

(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
1 février 2007 (01.02.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/012771 A2

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/050667

(22) Date de dépôt international : 4 juillet 2006 (04.07.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0507977 26 juillet 2005 (26.07.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : PEU-
GEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR/FR]; Route
De Gisy, F-78140 Velizy-Villacoublay (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : DJAMA, Za-
hir [FR/FR]; 12, Rue Vigée Lebrun, F-75015 Paris (FR).

(74) Mandataire : LEROUX, Jean-Philippe; PSA Peugeot
Citroen, Propriété Industrielle (LG081), 18 Rue des Fau-
velles, F-92250 La Garenne-colombes (FR).

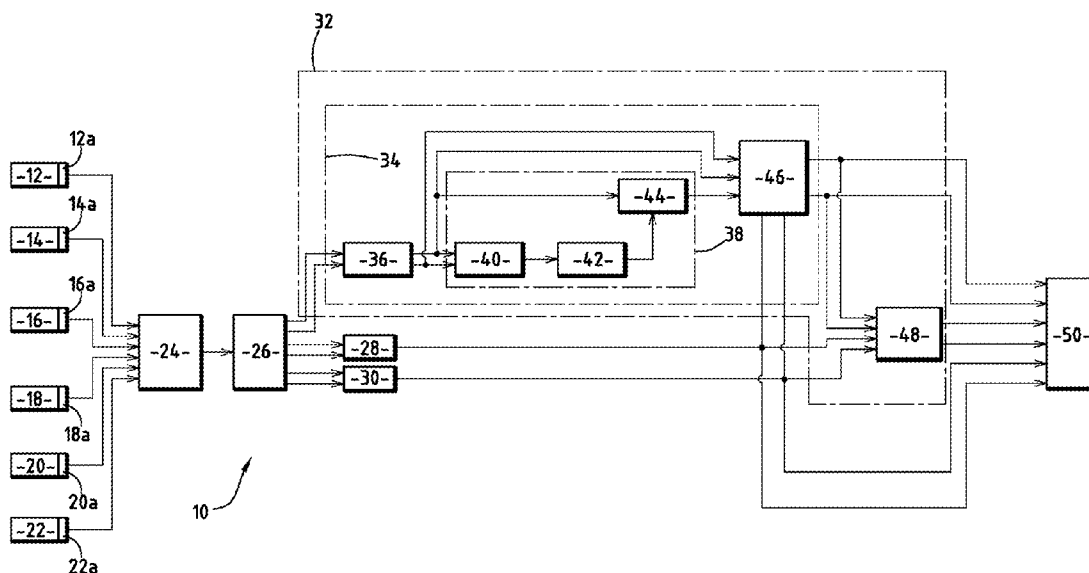
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SYSTEM FOR DETERMINING INFLATING PRESSURE OF TYRES MOUNTED ON A MOTOR VEHICLE
FRONT AND REAR WHEELS

(54) Titre : SYSTEME DE DETERMINATION DE LA PRESSION DE GONFLAGE DE PNEUMATIQUES MONTES SUR
DES ROUES AVANT ET ARRIERE D'UN VEHICULE AUTOMOBILE



(57) Abstract: The invention concerns a system for determining inflating pressure of tyres mounted on a motor vehicle front and rear wheels. Said system comprises means (12, 14) for acquiring inflating pressures of the front and rear wheels, means (16, 18) for acquiring vertical accelerations of the front and rear wheels, and means (32) for merging the acquired pressures and the acquired accelerations to estimate the inflating pressures of the front and rear tyres.

(57) Abrégé : L'invention concerne un système de détermination de la pression de gonflage de pneumatiques montés sur des roues avant et arrière d'un véhicule automobile. Ce système comprend des moyens (12,14) d'acquisition des pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière,

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/012771 A2



ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Système de détermination de la pression de gonflage de pneumatiques montés sur des roues avant et arrière d'un véhicule automobile.

La présente invention concerne un système de détermination de la
5 pression de gonflage de pneumatiques montés sur des roues avant et arrière
de véhicule automobile.

On connaît dans l'état de la technique de tels systèmes comprenant
des accéléromètres équipant une roue avant et une roue arrière du véhicule
pour mesurer leurs accélérations verticales, des moyens d'estimation des
10 coefficients de raideur des pneumatiques de celles-ci en fonction des
accélérations mesurées et des moyens de calcul des pressions de gonflage de
ces pneumatiques en fonction des coefficients de raideur estimés.

Dans de tels systèmes, lorsque l'un des accéléromètres est défaillant,
l'estimation de la pression de gonflage des pneumatiques n'est alors plus
15 disponible. De plus lorsque les mesures des accéléromètres sont défectueuses,
par exemple lorsqu'elles sont entachées d'un bruit non négligeable ou que les
mesures de l'accélération avant et de l'accélération arrière ne sont plus
cohérentes, ces systèmes renvoient des estimations de la pression erronées.

De même, ces systèmes estiment de façon peu satisfaisante la
20 pression de gonflage des pneumatiques lorsque que ceux-ci connaissent des
chutes rapides de pression. Par ailleurs, la précision de l'estimation dépend
fortement du type de trajectoires empruntées par le véhicule.

On connaît également des systèmes de surveillance de la pression de
gonflage des pneumatiques d'un véhicule qui comprennent des capteurs de
25 pression directement localisés dans les pneumatiques.

Les capteurs de pression de tels systèmes comprennent des moyens
d'émission d'informations fonctionnant en association avec des moyens de
réception correspondants embarqués dans le véhicule.

Or, des problèmes de communication entre les moyens d'émission et
30 de réception sont souvent présents, par exemple à cause d'un trop fort bruit, de
sorte que la fonction de surveillance de la pression des pneumatiques n'est pas
assurée de manière satisfaisante.

De plus, lorsqu'un capteur de pression est défectueux, aucune mesure de la pression de gonflage du pneumatique associé à ce capteur n'est alors disponible.

La présente invention a pour but de résoudre ces problèmes en
5 proposant un système se fondant sur une redondance d'informations et permettant une fiabilité et une précision accrues.

A cet effet, l'invention a pour objet un système de détermination de la pression de gonflage de pneumatiques montés sur des roues avant et arrière d'un véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 10 - des moyens d'acquisition des pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière;
- des moyens d'acquisition des accélérations verticales des roues avant et arrière ; et
- des moyens de fusion des pressions acquises et des accélérations
15 acquises pour estimer les pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière.

Selon des modes particuliers de réalisation, le système selon l'invention peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les moyens de fusion comprennent :
 - 20 - des moyens d'estimation des coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des accélérations verticales acquises de celles-ci ; et
 - des moyens d'estimation des pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des pressions de gonflage
25 acquises et des coefficients de raideur estimés des pneumatiques des roues avant et arrière,
 - les moyens d'estimation des coefficients de raideur comprennent des moyens de recalage temporel de l'une des accélérations acquises sur l'autre des accélérations acquises et des moyens de calcul des coefficients de
30 raideur en fonction des accélérations ainsi recalées temporellement ;
 - les moyens d'estimation des coefficients de raideur comprennent des moyens de filtrage passe-bande des accélérations acquises agencés entre

des moyens d'acquisition des accélérations et les moyens de recalage temporel ;

- les moyens de filtrage passe-bande sont adaptés pour mettre en œuvre un filtrage dans une gamme de fréquences sensiblement égale à [8, 20]

5 Hz. ;

- les moyens de recalage temporel comprennent des moyens de calcul de l'intercorrélation des accélérations acquises et des moyens d'application d'un retard correspondant au maximum de l'intercorrélation calculée à l'accélération acquise de la roue avant ;

10 - les moyens de calcul des coefficients de raideur sont adaptés pour mettre en œuvre un algorithme récursif des moindres carrés en temps réel se fondant sur un modèle mécanique prédéterminé de la roue ;

- les moyens d'estimation sont adaptés pour estimer lesdits coefficients de raideur à partir d'un modèle mécanique mono-roue des roues

15 avant et arrière ;

- les moyens d'estimation sont propres à estimer lesdits coefficients de raideur en se fondant sur une modélisation en temps discret des accélérations recalées des roues avant et arrière selon la relation :

$$A_{vr}(k) = \frac{1}{m_{rr}} (m_{ra} \times A_{va}(k-n) - Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \begin{pmatrix} K_{pr}(k) / K_{pa}(k) \\ K_{pr}(k) \end{pmatrix}$$

20 où k est le k^{ième} instant d'échantillonnage, A_{vr} et A_{va} sont les accélérations verticales des roues arrière et avant respectivement, Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement, K_{pr} et K_{pa} sont les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière respectivement, et n est un instant d'échantillonnage correspondant à un
25 décalage temporel entre les roues arrière et avant subissant la même portion de chaussée ;

- les moyens d'estimation sont propres à estimer lesdits coefficients de raideur en se fondant sur une modélisation en temps discret des accélérations recalées des roues avant et arrière selon la relation :

30
$$A_{va}(k) = \frac{1}{m_{ra}} (m_{rr} \times A_{vr}(k+n) - Z_{vr}(k+n) - Z_{va}(k)) \begin{pmatrix} K_{pa}(k) / K_{pr}(k) \\ K_{pa}(k) \end{pmatrix}$$

où k est le $k^{\text{ième}}$ instant d'échantillonnage, A_{vr} et A_{va} sont les accélérations verticales des roues arrière et avant respectivement, Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement, K_{pr} et K_{pa} sont les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière respectivement, et n est un instant d'échantillonnage correspondant à un décalage temporel entre les roues arrière et avant subissant la même portion de chaussée ;

- les moyens d'estimation sont adaptés pour estimer lesdits coefficients de raideur à partir d'un modèle mécanique bicyclette de celles-ci ;
- les moyens d'estimation sont propres à estimer lesdits coefficients de raideur en se fondant sur une modélisation en temps discret des accélérations recalées des roues avant et arrière selon la relation :

$$A_{vr}(k) = \begin{pmatrix} \frac{m_{ra}}{m_{rr}} A_{va}(k-n) \\ \frac{1}{m_{rr}} (Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \\ \frac{1}{m_{nr}} \dot{Z}_{va}(k-n) \\ -\frac{1}{m_{rr}} \dot{Z}_{vr}(k) \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} K_{pr}(k) / K_{pa}(k) \\ K_{pr}(k) \\ (K_{pr}(k) / K_{pa}(k)) \times R_a(k) \\ R_r(k) \end{pmatrix}$$

où k est le $k^{\text{ième}}$ instant d'échantillonnage, A_{vr} et A_{va} sont les accélérations verticales des roues arrière et avant respectivement, Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement, K_{pr} et K_{pa} sont les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière respectivement, n est un instant d'échantillonnage correspondant à un décalage temporel entre les roues arrière et avant subissant la même portion de chaussée, R_a et R_r sont des coefficients de raideur des suspensions des roues avant et arrière respectivement, et $\dot{Z}_{va}$ et $\dot{Z}_{vr}$ sont les dérivées premières des altitudes des centres des roues avant et arrière respectivement ;

- les moyens d'estimation des pressions de gonflage sont adaptés pour mettre en œuvre, pour chacune des roues avant et arrière, un estimateur de Kalman se fondant sur un modèle liant la pression de gonflage et le coefficient de raideur du pneumatique de la roue ;

- les moyens de fusion sont adaptés pour mettre en œuvre un estimateur de Kalman se fondant sur modèle liant les pressions de gonflage des pneumatiques et les accélérations verticales des roues avant et arrière ;

5 - le système comprend en outre des moyens de diagnostic de l'état de fonctionnement des moyens d'acquisition des pressions de gonflage et de l'état de montage des pneumatiques en fonction des pressions de gonflage estimées et acquises et des accélérations verticales acquises des roues avant et arrière ;

10 - si une pression de gonflage acquise et sa pression estimée associée diffèrent de plus de X%, où X est un nombre prédéterminé, les moyens de diagnostic sont adaptés pour calculer les pressions de gonflages des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des accélérations verticales acquises de celles-ci, pour comparer la pression acquise aux pressions calculées et pour déterminer que, si la pression acquise correspond à
15 l'une des pressions calculées, le pneumatique associé à la pression calculée correspondant à la pression acquise fait l'objet d'un montage inversé ; et

- si aucun des pneumatiques ne présente d'inversion de montage, alors les moyens de diagnostic sont propres à diagnostiquer que les moyens d'acquisition associés à la pression acquise sont défaillants.

20 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en relation avec les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un modèle mécanique utilisé par un système selon l'invention ;

25 - la figure 2 est un schéma illustrant une hypothèse de calcul utilisée par un système selon l'invention ;

- la figure 3 est une vue schématique d'un système selon l'invention ;
et

30 - la figure 4 est une vue schématique d'un second modèle mécanique utilisé par un autre mode de réalisation du système selon l'invention.

Le système selon l'invention se fonde sur un modèle mécanique des interactions entre la caisse C d'un véhicule, de masse M_c , les roues R de celui-ci et le sol S.

Un premier exemple de modélisation mécanique de ces interactions est illustré sur la figure 1 qui est une vue schématique d'un modèle du type « mono-roue », des interactions entre une roue R_o du véhicule, la caisse C de celui-ci et le sol S.

Comme le montre cette figure, dans cette modélisation à deux degrés de liberté, la caisse C du véhicule est assimilée à une masse M_c suspendue à la roue R_o de masse M_r par une suspension Su assimilée à un ensemble ressort/amortisseur de raideur K_c et de coefficient d'amortissement R.

La roue R_o et la caisse C se déplacent selon une direction verticale et occupent des altitudes respectives Z_r et Z_c par rapport à un niveau de référence, par exemple l'altitude du sol au démarrage du véhicule.

La roue R_o porte un pneumatique P_n reposant sur le sol S et assimilé à un ressort de raideur K composé d'un ressort modélisant l'enveloppe du pneumatique P_n de raideur structurelle K_s en parallèle avec un ressort modélisant le gaz contenu dans le pneumatique de raideur pneumatique K_p , le tout en série avec un ressort modélisant la gomme du pneumatique de raideur de gomme K_g .

Le comportement de ce système mécanique est commandé par l'évolution dans le temps de l'altitude Z_s du sol par rapport au niveau de référence, c'est-à-dire le profil de la chaussée.

On sait par ailleurs que la pression de gonflage P_g du pneumatique est directement liée à la raideur pneumatique K_p de celui-ci, cette dépendance pouvant être par exemple modélisée selon la relation :

$$P_g = \left(\frac{K_p}{c} \right)^{-\alpha} \quad (1)$$

où c et α sont des constantes prédéterminées, par exemple sensiblement égales à 6,7 et 0,85 respectivement pour un pneumatique donné.

Le système selon l'invention se fonde également sur la constatation suivante présentée à la figure 2 qui illustre l'avancement d'un véhicule sur une chaussée entre deux instants t et $t + \Delta t$.

Comme il est illustré sur cette figure, les roues avant et arrière du
5 véhicule subissent, la plupart du temps, avec un décalage temporel Δt dépendant de la vitesse V et de l'empattement d du véhicule, le même profil de chaussée.

Le système selon l'invention se fonde alors avantageusement sur la relation suivante pour déterminer les coefficients de raideur des pneumatiques et donc la pression de gonflage de ceux-ci, comme il apparaîtra plus en détail
10 par la suite :

$$Z_{sa}(t) = Z_{sr}(t + \Delta t) \quad (2)$$

où t est le temps, Δt est la durée séparant le passage d'une roue avant sur un point de la chaussée, du passage d'une roue arrière sur ce même
15 point, Z_{sa} est l'altitude au sol au niveau de la roue avant et Z_{sr} est l'altitude au sol au niveau de la roue arrière.

Sur la figure 3, on a illustré schématiquement, sous la référence générale 10, un système de détermination de la pression de gonflage des pneumatiques montés sur une roue avant et une roue arrière d'un véhicule automobile, agencées sur un même côté de celui-ci.
20

Ce système comprend, associés à chacune des roues avant et arrière :

- un capteur de pression 12, 14 pour mesurer et délivrer la pression de gonflage du pneumatique P_a , P_r de la roue, par exemple monté à l'intérieur
25 du pneumatique ;

- un accéléromètre 16, 18 pour mesurer et délivrer l'accélération verticale A_{vr} , A_{va} de la roue en son centre, par exemple un accéléromètre mono-axe ou tri-axe monté au centre de la roue ; et

- un capteur de température 20, 22 pour mesurer et délivrer la
30 température T_a , T_r du gaz contenu dans le pneumatique de la roue, par exemple un capteur de température monté à l'intérieur de celui-ci.

Chacun de ces capteurs 12-22 comprend des moyens 12a, 14a, 16a, 18a, 20a, 22a formant antenne d'émission pour la délivrance d'un signal électromagnétique en basse fréquence représentatif de la grandeur qu'il mesure.

5 Des moyens 24 formant antenne de réception sont prévus dans le système 10 pour recevoir les signaux émis par les capteurs 12-22 et extraire de ceux-ci les grandeurs mesurées Ava, Avr, Pa, Pr, Ta, Tr correspondantes.

Les moyens 24 formant antenne de réception sont connectés à un convertisseur analogique/numérique 26 (CAN), par exemple un bloqueur
10 d'ordre 0. Le CAN 26 est propre à échantillonner l'ensemble des mesures Ava, Avr, Pa, Pr, Ta, Tr à une fréquence d'échantillonnage f_e prédéterminée, par exemple 50Hz, et délivrer des mesures échantillonnées Ava(k), Avr(k), Pa(k), Pr(k), Ta(k), Tr(k), où k est le $k^{\text{ième}}$ instant d'échantillonnage.

Des moyens 28, 30 de compensation sont connectés au CAN 26 et
15 sont propres à corriger la mesure de la pression de gonflage Pa(k), Pr(k) de chaque pneumatique par la mesure de température correspondante Ta(k), Tr(k) afin de compenser les dérives en température des capteurs 12, 14 de pression par rapport à un état de fonctionnement nominal, comme cela est connu en soi dans l'état de la technique.

20 Le système 10 comprend par ailleurs des moyens 32 de fusion des pressions de gonflage des pneumatiques et des accélérations verticales des roues avant et arrière. Ces moyens 32 de fusion sont particulièrement adaptés pour estimer la pression de gonflage des pneumatiques en utilisant la redondance d'informations contenues dans les mesures. L'estimation des
25 pressions de gonflage des pneumatiques est ainsi plus fiable et plus précise. Cette estimation s'affranchit donc dans une large mesure des mesures aberrantes des capteurs et de la corruption de celles-ci du fait de la transmission sans fil des informations entre les capteurs et le reste du système.

Les moyens 32 de fusion comprennent des moyens 34 d'estimation
30 des coefficients de raideur Kpa, Kpr des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des mesures des accélérations verticales de celles-ci.

Ces moyens 34 d'estimation comprennent un filtre passe-bande 36 connecté au CAN 26 et adapté pour traiter les accélérations Ava(k), Avr(k)

échantillonnées en leur appliquant un filtrage passe-bande. Ce filtrage est mis en œuvre dans une gamme de fréquences dans laquelle se concentre essentiellement la puissance des modes des roues avant et arrière. Cette gamme de fréquences correspond à la gamme de résistance au roulement et
 5 est par exemple sensiblement égale à la gamme [8 ; 20] Hz.

Les moyens 34 d'estimation comportent également des moyens 38 de recalage temporel connectés au filtre passe-bande 36 et propres à recalculer temporellement l'accélération échantillonnée $Ava(k)$ de la roue avant sur l'accélération échantillonnée $Avr(k)$ de la roue arrière pour délivrer en sortie des
 10 accélérations recalées $Avr(k)$, $Ava(k-n)$ des roues avant et arrière, correspondant à la même altitude du sol afin d'appliquer l'hypothèse selon la relation (2) décrite ci-dessus.

Ces moyens 38 de recalage comprennent à cet effet des moyens 40 de calcul adaptés pour estimer l'intercorrélation numérique $IC(N)$ des
 15 accélérations $Avr(k)$, $Ava(k)$ délivrées par le filtre 36 selon la relation :

$$IC(N) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} Avr(k) \times Ava(N-k) \quad (3)$$

Les moyens 40 de calcul de l'intercorrélation sont adaptés pour mettre en œuvre un estimateur de cette intercorrélation, comme cela est connu en soi dans le domaine du traitement du signal.

20 Les moyens 38 de recalage comprennent également, connectés aux moyens 40 de calcul, des moyens 42 de détermination du maximum de l'intercorrélation $IC(N)$ et de l'instant d'échantillonnage n correspondant à ce maximum. Cet instant n correspond donc au décalage temporel $\frac{n}{f_e}$ entre les roues avant et arrière subissant la même portion de chaussée.

25 Des moyens 44 de décalage temporel sont connectés aux moyens 42 et au filtre 36, et sont propres à appliquer un retard de n échantillons à l'accélération échantillonnée $Ava(k)$ de la roue avant et ainsi délivrer une accélération échantillonnée $Ava(k-n)$ recalée temporellement sur l'accélération échantillonnée $Avr(k)$ de la roue arrière.

Les moyens 34 d'estimation des coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière comprennent par ailleurs des moyens 46 de calcul de ces derniers, connectés au filtre 36 pour recevoir les accélérations $A_{vr}(k)$, $A_{va}(k)$ des roues arrière et avant et aux moyens 44 de
 5 recalage pour recevoir l'accélération $A_{va}(k-n)$ recalée de la roue avant.

Ces moyens 46 de calcul sont adaptés pour calculer les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des accélérations qu'ils reçoivent en se fondant sur le modèle mécanique de la figure 1 pour modéliser le comportement dynamique des roues avant et arrière.

10 Plus particulièrement, en utilisant le principe fondamental de la dynamique appliqué à ce modèle en relation avec l'hypothèse selon la relation (2), il peut être montré que les accélérations verticales $A_{vr}(k)$, $A_{va}(k)$ des centres des roues peuvent être modélisées en temps discret selon les relations :

$$15 \quad A_{vr}(k) = \frac{1}{m_{rr}} (m_{ra} \times A_{va}(k-n) - Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \begin{pmatrix} K_{pr}(k) / K_{pa}(k) \\ K_{pr}(k) \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$A_{va}(k) = \frac{1}{m_{ra}} (m_{rr} \times A_{vr}(k+n) - Z_{vr}(k+n) - Z_{va}(k)) \begin{pmatrix} K_{pa}(k) / K_{pr}(k) \\ K_{pa}(k) \end{pmatrix} \quad (5)$$

où m_{rr} et m_{ra} sont les masses des roues arrière et avant respectivement, et Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement par rapport au niveau de référence.

20 Les moyens 46 de calcul sont adaptés pour mettre en œuvre un algorithme récursif des moindres carrés en temps réel se fondant la relation (4), selon les relations :

$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + K(k+1) (A_{vr}(k+1) - A(k+1) \hat{\theta}(k)) \quad (6)$$

$$K(k+1) = \varpi^{-1} S(k) X^T(k+1) (\sigma^2(k) + \varpi^{-1} A(k+1) S(k) A^T(k+1))^{-1} \quad (7)$$

$$25 \quad S(k+1) = \varpi^{-1} (S(k) - K(k+1) A(k+1) S(k)) \quad (8)$$

$$X(k+1) = E(A^T(k+1) A(k+1))^{-1} \quad (9)$$

$$\sigma(k) = \text{Var}(e(k)) \quad (10)$$

où $(\bullet)^T$ est le symbole de la transposée, $\hat{\theta}(k)$ est l'estimée du vecteur des paramètres $\theta = \begin{pmatrix} K_{pr}/K_{pa} \\ K_{pr} \end{pmatrix}$ à l'instant k , $A(k)$ est le vecteur de régression $\begin{pmatrix} \frac{m_{rr}}{m_{ra}} A_{vr}(k+n) & \frac{1}{m_{ra}} (Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \end{pmatrix}$ à l'instant k , $E(A^T(k)A(k))$ est la variance du vecteur A^T à l'instant k , $Var(e(k))$ est la variance de l'erreur d'estimation $e(k) = A_{vr}(k) - A(k)\hat{\theta}(k)$ à l'instant k , ϖ est un facteur d'oubli prédéterminé et $K(k)$, $X(k)$ et $S(k)$ sont des vecteurs ou des matrices intermédiaires utilisées lors de l'estimation du vecteur θ .

De préférence, les moyens 46 sont propres à calculer les altitudes $Z_{vr}(k)$, $Z_{va}(k-n)$ des centres des roues arrière et avant à chaque instant d'échantillonnage en fonction des accélérations verticales $A_{vr}(k)$ et $A_{va}(k-n)$, par exemple en réalisant une double intégration de celles-ci après leur filtrage entre 8 Hz et 20 Hz. Un autre exemple d'un calcul de l'altitude d'une roue en fonction de son accélération verticale est décrit dans la demande de brevet français FR 2 858 267 au nom de la demanderesse.

En variante, les moyens 34 d'estimation sont adaptés pour mettre en œuvre un algorithme récursif des moindres carrés en temps réel se fondant sur la relation (5) d'une manière analogue à celle décrite précédemment.

En variante, les moyens 34 sont propres à mettre en œuvre un algorithme d'inversion ou de déconvolution se fondant sur la relation (4) ou (5) pour estimer les coefficients de raideur.

Les moyens 46 de calcul sont ainsi propres à délivrer à chaque instant d'échantillonnage des valeurs estimées $K_{pa}(k)$ et $K_{pr}(k)$ des coefficients de raideur pneumatique des roues avant et arrière.

Les moyens 32 de fusion comprennent également, connectés aux moyens 46 de calcul et aux moyens 28, 30 de compensation, des moyens 48 d'estimation des pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière. Ces moyens 48 d'estimation sont adaptés pour mettre en œuvre, pour chacune des roues avant et arrière, un algorithme fusionnant la pression de gonflage compensée $P_{ac}(k)$, $P_{rc}(k)$ avec l'estimation du coefficient de raideur

$K_{pa}(k)$, $K_{pr}(k)$ du pneumatique de la roue pour estimer la pression de gonflage de celui-ci.

Par souci de concision, seule la fusion des données associées à la roue avant sera décrite, la fusion des données associées à la roue arrière étant
5 obtenue de manière identique à celle de la roue avant.

Par exemple, les moyens 48 d'estimation mettent en œuvre un algorithme de Kalman étendu pour le calcul d'une estimation $\hat{K}_{pa}(k)$ du coefficient de raideur de la roue avant en fonction de la pression de gonflage compensée $P_{ac}(k)$ de son pneumatique et du coefficient de raideur $K_{pa}(k)$
10 estimé par les moyens 46 de calcul, à partir d'un modèle d'observation selon la relation :

$$Y(k+1) = h(P_{ac}(k)) + w(k) \quad (11)$$

où Y est la grandeur observée à l'instant $k+1$, ici le coefficient de raideur, $h(P_{ac}(k)) = cP_{ac}(k)^\alpha$ et $w(k)$ est un bruit de mesure sur le coefficient de
15 raideur de variance prédéterminée $\sigma_{K_{pa}}$.

Par exemple, les moyens 48 d'estimation sont adaptés pour mettre en œuvre un algorithme de Kalman selon les relations :

$$\hat{K}_{pa}(k+1) = \hat{K}_{pa}(k) + K(k+1)(K_{pa}(k+1) - h(P_{ac}(k))) \quad (12)$$

$$Q(k+1/k) = E(\hat{K}_{pa}(k)\hat{K}_{pa}(k)) \quad (13)$$

$$20 \quad H(k+1) = \frac{\partial h}{\partial P_{ac}}(P_{ac}(k+1)) = c\alpha P_{ac}(k+1)^{\alpha-1} \quad (14)$$

$$Q(k+1/k+1) = Q(k+1/k) - K(k+1)H(k+1)Q(k+1/k) \quad (15)$$

$$K(k+1) = Q(k+1/k)H(k+1)\left(\sigma_{K_{pa}}^2 + H(k+1)Q(k+1/k)H(k+1)\right)^{-1} \quad (16)$$

où $K(k+1)$ est la matrice de gain de Kalman à l'instant $k+1$, $Q(k+1/k)$ est la prédiction de la matrice de covariance de l'erreur d'estimation à l'instant
25 $k+1$, et $Q(k+1/k+1)$ est la correction de la matrice de covariance de l'erreur d'estimation à l'instant $k+1$.

Comme on peut le noter, le calcul à l'instant $k+1$ de l'estimation $\hat{K}_{pa}(k+1)$ du coefficient de raideur du pneumatique de la roue avant est réalisé en fonction d'une erreur d'estimation formée de la différence du coefficient de

raideur $K_{pa}(k+1)$ du pneumatique de la roue avant estimé par les moyens 46 de calcul et d'un coefficient de raideur $h(P_{ac}(k))$ de ce pneumatique calculé selon la relation $h(P_{ac}(k)) = cP_{ac}(k)^\alpha$ en fonction de la pression de gonflage compensée $P_{ac}(k)$ à l'instant k du pneumatique de la roue avant.

5 Ainsi, les moyens 48 d'estimation sont propres à estimer le coefficient de raideur du pneumatique d'une roue, et donc la pression de gonflage de celui-ci via la relation (1), avec une précision accrue car deux sources d'informations complémentaires concernant cette pression sont utilisées. Ceci permet notamment de rejeter des valeurs aberrantes dans la
10 mesure de la pression de gonflage par le capteur de pression 12, 14 et les erreurs de transmission d'informations entre moyens 12a, 14a formant antenne d'émission de ce capteur 12, 14 et les moyens 24 formant antenne de réception.

En variante, les moyens 48 de calcul mettent en œuvre un

15 algorithme de Kalman étendu pour le calcul d'une estimation $\hat{P}_{ac}(k)$ du coefficient de raideur de la roue avant en fonction de la pression de gonflage compensée $P_{ac}(k)$ de son pneumatique et du coefficient de raideur $K_{pa}(k)$ estimé par les moyens 46 de calcul à partir d'un modèle d'observation selon la relation :

$$Y(k+1) = g(Kpa(k)) + v(k) \quad (17)$$

où Y est la grandeur observée à l'instant $k+1$, ici la pression de gonflage, $g(Kpa(k)) = \left(\frac{Kpa}{c}\right)^{-\alpha}$ et $v(k)$ est un bruit de mesure sur la pression de gonflage compensée de variance prédéterminée σ_{p_a} .

Par exemple, dans cette variante, les moyens 48 d'estimation sont
25 propres à mettre en œuvre un algorithme selon les relations :

$$\hat{P}_{ac}(k+1) = \hat{P}_{ac}(k) + K(k+1)(P_{ac}(k+1) - g(Kp_a(k))) \quad (18)$$

$$S(k+1/k) = E(\hat{P}_{ac}(k)\hat{P}_{ac}(k)) \quad (19)$$

$$G(k+1) = \frac{\partial g}{\partial K_{pa}}(K_{pa}(k+1)) = -\alpha \left(\frac{K_{pa}(k+1)}{c} \right)^{-\alpha-1} \quad (20)$$

$$S(k+1/k+1) = S(k+1/k) - K(k+1)G(k+1)S(k+1/k) \quad (21)$$

$$K(k+1) = S(k+1/k)G(k+1)\left(\sigma_{Kpa}^2 + G(k+1)S(k+1/k)G(k+1)\right)^{-1} \quad (22)$$

où $S(k+1/k)$ est la prédiction de la matrice de covariance de l'erreur d'estimation à l'instant $k+1$, et $S(k+1/k+1)$ est la correction de la matrice de covariance de l'erreur d'estimation à l'instant $k+1$.

5 Comme on peut le noter, le calcul à l'instant $k+1$ de estimation $\hat{P}_{ac}(k)$ de la pression de gonflage du pneumatique de la roue avant est réalisé en fonction d'une erreur d'estimation formée de la différence de la pression de gonflage compensée $P_a(k+1)$ du pneumatique de la roue avant et d'une pression de gonflage $g(K_{pa}(k))$ de ce pneumatique calculée selon la relation

10 $g(K_{pa}(k)) = \left(\frac{K_{pa}}{c}\right)^{-\alpha}$ en fonction du coefficient de raideur $K_{pa}(k)$ de ce pneumatique à l'instant k .

Ainsi, dans cette variante également, les moyens 46 de calcul sont propres à estimer la pression de gonflage du pneumatique d'une roue avec une précision accrue car deux sources d'informations complémentaires concernant
15 cette pression sont utilisées. Tout comme la variante précédente, ceci permet notamment de rejeter des valeurs aberrantes dans la mesure de la pression de gonflage par le capteur de pression 12, 14 et les erreurs de transmission d'informations entre moyens 12a, 14a formant antenne d'émission de ce capteur 12, 14 et moyens 24 formant antenne de réception.

20 Dans un autre mode de réalisation du système selon l'invention, les moyens 32 de fusion sont adaptés pour directement fusionner les pressions de gonflage des pneumatiques avec les accélérations verticales des roues.

Dans ce mode de réalisation, les moyens 32 de fusion sont structurellement analogues à ceux décrits en relation avec la figure 3. Ils
25 comprennent le filtre passe-bande 36 ainsi que les moyens 38 de recalage temporel.

Les moyens 48 d'estimation des pressions de gonflage des pneumatiques sont connectés au filtre 36 pour recevoir les accélérations $Avr(k)$, $Ava(k)$ des roues arrière et avant, aux moyens 44 de recalage pour recevoir
30 l'accélération $Ava(k-n)$ recalée de la roue avant, et aux moyens 28, 30 de

compensation pour recevoir les pressions de gonflage compensées $P_{ac}(k)$, $P_{rc}(k)$.

Dans ce mode de réalisation, les moyens 48 d'estimation mettent en œuvre un algorithme de Kalman étendu pour le calcul d'une estimation $\hat{K}_{pa}(k)$ du coefficient de raideur de la roue avant en fonction de la pression de gonflage compensée $P_{ac}(k)$ de son pneumatique et des accélérations qu'ils reçoivent à partir d'un modèle d'observation selon la relation :

$$Y(k+1) = d(P_{ac}(k), P_{rc}(k)) + x(k) \quad (23)$$

où Y est la grandeur observée à l'instant $k+1$, ici l'accélération verticale de la roue avant,

$$d(P_{ac}(k), P_{rc}(k)) = \frac{1}{mrr} (mra \times Ava(k-n) - Zva(k-n) - Zvr(k)) \left(\frac{P_{rc}(k)/P_{ac}(k)}{c P_{rc}(k)} \right)^{-\alpha} \quad (24)$$

et $x(k)$ est un bruit de mesure sur l'accélération verticale de la roue arrière de variance prédéterminée σ_{vr} .

Par exemple, dans ce mode de réalisation, les moyens 48 d'estimation sont propres à mettre en œuvre un algorithme selon les relations :

$$\hat{P}_{ac}(k+1) = \hat{P}_{ac}(k) + K(k+1)(Avr(k+1) - d(P_{ac}(k), P_{rc}(k))) \quad (25)$$

$$R(k+1/k) = E(\hat{P}_{ac}(k)\hat{P}_{ac}(k)) \quad (26)$$

$$D(k+1) = \left(\frac{\partial d}{\partial P_{ac}}(P_{ac}(k+1)) \quad \frac{\partial d}{\partial P_{rc}}(P_{rc}(k+1)) \right)^T \quad (27)$$

$$R(k+1/k+1) = R(k+1/k) - K(k+1)D(k+1)R(k+1/k) \quad (28)$$

$$K(k+1) = R(k+1/k)D(k+1) \left(\sigma_{vr}^2 + D^T(k+1)R(k+1/k)D(k+1) \right)^{-1} \quad (29)$$

où $R(k+1/k)$ est la prédiction de la matrice de covariance de l'erreur d'estimation à l'instant $k+1$, et $R(k+1/k+1)$ est la correction de la matrice de covariance de l'erreur d'estimation à l'instant $k+1$.

Les altitudes au sol des roues avant et arrière sont par exemple calculées de la manière décrite précédemment.

Comme on peut le noter, le calcul à l'instant $k+1$ de l'estimation $\hat{P}_{ac}(k)$ de la pression de gonflage du pneumatique de la roue avant est réalisé en fonction d'une erreur d'estimation formée de la différence de l'accélération

verticale acquise $Avr(k+1)$ du pneumatique de la roue avant et d'une accélération verticale $d(Pac(k), Prc(k))$ de celle-ci calculée selon la relation (24) en fonction des pressions de gonflage compensées des pneumatiques à l'instant k .

5 Ainsi, dans ce mode de réalisation, les moyens 46 de calcul sont propres à estimer la pression de gonflage du pneumatique d'une roue avec une précision accrue car deux sources d'informations complémentaires concernant cette pression sont utilisées. Tout comme précédemment, ceci permet notamment de rejeter des valeurs aberrantes dans la mesure de la pression de
10 gonflage par le capteur de pression 12, 14 et les erreurs de transmission d'informations entre moyens 12a, 14a formant antenne d'émission de ce capteur 12, 14 et moyens 24 formant antenne de réception.

Le système 10 selon l'invention comprend enfin des moyens 50 de diagnostic connectés aux moyens 28 et 30 de compensation et aux moyens 48
15 d'estimation des pressions de gonflage.

Ces moyens 50 de diagnostic sont notamment adaptés pour diagnostiquer les dysfonctionnements au niveau de chaque pneumatique, c'est-à-dire une défaillance du capteurs de pression monté dans celui-ci ou une inversion du montage du pneumatique (par exemple le montage du
20 pneumatique sur la roue avant gauche au lieu de la roue arrière gauche comme cela devrait normalement être le cas) en comparant les pressions de gonflage compensées aux pressions de gonflage estimées respectives.

Par exemple, les moyens 50 diagnostiquent que le capteur de pression est défaillant ou que le pneumatique comprenant ce capteur a été
25 monté sur une mauvaise roue, si les pressions compensées et estimées associées à ce pneumatique diffèrent de plus de $X\%$, où X est un nombre prédéterminé, pendant au moins une durée prédéterminée.

La mesure du capteur de pression 12, 14 est incluse dans une trame de communication comprenant un champ d'identification du capteur et la trame
30 est émise par les moyens formant 12a, 14a antenne d'émission à destination des moyens 24 formant antenne de réception. Ceux-ci extraient alors la mesure de la trame reçue et associent celle-ci au capteur identifié par le champ d'identification.

Ainsi, si le pneumatique est monté sur la roue avant gauche au lieu de la roue arrière gauche, les moyens 24 associent la mesure extraite de la trame de communication à la roue arrière gauche et non pas à la roue avant gauche. Il s'ensuit alors des erreurs dans les calculs utilisant une telle mesure et donc une estimation de la pression de gonflage des pneumatiques non valide.

Or, les accéléromètres 16, 18 ne sont pas montés dans les pneumatiques mais sur les roues de sorte qu'ils ne peuvent pas être l'objet d'une inversion de montage.

Si la pression estimée et la pression compensée associées par le système selon l'invention à un même pneumatique diffèrent de plus de X%, les moyens 50 calculent alors les pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière à partir de la relation (1) en fonction des coefficients de raideur calculés par les moyens 46

En variante, les moyens 50 calculent ces coefficients de raideur en fonction des accélérations verticales comme cela a été décrit précédemment s'ils n'ont pas déjà été calculés puis calculent les pressions de gonflage en fonction de ceux-ci.

Les moyens 50 comparent ensuite la pression compensée à chacune des pressions ainsi calculées.

Si la pression compensée correspond à l'une des pressions calculées en fonction des coefficients de raideur, alors les moyens 50 de diagnostic localisent le pneumatique d'où provient la défaillance comme étant celui associé à la pression calculée en fonction des coefficients de raideur, c'est-à-dire le pneumatique associé à l'accéléromètre dont les mesures ont été utilisées pour calculer le coefficient de raideur du pneumatique de la roue sur lequel il est monté.

Si la pression compensée ne correspond à aucune des pressions calculées en fonction des coefficients de raideur, alors les moyens 50 diagnostiquent un état défectueux du capteur de pression associée à cette pression compensée.

En variante, les moyens 50 diagnostiquent qu'un capteur de pression est défaillant ou une inversion du montage d'un pneumatique si la matrice

$Q(k/k)$, $R(k/k)$, $S(k/k)$ de covariance de l'erreur d'estimation associée calculée par les moyens 48 d'estimation ne tend pas vers 0.

Enfin, si les pressions compensées et les pressions prédites correspondent, alors les moyens 50 diagnostiquent l'état de gonflage des pneumatiques en fonction des pressions de gonflage estimées.

Par exemple, les moyens 50 sont propres à comparer chacune de ces pressions estimées à un ensemble prédéterminé d'intervalles de pression chacun représentatif d'un état de gonflage de pneumatique (crevaisin, sous-gonflage, gonflage normal, sur-gonflage). Les moyens 50 déterminent ainsi l'état de gonflage du pneumatique associé à cette pression estimée en fonction de l'appartenance de cette dernière à l'un des intervalles de pression.

Il a été décrit des modes de réalisation particuliers de l'invention.

En variante, les moyens 28, 30 de compensation des pressions de gonflage et les capteurs de températures 20, 22 sont omis, les algorithmes décrits ci-dessus étant exécutés en fonction des pressions de gonflage acquises délivrées par les capteurs 12, 14 de pression.

Il a été décrit un système se fondant sur un modèle mécanique de la roue illustré à la figure 1. En variante, le système se fonde sur le modèle mécanique illustré sur la figure 4. La figure 4 est une vue schématique d'un modèle mécanique généralement désigné sous l'expression de « modèle bicyclette ». Ce type de modèle permet notamment de prendre en compte le cas de suspensions actives équipant le véhicule et s'applique à des roues avant et arrière agencées du même côté du véhicule.

La différence avec le modèle de la figure 1 consiste dans le fait que la caisse C du véhicule est assimilée à une masse M_c suspendue à la fois sur la roue avant R_{oa} et la roue arrière R_{or} .

En se fondant sur le principe fondamental de la dynamique appliqué à ce modèle bicyclette ainsi que l'hypothèse selon la relation (2), il peut être montré que les accélérations verticales $A_{va}(k)$, $A_{vr}(k)$ des roues avant et arrière sont modélisables selon la relation :

$$A_{vr}(k) = \begin{pmatrix} \frac{m_{ra}}{m_{rr}} A_{va}(k-n) \\ \frac{1}{m_{rr}} (Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \\ \frac{1}{m_{rr}} \dot{Z}_{va}(k-n) \\ -\frac{1}{m_{rr}} \dot{Z}_{vr}(k) \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} K_{pr}(k) / K_{pa}(k) \\ K_{pr}(k) \\ (K_{pr}(k) / K_{pa}(k)) \times R_a(k) \\ R_r(k) \end{pmatrix} \quad (30)$$

où R_a et R_r sont des coefficients de raideur des suspensions des roues avant et arrière respectivement, et $\dot{Z}_{va}$ et $\dot{Z}_{vr}$ sont les dérivées premières des altitudes des centres des roues avant et arrière respectivement, c'est-à-dire les vitesses de déplacement vertical de celles-ci.

Les relations précédentes sont alors modifiées pour tenir compte de l'introduction de ces dérivées premières.

De même, il a été décrit des moyens 32 de fusion se fondant sur une estimation des pressions de gonflage par un filtrage de Kalman. D'autres types d'estimations sont possibles. Par exemple, en variante, les moyens 48 d'estimation mettent en œuvre une estimation des pressions de gonflages se fondant sur un filtrage Bayésien utilisant l'un ou l'autre des modèles d'observation selon les relations (11), (17) et (23).

Il a été décrit un système selon l'invention appliqué à une paire de roues avant et arrière d'un véhicule automobile agencées sur un même côté de celui-ci. Bien entendu, on comprendra que ce système peut également s'appliquer à chacune des paires de roues avant et arrière agencées sur un même côté du véhicule.

REVENDICATIONS

1. Système de détermination de la pression de gonflage de pneumatiques montés sur des roues avant et arrière d'un véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - des moyens (12,14) d'acquisition des pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière;
- des moyens (16, 18) d'acquisition des accélérations verticales des roues avant et arrière ; et
- des moyens (32) de fusion des pressions acquises et des
10 accélérations acquises pour estimer les pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (32) de fusion comprennent :

- des moyens (34) d'estimation des coefficients de raideur des
15 pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des accélérations verticales acquises de celles-ci ; et
- des moyens (48) d'estimation des pressions de gonflage des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des pressions de gonflage acquises et des coefficients de raideur estimés des pneumatiques des roues
20 avant et arrière.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation des coefficients de raideur comprennent des moyens (38) de recalage temporel de l'une des accélérations acquises sur l'autre des accélérations acquises et des moyens de calcul des coefficients de raideur en
25 fonction des accélérations ainsi recalées temporellement.

4. Système selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation des coefficients de raideur comprennent des moyens (36) de filtrage passe-bande des accélérations acquises agencés entre des moyens d'acquisition des accélérations et les moyens de recalage temporel.

30 5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens (36) de filtrage passe-bande sont adaptés pour mettre en œuvre un filtrage dans une gamme de fréquences sensiblement égale à [8, 20] Hz.

6. Système selon la revendication 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que les moyens (38) de recalage temporel comprennent des moyens (40) de calcul de l'intercorrélation des accélérations acquises et des moyens (42) d'application d'un retard correspondant au maximum de l'intercorrélation calculée à l'accélération acquise de la roue avant.

7. Système selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que les moyens (46) de calcul des coefficients de raideur sont adaptés pour mettre en œuvre un algorithme récursif des moindres carrés en temps réel se fondant sur un modèle mécanique prédéterminé de la roue.

8. Système selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation sont adaptés pour estimer lesdits coefficients de raideur à partir d'un modèle mécanique mono-roue des roues avant et arrière.

9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation sont propres à estimer lesdits coefficients de raideur en se fondant sur une modélisation en temps discret des accélérations recalées des roues avant et arrière selon la relation :

$$A_{vr}(k) = \frac{1}{m_{rr}} (m_{ra} \times A_{va}(k-n) - Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \begin{pmatrix} K_{pr}(k) / K_{pa}(k) \\ K_{pr}(k) \end{pmatrix}$$

où k est le k^{ième} instant d'échantillonnage, A_{vr} et A_{va} sont les accélérations verticales des roues arrière et avant respectivement, Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement, K_{pr} et K_{pa} sont les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière respectivement, et n est un instant d'échantillonnage correspondant à un décalage temporel entre les roues arrière et avant subissant la même portion de chaussée.

10. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation sont propres à estimer lesdits coefficients de raideur en se fondant sur une modélisation en temps discret des accélérations recalées des roues avant et arrière selon la relation :

$$A_{va}(k) = \frac{1}{m_{ra}} (m_{rr} \times A_{vr}(k+n) - Z_{vr}(k+n) - Z_{va}(k)) \begin{pmatrix} K_{pa}(k) / K_{pr}(k) \\ K_{pa}(k) \end{pmatrix}$$

où k est le $k^{\text{ième}}$ instant d'échantillonnage, A_{vr} et A_{va} sont les accélérations verticales des roues arrière et avant respectivement, Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement, K_{pr} et K_{pa} sont les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et
 5 arrière respectivement, et n est un instant d'échantillonnage correspondant à un décalage temporel entre les roues arrière et avant subissant la même portion de chaussée.

11. Système selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation sont adaptés pour estimer
 10 lesdits coefficients de raideur à partir d'un modèle mécanique bicyclette de celles-ci.

12. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens (34) d'estimation sont propres à estimer lesdits coefficients de raideur en se fondant sur une modélisation en temps discret des accélérations recalées
 15 des roues avant et arrière selon la relation :

$$A_{vr}(k) = \begin{pmatrix} \frac{m_{ra}}{m_{rr}} A_{va}(k-n) \\ \frac{1}{m_{rr}} (Z_{va}(k-n) - Z_{vr}(k)) \\ \frac{1}{m_{rr}} \dot{Z}_{va}(k-n) \\ -\frac{1}{m_{rr}} \dot{Z}_{vr}(k) \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} K_{pr}(k) / K_{pa}(k) \\ K_{pr}(k) \\ (K_{pr}(k) / K_{pa}(k)) \times R_a(k) \\ R_r(k) \end{pmatrix}$$

où k est le $k^{\text{ième}}$ instant d'échantillonnage, A_{vr} et A_{va} sont les accélérations verticales des roues arrière et avant respectivement, Z_{vr} et Z_{va} sont les altitudes des centres des roues arrière et avant respectivement, K_{pr} et
 20 K_{pa} sont les coefficients de raideur des pneumatiques des roues avant et arrière respectivement, n est un instant d'échantillonnage correspondant à un décalage temporel entre les roues arrière et avant subissant la même portion de chaussée, R_a et R_r sont des coefficients de raideur des suspensions des roues avant et arrière respectivement, et $\dot{Z}_{va}$ et $\dot{Z}_{vr}$ sont les dérivées premières
 25 des altitudes des centres des roues avant et arrière respectivement.

13. Système selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que les moyens (48) d'estimation des pressions de gonflage

sont adaptés sont adaptés pour mettre en œuvre, pour chacune des roues avant et arrière, un estimateur de Kalman se fondant sur un modèle liant la pression de gonflage et le coefficient de raideur du pneumatique de la roue.

14. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les
5 moyens (32) de fusion sont adaptés pour mettre en œuvre un estimateur de Kalman se fondant sur modèle liant les pressions de gonflage des pneumatiques et les accélérations verticales des roues avant et arrière.

15. Système selon l'une quelconque des revendications
10 précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (50) de diagnostic de l'état de fonctionnement des moyens d'acquisition des pressions de gonflage et de l'état de montage des pneumatiques en fonction des pressions de gonflage estimées et acquises et des accélérations verticales acquises des roues avant et arrière.

16. Système selon la revendication 15, caractérisé en ce que, si une
15 pression de gonflage acquise et sa pression estimée associée diffèrent de plus de X%, où X est un nombre prédéterminé, les moyens (50) de diagnostic sont adaptés pour calculer les pressions de gonflages des pneumatiques des roues avant et arrière en fonction des accélérations verticales acquises de celles-ci, pour comparer la pression acquise aux pressions calculées et pour déterminer
20 que, si la pression acquise correspond à l'une des pressions calculées, le pneumatique associé à la pression calculée correspondant à la pression acquise fait l'objet d'un montage inversé.

17. Système selon la revendication 16, caractérisé en ce que, si
aucun des pneumatiques ne présente d'inversion de montage, alors les moyens
25 (50) de diagnostic sont propres à diagnostiquer que les moyens d'acquisition associés à la pression acquise sont défaillants.

1/3

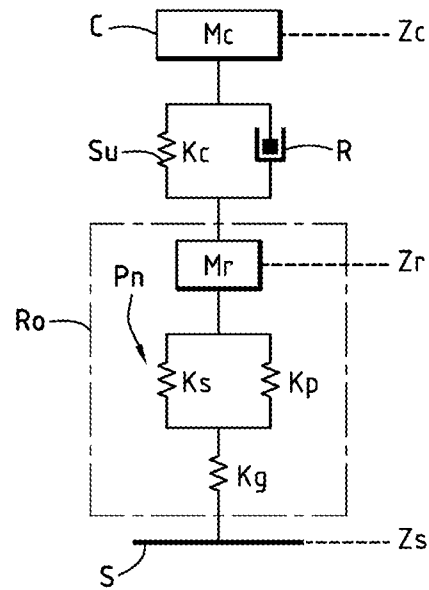


FIG.1

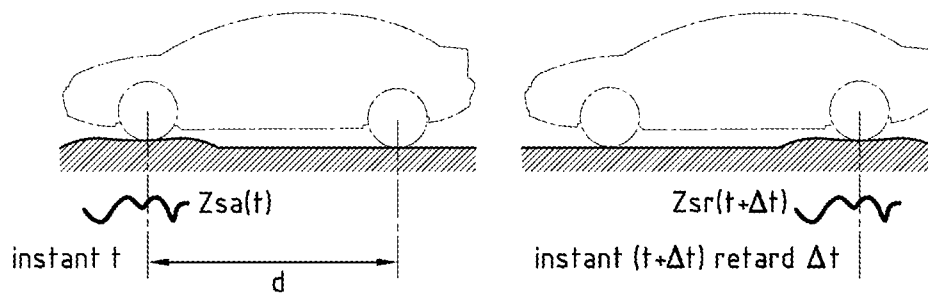
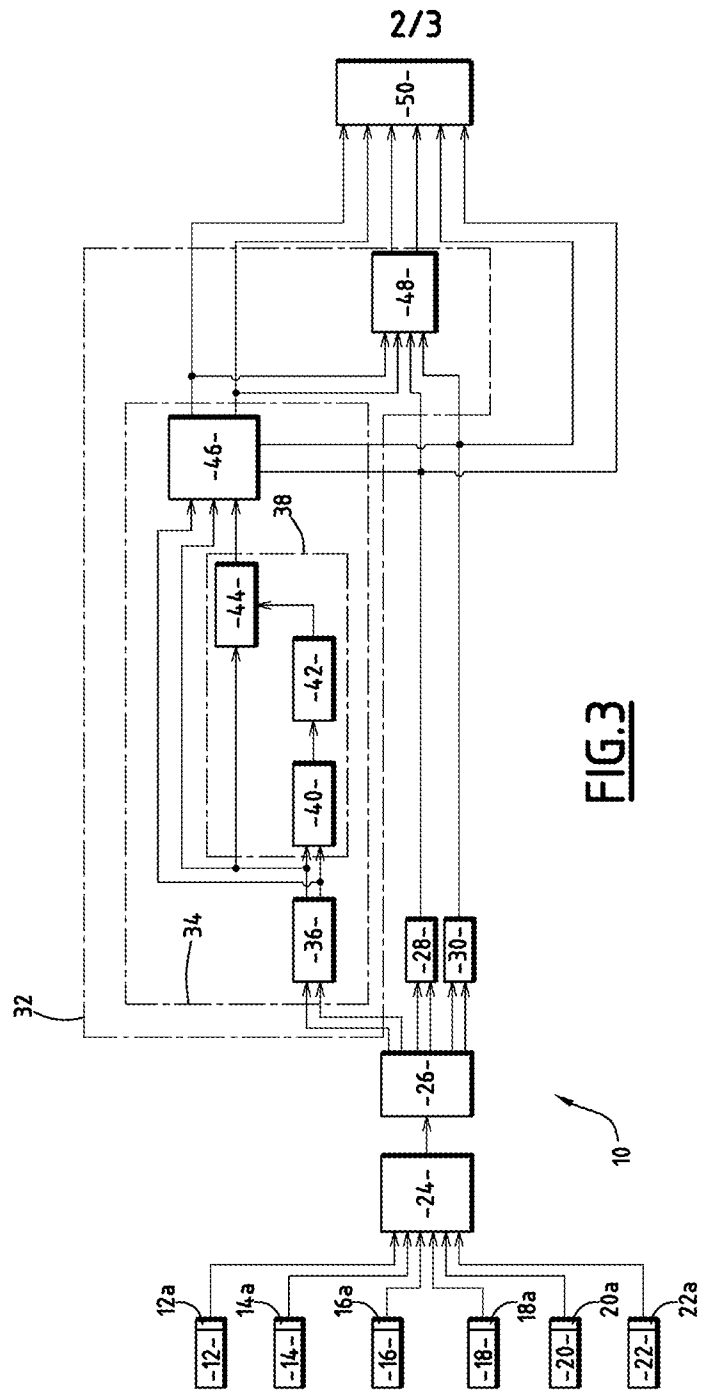


FIG.2



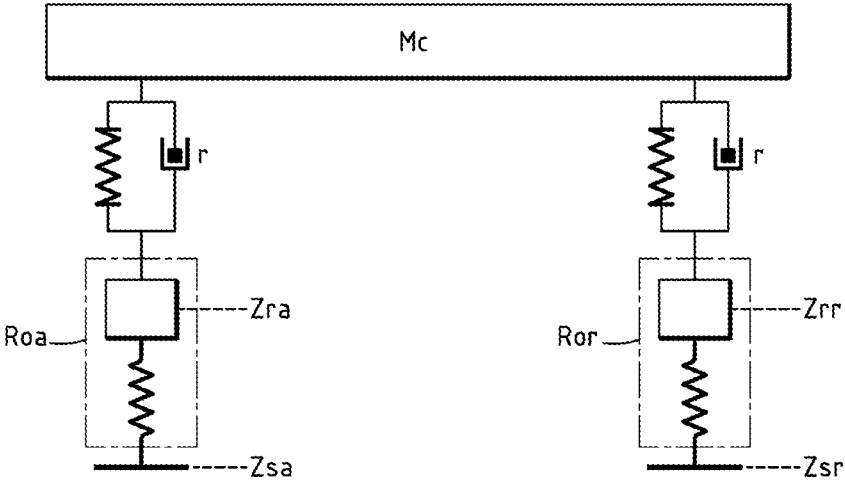


FIG.4