ou "mouillé".

[0061] Aussi, pour assurer une bonne robustesse, la méthode prévoit de faire une première analyse de l'état météorologique de la route et, lorsqu'il est observé que le véhicule roule sur un sol "sec", de procéder à une deuxième analyse permettant de
15 discerner les modalités relatives au revêtement de la route, à l'état d'usure du pneumatique et au type de sculpture du pneumatique.

[0062] Pour plus de robustesse, il semble alors préférable de faire l'analyse discriminante en s'appuyant sur les modalités combinées des trois classes. On localise dans l'espace discriminant réduit les nuages de points représentatifs des vecteurs et des
20 mesures réalisées selon une combinaison donnée de modalités choisies dans chacune des trois classes de modalité "état du revêtement", "usure", "sculpture".

[0063] Les modalités liées à la sculpture du pneumatique sont notées "A" pour un pneumatique "hiver" et "P" pour un pneumatique "été", les modalités de l'état d'usure sont notées "N" pour un pneumatique "neuf", "M" pour un pneumatique "mi-usé" et "U" pour un
25 pneumatique "usé", et enfin, les modalités de l'état du revêtement sont notées "f" pour la modalité "fermée", "m" pour la modalité "médium" et "o" pour la modalité "ouverte". Les 18 modalités combinées sont alors notées respectivement : ANf, ANm, ANo, AMf, AMm, AMo, AUf, AUm, AUo, PNf, PNm, PNo, PMf, PMm, PMo, PUf, PUm, PUo.

[0064] Le tableau 2 donne les probabilités obtenues à partir des résultats de mesures contenus dans la base d'apprentissage, pour chacune des 18 combinaisons de modalités.
30 La dispersion des mesures, observée pour les modalités seules, est alors beaucoup plus faible pour les modalités combinées et permet de procéder à une classification de manière plus efficace.

	ANf	ANm	ANo	AMf	AMm	AMo	AUf	AUm	AUo	PNf	PNm	PNo	PMf	PMm	PMo	PUf	PUm	PUo
ANf	0,9	0,02		0,03			0											
ANm		0,99			0,01													
ANo			0,96									0						
AMf				0,95			0			0								
AMm			0,01		0,95			0,01						0,01			0,03	
AMo			0,03			0,96												
AUf							1											
AUm					0,01			0,97						0,01			0,01	
AUo									0,91									0,1
PNf							0			1						0		
PNm		0,01									0,97			0,02				
PNo												1						
PMf													1			0		
PMm		0,01			0,02					0,01				0,96				
PMo															1			
PUf													0			1		
PUm								0,06						0,03			0,91	
PUo						0,03			0,1									0,9

Tableau 2

[0065] La probabilité globale de détection d'une des combinaisons de modalité est de l'ordre de 0,96.

- 5 **[0066]** L'étape suivante consiste à reconnaître, pour une nouvelle mesure donnée, la modalité de chacune des classes "état du revêtement", "usure" et "sculpture" dans laquelle la mesure a été effectuée.

[0067] Le tableau 3 permet de déterminer les probabilités de détection de la modalité d'une des trois classes en fonction des combinaisons de modalités.

- 10 **[0068]** Ce tableau 3 indique que, si une mesure est affectée à la classe "AUf" (Hiver, Usé revêtement fermé), on peut avoir une bonne confiance dans la détermination de la sculpture (1), de l'état d'usure (U) et de l'état du revêtement (1). Une relative moins bonne confiance est obtenue dans la classe "AUo" (Hiver, Usé, ouvert) pour laquelle la prédiction sur le type de sculpture pneumatique est moins bonne (0,91).

Classe trouvée	Probabilité de détection de la classe		
	Sculpture	Usure	Revêtement
ANf	1	0,95	0,98
ANm	1	0,99	1
ANo	0,96	1	1
AMf	0,98	0,95	1
AMm	0,97	0,96	1
AMo	0,99	0,96	0,99
AUf	1	1	1
AUm	0,98	0,98	1
AUo	0,91	1	1
PNf	0,98	0,95	1
PNm	0,99	0,98	1
PNo	1	1	1
PMf	1	0,97	1
PMm	0,97	0,98	1
PMo	1	1	1
PUf	1	0,97	1
PUm	0,94	0,97	1
PUo	0,87	0,97	1

Tableau 3

[0069] A partir de la base d'apprentissage, on localise les zones dans lesquelles sont situées les modalités combinées dans l'espace discriminant réduit, ainsi que leur centre de gravité et leur dispersion. Typiquement, dans le cas de la présente description, on localise dans l'espace discriminant réduit, les 18 zones des 18 modalités combinées considérées.

[0070] Puis, à partir de la localisation du vecteur associé à chaque nouvelle mesure et transformé dans l'espace vectoriel réduit, on détermine pour chacune des modalités d'une classe, une probabilité pour chacune des combinaisons de modalité contenant cette modalité, et on attribue à cette mesure la modalité de la classe ayant la plus forte probabilité.

[0071] Ainsi, si la classe météo trouvée est "sec", les 21 variables du vecteur issu de la mesure permettent, en s'appuyant sur l'analyse discriminante basée sur la base d'apprentissage de déterminer une probabilité d'appartenance à une des modalités combinées, selon la classe "état du revêtement", la classe "usure" ou la classe "sculpture", soit typiquement, dans le cas servant de support à la présente description, la

probabilité d'appartenance à une des 18 classes de modalités combinées : ANf, ANm, ANo, AMf, AMm, AMo, AUf, AUm, AUo, PNf, PNm, PNo, PMf, PMm, PMo, PUf, PUm, PUo. Cette probabilité se calcule par exemple en évaluant une distance par rapport au centre de gravité de la classe de modalité combinée considérée.

- 5 **[0072]** La probabilité d'appartenance de la mesure à une des modalités d'une classe particulière, autre que la classe météo, s'effectue alors à l'aide d'un second calcul de probabilité dénommé modèle "sculpture+usure+revêtement sur sol sec" de la manière suivante.

- [0073]** La probabilité de la modalité état du revêtement "fermé" est déduite de la relation
 10 $p(\text{revêtement} = \text{"fermé"}) = p(\text{« fermé »}) = p(\text{ANf}) + p(\text{AMf}) + p(\text{AUf}) + p(\text{PNf}) + p(\text{PMf}) + p(\text{PUf})$

[0074] De même, on déduit :

$p(\text{revêtement} = \text{"médium"}) = p(\text{"médium"}) = p(\text{ANm}) + p(\text{AMm}) + p(\text{AUm}) + p(\text{PNm}) + p(\text{PMm}) + p(\text{PUm})$, et

- 15 $p(\text{revêtement} = \text{"ouvert"}) = p(\text{"ouvert"}) = p(\text{ANo}) + p(\text{AMo}) + p(\text{AUo}) + p(\text{PNo}) + p(\text{PMo}) + p(\text{PUo})$.

[0075] On cherche alors celle des trois probabilités qui est maximum et qui donne la modalité de l'état du revêtement détecté et la probabilité associée :

$p(\text{revêtement}) = \max [p(\text{"fermé"}), p(\text{"médium"}), p(\text{"ouvert"})]$.

- 20 **[0076]** De même, $p(\text{sculpture}) = \max [p(\text{"Hiver"}), p(\text{"Eté"})]$ avec :

$p(\text{sculpture} = \text{"Hiver"}) = p(\text{"Hiver"}) = p(\text{ANf}) + p(\text{ANm}) + p(\text{ANo}) + p(\text{AMf}) + p(\text{AMm}) + p(\text{AMo}) + p(\text{AUf}) + p(\text{AUm}) + p(\text{AUo})$ et

$p(\text{sculpture} = \text{"Eté"}) = p(\text{"Eté"}) = p(\text{PNf}) + p(\text{PNm}) + p(\text{PNo}) + p(\text{PMf}) + p(\text{PMm}) + p(\text{PMo}) + p(\text{PUf}) + p(\text{PUm}) + p(\text{PUo})$.

- 25 **[0077]** Enfin, l'usure est donnée par $p(\text{usure}) = \max [p(\text{"neuf"}), p(\text{"mi-usé"}), p(\text{"usé"})]$ avec :

$p(\text{usure} = \text{"neuf"}) = p(\text{"neuf"}) = p(\text{ANf}) + p(\text{ANm}) + p(\text{ANo}) + p(\text{PNf}) + p(\text{PNm}) + p(\text{PNo})$,

$p(\text{usure} = \text{"mi-usé"}) = p(\text{"mi-usé"}) = p(\text{AMf}) + p(\text{AMm}) + p(\text{AMo}) + p(\text{PMf}) + p(\text{PMm}) + p(\text{PMo})$ et,

- 30 $p(\text{usure} = \text{"usé"}) = p(\text{"usé"}) = p(\text{AUf}) + p(\text{AUm}) + p(\text{AUo}) + p(\text{PUf}) + p(\text{PUm}) + p(\text{PUo})$.

[0078] La probabilité d'affectation à une modalité issue d'une mesure donnée est alors confrontée à un seuil déterminé pour décider de la validité du résultat trouvé et de sa

transmission à un système d'affichage ou d'assistance à la conduite. A titre d'exemple, toutes les détections dont la probabilité de classement n'est pas au moins égale à 0.75 sont rejetées. Et si cette probabilité est comprise entre 0.95 et 0.75, le résultat issu de la mesure doit être confirmé par une ou plusieurs mesures suivantes.

- 5 **[0079]** On observera ici que, à l'inverse de l'état météorologique ou de l'état du revêtement de la route qui peuvent évoluer brusquement et qui nécessitent des prises de décision rapides, l'évolution de l'usure ou le type de sculpture du pneumatique sont des facteurs beaucoup plus stables dans le temps, typiquement sur des échelles de temps correspondant à des distances parcourues de 100 kilomètres voire de 1000 kilomètres.
- 10 Cependant comme la détection de ces paramètres pneumatique dépend de l'état de la route, on arrive au paradoxe qu'il faut pouvoir les détecter quasiment aussi rapidement que l'état de la route.

- [0080]** On peut réduire fortement la probabilité d'une détermination à tort sur ces deux critères en cumulant les observations obtenues à l'aide de plusieurs mesures
- 15 consécutives, avant de décider de l'état d'usure réel ou du type de sculpture de pneumatique monté sur le véhicule.

[0081] La figure 6 donne la séquence des opérations mises en œuvre dans la méthode selon l'invention.

- [0082]** Après avoir effectué la mesure du spectre fréquentiel de la puissance sonore sur
- 20 une trame de temps donnée, typiquement pendant 1/4 de seconde, on découpe le spectre en bandes de largeurs connues, typiquement en 1/3 d'octaves, sur un intervalle de fréquence donné, typiquement de 200Hz à 20KHz. L'échantillonnage de la mesure, pendant la trame de temps de 0,25 seconde, est fait à une fréquence de 44100 KHz.

- [0083]** A l'aide d'une transformation linéaire on fait passer le vecteur normalisé issu de
- 25 la mesure, de l'espace à 21 dimensions dans un espace discriminant réduit. On détermine alors directement l'état météorologique de la route et, si on constate que la route est dans la modalité "sec" on détermine les probabilités d'association de la mesure à chacune des modalités combinées et on en déduit successivement le type de sculpture du pneumatique, l'usure du pneumatique et l'état du revêtement de la route en appliquant le
- 30 modèle sculpture+usure+revêtement sur sol sec.

[0084] Le cumul des résultats relatifs à l'état du pneumatique peut alors être déterminé avec une bonne robustesse en cumulant les résultats des mesures effectuées à des

intervalles de temps réguliers, de manière à transmettre un diagnostic de l'état du pneumatique et de l'état de la route à un moyen d'affichage ou à un système d'assistance à la conduite ou vers une unité de surveillance de l'état des routes.

5 **[0085]** L'invention permet donc de déterminer de manière robuste et sur la base d'une seule mesure d'intensité sonore réalisée pendant une trame de temps courte, l'état météorologique de la route ainsi que, de manière plus inattendue, l'état du revêtement de la route ou du pneumatique en s'affranchissant de la connaissance de la vitesse du véhicule.

10 **[0086]** Les modes de réalisation de l'invention servant de base à la présente description ne sont pas limitatifs, et peuvent faire l'objet de variantes de mise en œuvre, en particulier dans le choix des méthodes d'analyse numérique des données, pour autant qu'ils permettent d'obtenir les effets techniques tels que décrits et revendiqués.

REVENDEICATIONS

1. Méthode de détermination de l'état d'une route (G) et de l'état d'un pneumatique (T) monté sur un véhicule (C) se déplaçant sur ladite route, comprenant les étapes au
5 cours desquelles :
 - on enregistre une mesure d'un signal sonore produit par le pneumatique roulant sur une surface de la route pendant une trame temporelle donnée,
 - on détermine une densité spectrale de puissance du signal sonore sur un
10 intervalle de fréquence donné,
 - on segmente l'intervalle de fréquence en une pluralité de bandes de fréquence de largeurs préalablement déterminées, et on associe à chaque bande de fréquence une donnée représentative d'une puissance sonore moyenne mesurée dans ladite bande de fréquence, les données représentatives issues d'une mesure formant des variables d'un vecteur associé à ladite mesure,
 - 15 – on détermine un état de la route et du pneumatique correspondant au vecteur associé à la mesure réalisée, à l'aide d'une analyse discriminante des données fondée sur une base d'apprentissage formée d'un ensemble de vecteurs associés à des mesures préalablement enregistrées et réalisées, selon les mêmes étapes que ci-dessus, dans des conditions de roulage connues selon des modalités
20 représentant chacune un état donné de la route et du pneumatique,

caractérisée en ce que les données représentatives formant les variables du vecteur associé à une mesure sont obtenues en faisant le ratio entre la puissance sonore moyenne mesurée dans une bande de fréquence et une puissance sonore totale mesurée sur tout l'intervalle de fréquence.
- 25 2. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la puissance sonore totale mesurée est égale à la somme des puissances sonores moyennes de toutes les bandes de fréquence de l'intervalle de fréquence considéré.
3. Méthode selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle les bandes de fréquence sont déterminées en découpant l'intervalle de fréquence par tiers d'octave.
- 30 4. Méthode selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la trame temporelle d'une mesure est inférieure ou égale à 0,5 secondes, et préférentiellement inférieure ou égale à 0,25 secondes.
5. Méthode selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle l'intervalle de

fréquence est compris entre 0Hz et 20KHz

6. Méthode selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle l'intervalle de fréquence est compris entre 200Hz et 20KHz.
7. Méthode selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle une classe de modalités "météo", formée par différents états météorologiques de la route, comprend un état sec, un état humide et un état mouillé.
8. Méthode selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle une classe de modalités "état du revêtement", formée par différents états du revêtement de la route, comprend un état fermé (f), un état médium (m) et un état ouvert (o).
9. Méthode selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle une classe de modalités "usure", formée par différents états d'usure du pneumatique, comprend un état neuf (N), un état mi-usé (M) et un état usé (U).
10. Méthode selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle une classe de modalités "sculpture", formée par différents types de sculptures de pneumatiques, comprend une sculpture de type été (P) et une sculpture de type hiver (A).
11. Méthode selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle l'analyse discriminante des données prévoit les étapes au cours desquelles :
 - à partir de la base d'apprentissage, on détermine un espace discriminant réduit dans lequel on identifie des zones formées par chaque modalité ou combinaison de modalités,
 - on transforme le vecteur associé à une mesure dans ledit espace discriminant réduit et, en fonction de la localisation dudit vecteur, on associe à la mesure une probabilité selon chacune des modalités (sec, humide, mouillé, fermé, ouvert, médium, usé, mi-usé, neuf, été, hiver) ou des combinaisons de modalités (ANf, ANm, ANo, AMf, AMm, AMo, AUf, AUm, AUo, PNf, PNm, PNo, PMf, PMm, PMo, PUf, PUm, PUo),
 - on détermine la modalité la plus probable selon chacune des classes de modalités ("météo", "état du revêtement", "usure", "sculpture").
12. Méthode selon la revendication 11, dans laquelle on associe à la mesure une modalité selon la modalité "état du revêtement", "usure" ou "sculpture", après avoir préalablement déterminé que la mesure a été effectuée sur une route sèche.

13. Méthode selon la revendication 12 dans laquelle :
- pour chacune des modalités d'une classe, on associe à la mesure une probabilité selon chacune des combinaisons de modalités contenant cette modalité,
- 5 – on attribue à cette mesure la modalité de la classe ayant la plus forte probabilité.
14. Méthode selon la revendication 13, dans laquelle on réalise un diagnostic de l'état du pneumatique selon la modalité "usure" ou la modalité "sculpture" en combinant les résultats de mesures effectuées à des intervalles de temps différents.
- 10 15. Méthode selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle on mesure le signal sonore engendré par le pneumatique (T) à l'aide d'un microphone (1) placé dans la partie avant d'un passage de roue situé à l'arrière du véhicule (C).

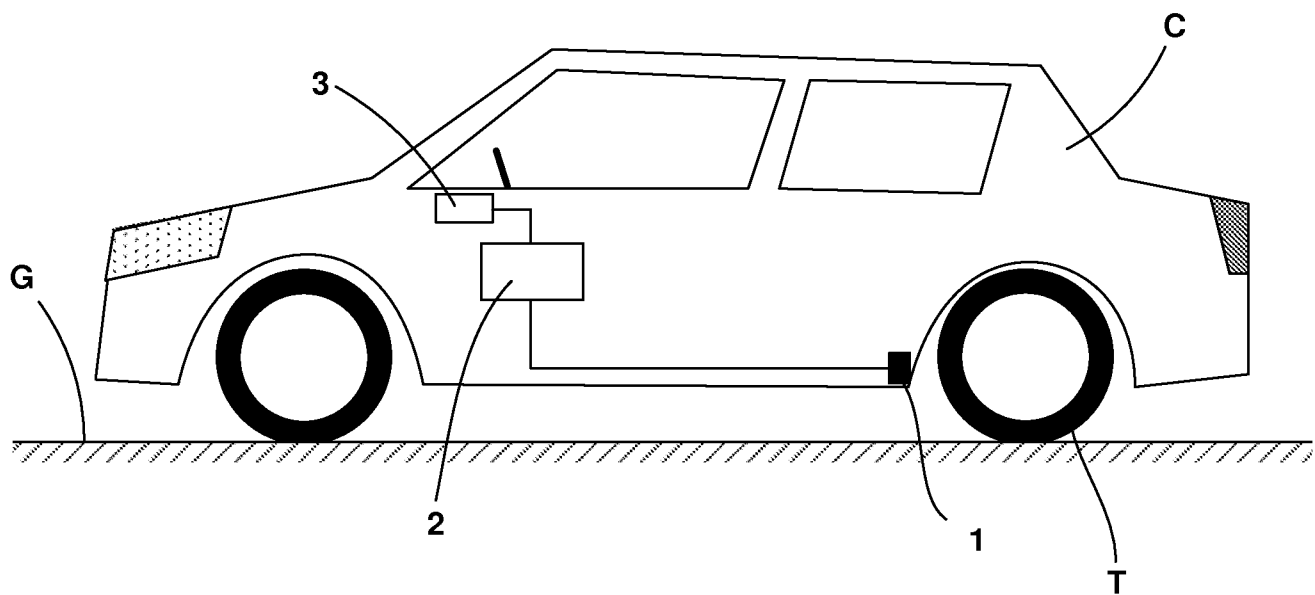


Fig 1

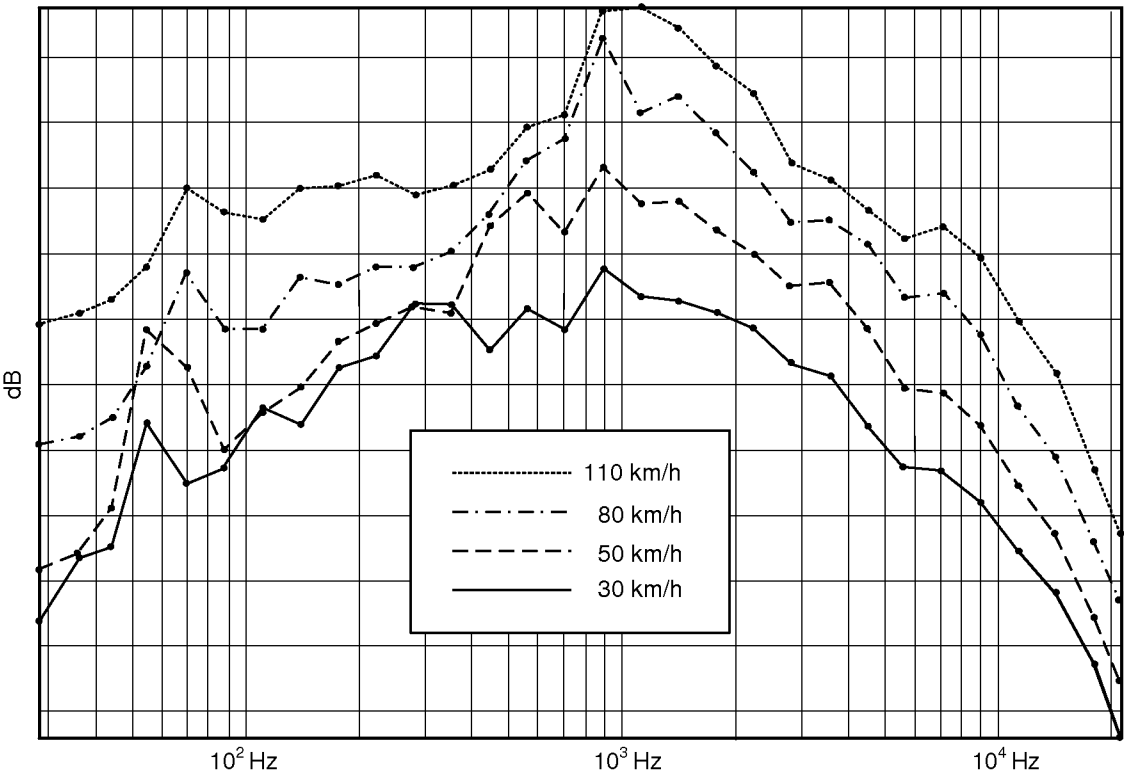


Fig 2

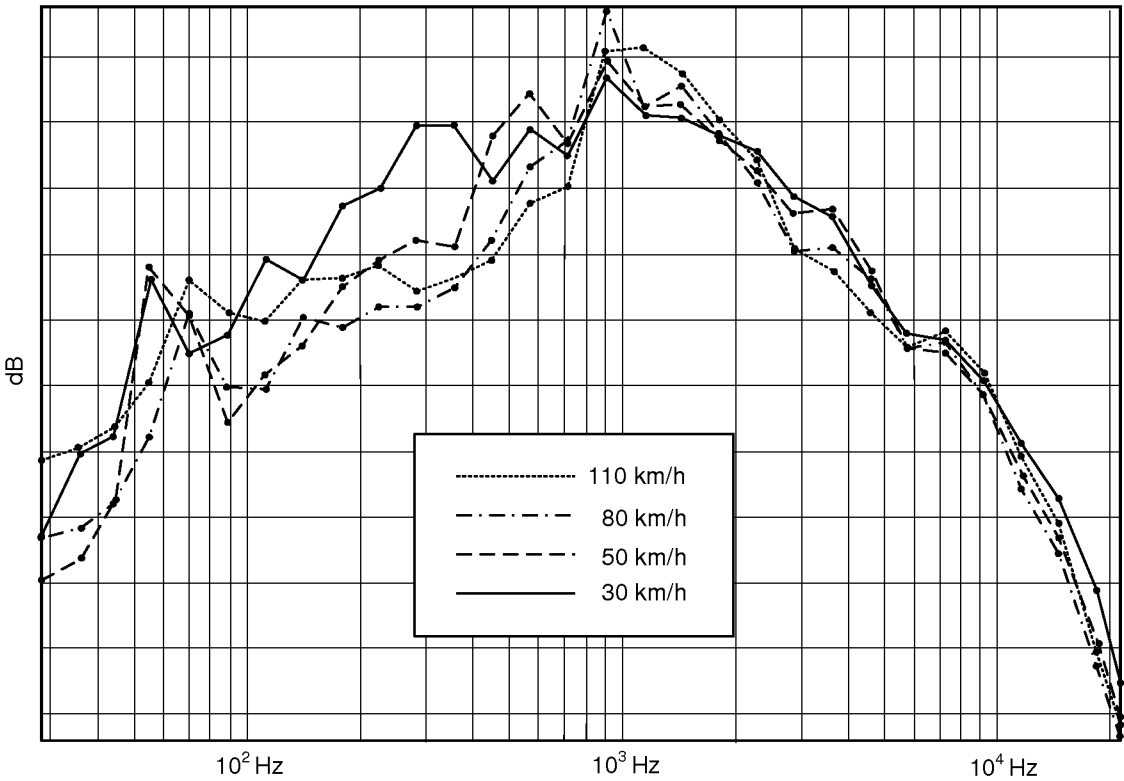


Fig 3

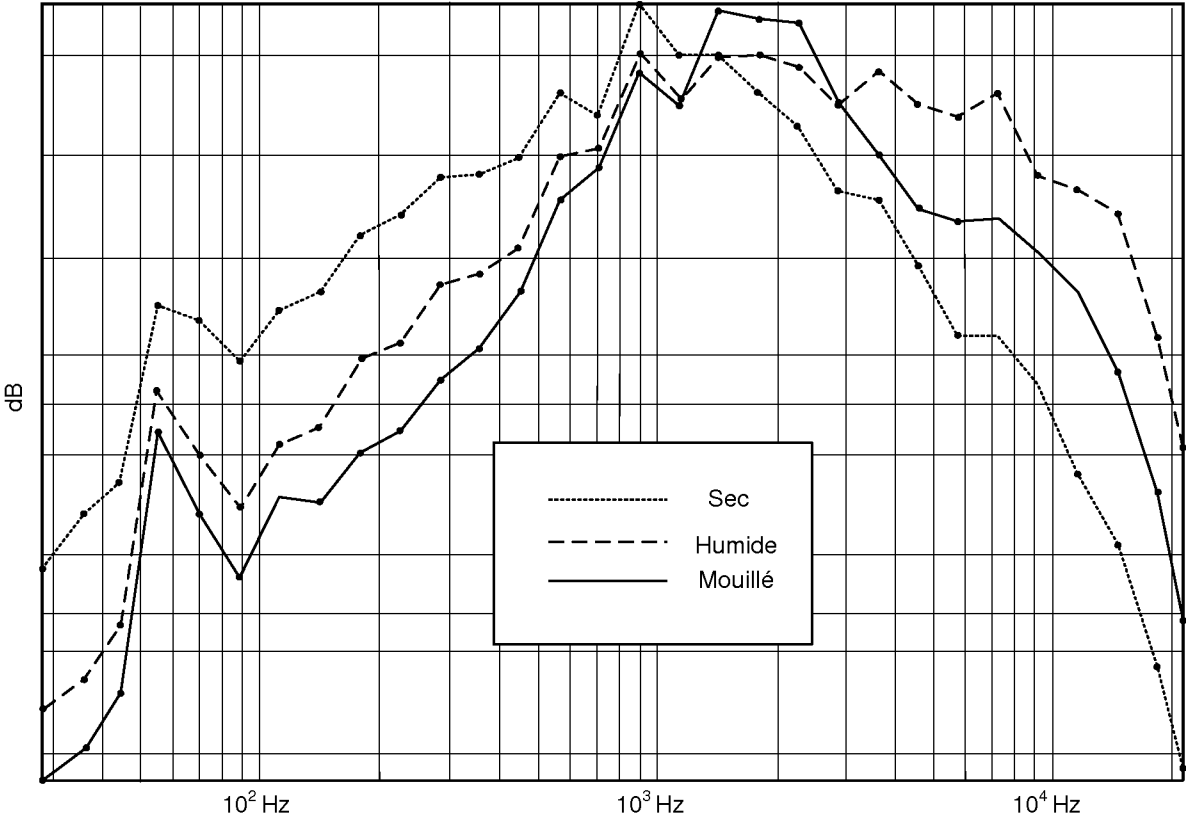


Fig 4

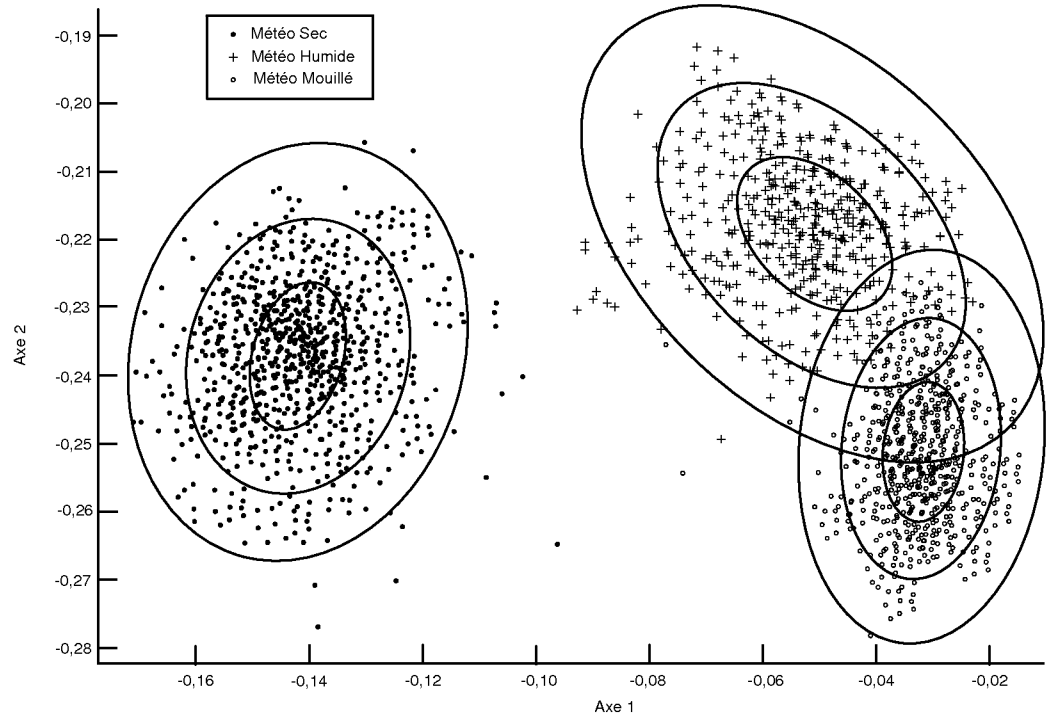


Fig 5

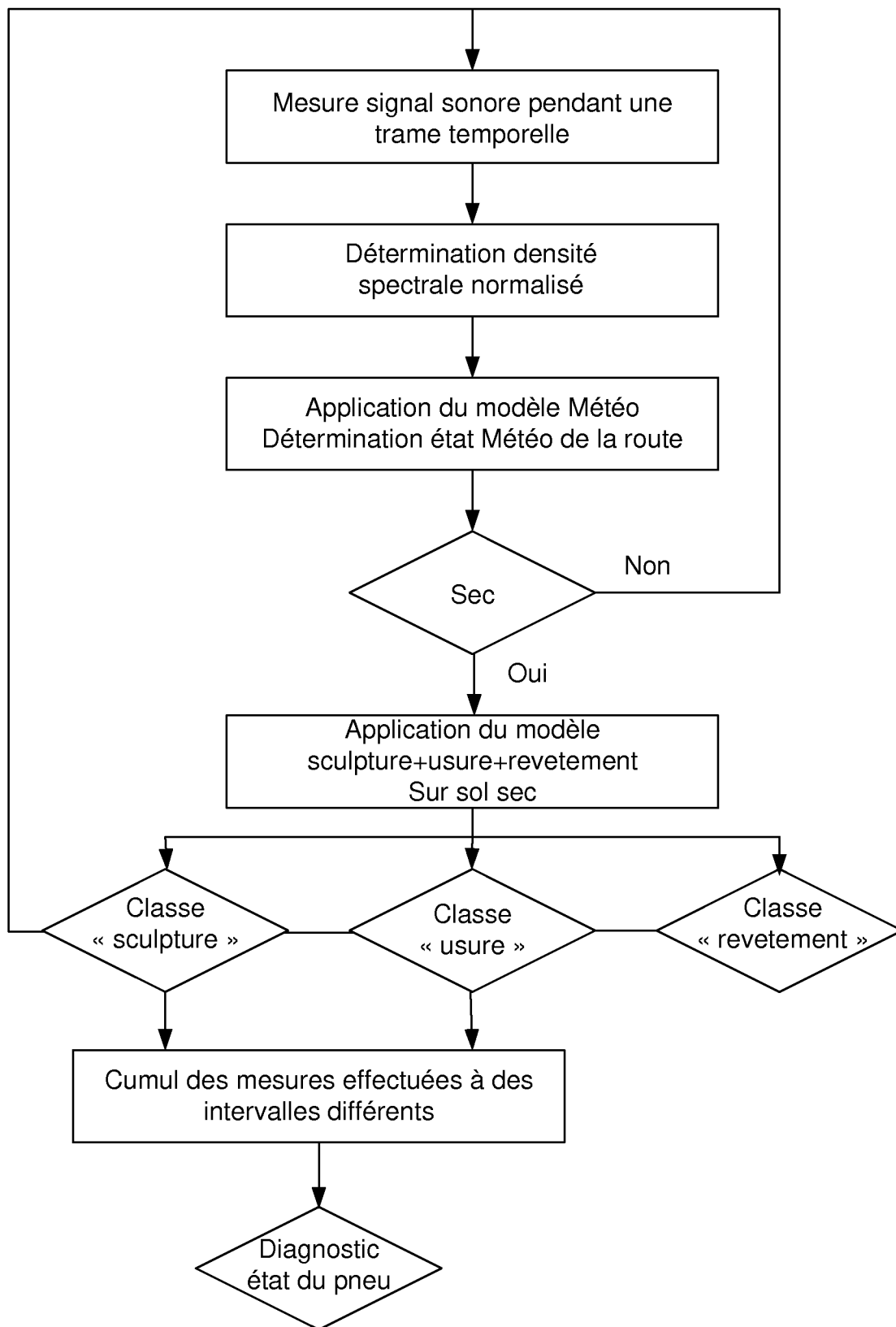


Fig 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/053352

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01N29/14 B60C23/00 G01H1/12 G01N29/44 G01N29/46 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) G01N B60C G01H B60T B60R		
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 A	US 5 586 028 A (SEKINE HIROSHI [JP] ET AL) 17 December 1996 (1996-12-17) abstract; figures 1-23 column 10, line 30 - column 20, line 65 -----	1,2, 4-10,15 11-14
X	EP 2 573 594 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP]) 27 March 2013 (2013-03-27) abstract; figures 1-18 paragraphs [0019] - [0039] -----	1-10,15
X	JP 2008 143508 A (YUKI CT; NAGOYA ELECTRIC WORKS CO LTD) 26 June 2008 (2008-06-26) abstract; figures 1-31 paragraphs [0029] - [0105] -----	1-10,15
<input style="width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" style="width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;" type="checkbox"/> 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 20 March 2015		Date of mailing of the international search report 17/04/2015
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 Uttenthaler, Erich

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2014/053352

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5586028	A	17-12-1996	NONE

EP 2573594	A1	27-03-2013	CN 103003110 A 27-03-2013
			EP 2573594 A1 27-03-2013
			JP 5657917 B2 21-01-2015
			JP 2011242303 A 01-12-2011
			US 2013116972 A1 09-05-2013
			WO 2011145356 A1 24-11-2011

JP 2008143508	A	26-06-2008	JP 5097470 B2 12-12-2012
			JP 2008143508 A 26-06-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/053352

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N29/14 B60C23/00 G01H1/12 G01N29/44 G01N29/46 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) G01N B60C G01H B60T B60R		
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 A	US 5 586 028 A (SEKINE HIROSHI [JP] ET AL) 17 décembre 1996 (1996-12-17) abrégé; figures 1-23 colonne 10, ligne 30 - colonne 20, ligne 65 -----	1,2, 4-10,15 11-14
X	----- EP 2 573 594 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP]) 27 mars 2013 (2013-03-27) abrégé; figures 1-18 alinéas [0019] - [0039] -----	1-10,15
X	----- JP 2008 143508 A (YUKI CT; NAGOYA ELECTRIC WORKS CO LTD) 26 juin 2008 (2008-06-26) abrégé; figures 1-31 alinéas [0029] - [0105] -----	1-10,15
☐ 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 20 mars 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 17/04/2015
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 Uttenthaler, Erich

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/053352

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5586028	A	17-12-1996	AUCUN	

EP 2573594	A1	27-03-2013	CN 103003110 A	27-03-2013
			EP 2573594 A1	27-03-2013
			JP 5657917 B2	21-01-2015
			JP 2011242303 A	01-12-2011
			US 2013116972 A1	09-05-2013
			WO 2011145356 A1	24-11-2011

JP 2008143508	A	26-06-2008	JP 5097470 B2	12-12-2012
			JP 2008143508 A	26-06-2008
