

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 132 466

②① N° d'enregistrement national : **22 01186**

⑤① Int Cl⁸ : **B 60 C 19/00 (2022.01)**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Roue équipée d'un capteur capacitif de déflexion radiale, véhicule équipé d'une telle roue, et procédé de mesure capacitive d'une charge d'une roue et d'un véhicule.

②② Date de dépôt : 10.02.22.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 11.08.23 Bulletin 23/32.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 28.06.24 Bulletin 24/26.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *CAPTEUR TECHNOLOGIE
ÉLECTRONIQUE ET SYSTÈMES SA Société
Anonyme — FR.*

⑦② Inventeur(s) : COUDOUEL Denis, MICALLEF Jean-
Paul et LÉA Étienne.

⑦③ Titulaire(s) : *CAPTEUR TECHNOLOGIE
ÉLECTRONIQUE ET SYSTÈMES SA Société
Anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *IPAZ selarl.*

FR 3 132 466 - B1



Description

Titre de l'invention : Roue équipée d'un capteur capacitif de déflexion radiale, véhicule équipé d'une telle roue, et procédé de mesure capacitive d'une charge d'une roue et d'un véhicule.

[0001] La présente invention concerne une roue équipée d'un capteur capacitif pour mesurer une déflexion radiale de ladite roue, en particulier lorsqu'elle est soumise à une charge, en particulier dans la direction verticale. Elle concerne également un véhicule équipé d'une telle roue. L'invention concerne également un procédé de mesure capacitive d'une charge appliquée à une roue et un procédé de mesure capacitive d'une charge appliquée à un véhicule.

[0002] Le domaine de l'invention est le domaine de la mesure d'une déflexion radiale d'une roue, en particulier pour déterminer la charge appliquée à la roue.

État de la technique

[0003] Il existe différentes solutions permettant de déterminer une charge appliquée à une roue.

[0004] Par exemple, il existe des systèmes basés sur une mesure d'une empreinte au sol de la roue. Ces systèmes permettent de réaliser une mesure efficace et précise de la charge appliquée à une roue d'un véhicule, que le véhicule soit à l'arrêt ou en mouvement.

[0005] Il existe aussi des systèmes basés sur une mesure de la déflexion radiale par exemple à base d'ultrason ou de faisceaux lasers.

[0006] Cependant, la plupart des systèmes sont assez complexes, encombrants et onéreux, à mettre en œuvre. De plus, la plupart des systèmes nécessitent une calibration assez longue pour chaque type de roue. En outre, ces systèmes sont basés sur une modification de la cavité interne la roue, respectivement une modification de l'empreinte au sol de la roue, ce qui est complexe à mesurer.

[0007] Un but de la présente invention est de remédier à au moins un des inconvénients précités.

[0008] Un autre but de l'invention est de proposer une solution permettant de mesurer une charge appliquée à une roue de manière plus simple.

[0009] Un autre but de l'invention est de proposer une solution permettant de mesurer une charge appliquée à une roue moins lourde à mettre en œuvre

[0010] Un autre but de l'invention est de proposer une solution permettant de mesurer une charge appliquée à une roue moins onéreuse à mettre en œuvre

Exposé de l'invention

[0011] L'invention propose d'atteindre au moins l'un des buts précités par une roue comprenant une jante et un pneu caractérisé en ce qu'elle comprend en outre au moins

un capteur capacitif d'une déflexion radiale de ladite roue, ledit capteur capacitif comprenant :

- au moins une électrode de mesure capacitive disposée dans ladite roue en regard de ladite jante ou dudit pneu ;
- au moins une électrode, dite de garde, pour garder électriquement ladite au moins une électrode de mesure ; et
- une électronique de mesure pour :
 - polariser lesdites électrodes à un potentiel électrique alternatif, dit potentiel de travail, différent d'un potentiel de ladite roue, à une fréquence, dite de travail, et
 - mesurer un signal électrique, dit signal de mesure, relatif à la capacité vue par ladite électrode de mesure et représentatif de la déflexion radiale de ladite roue.

[0012] Ainsi, l'invention propose une solution permettant de détecter la déflexion radiale d'une roue. Les inventeurs ont découvert que la déflexion radiale d'une roue est directement liée à la charge appliquée à ladite roue. Or, la mesure de la déflexion radiale d'une roue est plus simple à mettre en œuvre comparée par exemple à la mesure de l'empreinte au sol d'une roue ou la mesure de la déformation de la cavité intérieure de la roue.

[0013] De plus, l'invention propose de détecter la déflexion radiale de la roue grâce à au moins un capteur capacitif comprenant au moins une électrode de mesure capacitive disposée dans la roue, et en particulier dans la cavité interne de la roue, ce qui est plus simple, moins onéreux, et moins lourd à mettre en œuvre comparé aux techniques actuelles.

[0014] En outre, la solution proposée par l'invention est moins encombrante à mettre œuvre car elle met en œuvre des électrodes capacitives dont l'encombrement est très réduit comparé par exemple à des capteurs sonores.

[0015] Enfin, la solution proposée par l'invention peut être mise en œuvre à la fois pour des roues existantes, ou de nouvelles roues en cours de production. Par exemple, les électrodes capacitives peuvent être intégrées dans la roue, respectivement dans le pneu ou encore dans la jante, au moment de la fabrication de la roue, respectivement du pneu ou de la jante.

[0016] Dans la présente demande, par « déflexion radiale » de la roue on entend un déplacement de la jante par rapport au sol, dans la direction verticale, dû à une charge appliquée à ladite roue et qui se traduit par un écrasement du pneu.

[0017] L'électrode de garde permet de protéger l'électrode de mesure de couplages capacitifs parasites, ou contre des perturbations, provenant du dessous des électrodes de mesure, et permet ainsi d'augmenter la précision et la portée de mesure des électrodes

de mesure. L'électrode de garde étant polarisée au même potentiel que les électrodes de mesure elle est électriquement invisible à la fréquence du potentiel de travail.

[0018] Bien entendu, l'électrode de garde est électriquement isolée de l'électrode de mesure, par exemple par une couche diélectrique disposée entre l'électrode de mesure et l'électrode de garde. Une telle couche diélectrique peut être une carte PCB, ou une couche de vernis diélectrique, une couche de peinture diélectrique, etc.

[0019] Par exemple, l'électrode de mesure peut être disposée sur une première face d'une carte électronique et l'électrode de garde peut être disposée sur la face opposée de ladite carte électronique.

[0020] Suivant des modes de réalisation, l'électrode de garde peut être disposée sur la jante, respectivement le pneu, lorsque l'électrode de mesure est disposée du côté de ladite jante, respectivement dudit pneu, tout en étant électriquement isolée de ladite jante ou dudit pneu.

[0021] Suivant des modes de réalisation, lorsque l'électrode de mesure est disposée du côté de la jante, l'électrode de garde peut être formée par ladite jante, cette dernière étant alors polarisée au potentiel de travail.

[0022] Suivant des modes de réalisation non limitatifs, au moins un capteur capacitif peut comprendre une électrode de mesure et une électrode de garde coplanaires.

[0023] Une telle architecture permet de diminuer encore plus l'encombrement du capteur capacitif.

[0024] De plus, la présence d'une électrode de garde dans le même plan que l'électrode mesure permet de mieux garder l'électrode de mesure, en particulier vis-à-vis des perturbations provenant des côtés de l'électrode de mesure, ce qui permet d'améliorer la mesure d'une grandeur relative à la déflexion radiale de la roue.

[0025] Alternativement, ou en plus, au moins un capteur capacitif peut comprendre une électrode de garde disposée sous une électrode de mesure.

[0026] La présence d'une telle électrode de garde sous une électrode mesure permet de mieux garder l'électrode de mesure, en particulier vis-à-vis des perturbations provenant de dessous de l'électrode de mesure, ce qui permet d'améliorer la mesure d'une grandeur relative à la déflexion radiale de la roue.

[0027] Alternativement, ou en plus, au moins un capteur capacitif peut comprendre une électrode de garde et une électrode de mesure :

- entrelacées ou en peigne, et/ou
- concentriques

[0028] Une telle architecture des électrodes de mesure et de garde permet de diminuer encore plus les perturbations extérieures tout en améliorant l'encombrement des électrodes capacitives et donc du capteur capacitif.

[0029] Suivant des modes de réalisation non limitatifs, pour au moins un capteur capacitif,

l'électrode de mesure, respectivement l'électrode de garde, peut être disposée solidaire du pneu, en particulier dans une zone centrale dudit pneu dans le sens de la largeur dudit pneu, et encore plus particulièrement dans une partie centrale de la bande de roulement dudit pneu. Dans ce cas, l'électrode de mesure est sensible à la position de la jante de la roue relativement au pneu, lors de la déflexion radiale dudit de ladite roue, et donc modifier la capacité totale vue par la capacité de mesure.

[0030] Dans ce mode de réalisation, la ou les électrodes capacitives peuvent être disposées :

- dans l'épaisseur du pneu, ou
- sur une face interne dudit pneu, ou
- sur un support lui-même disposé sur ledit, ou solidaire dudit, pneu et en particulier d'une face interne dudit pneu.

[0031] Suivant des modes de réalisation non limitatifs, pour au moins un capteur capacitif, l'électrode de mesure, respectivement l'électrode de garde, peut être disposée solidaire de la jante. Dans ce cas, l'électrode de mesure est sensible à la position d'une partie métallique du pneu, ou d'une cible métallique solidaire du pneu, lors de la déflexion radiale dudit pneu.

[0032] Dans ce cas, l'électrode de mesure, respectivement l'électrode de garde, peut être disposée sur la jante, ou sur un support lui-même disposé sur, ou solidaire de, ladite jante.

[0033] Au moins un capteur capacitif peut comprendre au moins une électrode, dite de référence, disposée de sorte à ne pas être sensible à une déflexion radiale de ladite roue.

[0034] Une telle électrode de référence permet de mesurer les effets de la température et de la pression dans la roue et de corriger la mesure capacitive réalisée avec les électrodes de mesure d'éventuelles dérives causées par une variation de la température ou de la pression.

[0035] Par exemple, l'électrode de référence peut être disposée sous l'électrode de garde, le cas échéant.

[0036] Suivant un autre exemple, l'électrode de référence peut être orientée suivant une direction autre que la direction radiale, par exemple suivant une direction perpendiculaire à la direction radiale.

[0037] Suivant des modes de réalisation, au moins un capteur capacitif peut comprendre une électrode, dite d'interaction :

- polarisée au potentiel de la roue, et
- disposée solidaire du pneu, en regard de l'électrode de mesure disposée sur la jante.

[0038] Une telle électrode d'interaction permet ainsi de former une surface conductrice permettant de mesurer la déflexion, lorsque le pneu ne comporte pas de composant ou

de carcasse métallique. L'électrode d'interaction présente l'avantage d'augmenter le couplage avec l'électrode de mesure et d'augmenter la sensibilité de mesure. De plus cela permet de renforcer la propagation des lignes de champs du capteur vers le fond du pneumatique.

- [0039] Lorsque le pneu comporte une carcasse comportant au moins une partie métallique, il n'est pas nécessaire, sans pour autant que cela soit interdit, d'utiliser une telle électrode d'interaction. Une telle carcasse peut comprendre une nappe métallique ou une ceinture métallique, etc. En effet, dans ce cas, la partie métallique de la carcasse du pneu vient perturber le couplage capacitif entre les électrodes de mesure, de manière proportionnelle à la déflexion radiale du pneu.
- [0040] Bien entendu, lorsque l'électrode de mesure est disposée du côté du pneu en regard de la jante métallique il n'est pas nécessaire, sans pour autant que cela soit interdit, d'utiliser une telle électrode d'interaction. En effet, dans ce cas, la jante électrique conductrice est détectée par l'électrode de mesure lors de la déflexion radiale de la roue, de manière proportionnelle à la déflexion radiale du pneu.
- [0041] Suivant une caractéristique avantageuse, au moins un capteur capacitif peut comprendre un premier module de calcul d'une valeur de déflexion, en fonction du signal de mesure.
- [0042] Un tel premier module peut comprendre un module matériel formé par au moins un composant numérique, tel qu'un processeur ou une puce électronique ou encore un calculateur, ou au moins un composant analogique, ou encore par une combinaison d'au moins un composant numérique et d'au moins un composant analogique.
- [0043] Alternativement, ou en plus, un tel premier module peut comprendre un module logiciel.
- [0044] Le calcul de la valeur de la déflexion radiale de la roue peut être réalisé en fonction de la valeur du signal de mesure et d'au moins un modèle de calcul de déflexion prédéterminé reliant la valeur du signal de mesure à une valeur de la déflexion. Le modèle de calcul de déflexion prédéterminé peut comprendre :
- une relation mathématique prédéterminée, ou
 - une table de valeurs prédéterminées, par exemple lors d'une phase de calibration, mémorisant pour différentes valeurs du signal de mesure les valeurs de déflexion correspondantes mesurées lors de ladite phase de calibration.
- [0045] Dans le cas où aucun capteur ne se trouve aligné avec la normale à la chaussée/ empreinte de contact, il est possible d'estimer la déflexion par reconstruction du profil de déplacement radial mesuré par les capteurs distribués sur la jante. À partir du profil de déplacement radial et d'une fonction représentative de ce déplacement ou par interpolation, la valeur de déflexion peut être estimée.
- [0046] Suivant une caractéristique avantageuse, au moins un capteur capacitif peut

comprendre un deuxième module de calcul d'une valeur de charge appliquée à la roue.

[0047] La valeur de charge peut être déduite à partir :

- de la valeur du signal de mesure, ou
- d'une valeur de déflexion radiale elle-même préalablement déterminée en fonction du signal de mesure.

[0048] Un tel deuxième module de calcul peut comprendre un module matériel formé par au moins un composant numérique, tel qu'un processeur ou une puce électronique ou encore un calculateur, ou au moins un composant analogique, ou encore par une combinaison d'au moins un composant numérique et d'au moins un composant analogique.

[0049] Alternativement, ou en plus, le deuxième module peut comprendre un module logiciel.

[0050] Le calcul de la valeur de charge peut être réalisé en fonction d'au moins un modèle de calcul de charge prédéterminé. Le modèle de calcul de charge prédéterminé peut comprendre :

- une relation mathématique prédéterminée, ou
- une table de valeurs prédéterminées, par exemple lors d'une phase de calibration.

[0051] Avantagusement, la roue selon l'invention peut comprendre au moins une source électrique délivrant le potentiel de travail à au moins un capteur capacitif.

[0052] Une telle source électrique peut être une source de tension alternative fournissant le potentiel de travail.

[0053] Le potentiel de travail alternatif peut être un potentiel sinusoïdal, carré, etc.

[0054] Suivant des modes de réalisation, la roue selon l'invention peut comprendre plusieurs capteurs capacitifs. Ces capteurs peuvent préférentiellement, mais de manière nullement limitative, être distribués autour de la direction axiale de ladite roue.

[0055] Les capteurs capacitifs peuvent être associés par paire.

[0056] Les capteurs formant une paire peuvent être disposés autour de la direction axiale en des emplacements opposés, ou symétriques, par rapport à ladite direction axiale. Ainsi, il est possible de réaliser une mesure de déflexion par un des capteurs d'une paire de capteurs et de corriger la valeur mesurée grâce à l'autre des capteurs de la paire de capteurs, par exemple pour corriger des erreurs ou des dérives dues à des variations de température, de pression ou toute autre variation affectant la mesure capacitive.

[0057] Alternativement, ou en plus, ces capteurs formant une paire peuvent être disposés autour de la direction axiale en des emplacements séparés d'un angle de 90° autour de la direction axiale. Ainsi, il est possible de réaliser une mesure de déflexion par un des capteurs d'une paire de capteurs et de corriger la valeur mesurée grâce à l'autre des capteurs de la paire de capteurs, par exemple pour corriger des erreurs ou des dérives dues à des variations de température, de pression ou toute autre variation affectant la

mesure capacitive.

- [0058] Suivant un autre aspect de la même invention, il est proposé un véhicule équipé d'au moins une roue selon l'invention.
- [0059] Un tel véhicule peut être un véhicule terrestre tel qu'une voiture, un bus, un car, un camion, un poids-lourd, une remorque, etc.
- [0060] Un tel véhicule peut être un véhicule volant tel qu'un avion ou un hélicoptère munie de roue utilisées pour le décollage ou à l'atterrissage.
- [0061] Suivant des modes de réalisation, le véhicule selon l'invention peut comprendre :
- plusieurs roues selon l'invention, et
 - un module de calcul du poids dudit véhicule.
- [0062] Un tel module de calcul peut comprendre un module matériel formé par au moins un composant numérique, tel qu'un processeur ou une puce électronique ou encore un calculateur, ou au moins un composant analogique, ou encore par une combinaison d'au moins un composant numérique et d'au moins un composant analogique.
- [0063] Alternativement, ou en plus, le module de calcul de poids peut comprendre un module logiciel.
- [0064] Le calcul du poids du véhicule est réalisé en fonction des signaux reçus de chaque roue et un modèle de calcul de poids prédéterminé reliant ces signaux à une valeur de poids. Le modèle de calcul de poids prédéterminé peut comprendre une relation mathématique prédéterminée.
- [0065] Le signal reçu de chaque roue peut être un signal de mesure capacitive, une valeur de déflexion ou une valeur de charge.
- [0066] Suivant un autre aspect de la même invention, il est proposé un procédé de détermination d'une charge appliquée à une roue, en particulier à une roue selon l'invention, comprenant au moins une itération d'une phase de mesure comprenant les étapes suivantes :
- mesure d'un signal de mesure relatif à une déflexion radiale de ladite roue par au moins un capteur capacitif disposé dans ladite roue, et
 - calcul d'une valeur d'une charge appliquée à ladite roue, en fonction dudit signal de mesure et d'un modèle calcul de charge prédéterminé.
- [0067] Le modèle prédéterminé peut être le deuxième modèle prédéterminé décrit plus haut.
- [0068] Le calcul de la valeur de la charge appliquée à la roue peut être déterminé en utilisant le signal de mesure, ou une valeur de déflexion radiale préalablement calculée à partir dudit signal de mesure.
- [0069] Le modèle de calcul de charge peut être déterminé lors d'une phase de calibration préalable à la première phase de mesure.
- [0070] Suivant des exemples de réalisation, le modèle de calcul de charge peut comprendre :
- une relation mathématique prédéterminée, ou

- une table de valeurs prédéterminées ;
reliant une valeur de signal de mesure, respectivement une valeur déflexion radiale, à une valeur de charge.

[0071] Suivant un autre aspect de la même invention, il est proposé un procédé de détermination d'un poids d'un véhicule comprenant plusieurs roues, ledit procédé comprenant au moins une itération d'une phase de pesée comprenant les étapes suivantes :

- mesure de valeurs de charge appliquées à plusieurs roues dudit véhicule par le procédé selon l'invention ; et
- calcul d'un poids dudit véhicule à partir desdites valeurs de charge et d'un modèle de calcul de poids prédéterminé

[0072] Le modèle de calcul de poids prédéterminé peut être le troisième modèle prédéterminé décrit plus haut.

[0073] Le modèle de calcul peut être prédéterminé lors d'une phase de calibration préalable à la première phase de pesée.

[0074] Suivant des exemples de réalisation, le modèle de calcul de poids prédéterminé peut comprendre :

- une relation mathématique prédéterminée, ou
- une table de valeurs prédéterminées ;
reliant des valeurs de charge de roues d'un véhicule à une valeur de poids dudit véhicule.

Description des figures et modes de réalisation

[0075] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels :

- la [Fig.1] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation d'un capteur capacitif pouvant équiper une roue selon l'invention ;
- les FIGURES 2a-2g sont des représentations schématiques d'exemple de réalisation non limitatifs d'arrangements d'électrodes pouvant être mis en œuvre dans la présente invention ;
- la FIGURES 3-5 sont des représentations schématiques d'exemples de réalisation non limitatifs d'une roue selon l'invention ;
- la [Fig.6] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un véhicule selon l'invention ;
- la [Fig.7] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un procédé selon l'invention de mesure de la charge appliquée à une roue ; et
- la [Fig.8] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non

limitatif d'un procédé selon l'invention de mesure du poids d'un véhicule.

- [0076] Il est bien entendu que les modes de réalisation qui seront décrits dans la suite ne sont nullement limitatifs. On pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si c'est cette partie qui est uniquement suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.
- [0077] En particulier, toutes les variantes et tous les modes de réalisation décrits sont combinables entre eux si rien ne s'oppose à cette combinaison sur le plan technique pour un Homme du Métier.
- [0078] Sur les figures et dans la suite de la description, les éléments communs à plusieurs figures conservent la même référence.
- [0079] La [Fig.1] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un capteur capacitif pouvant équiper une roue selon l'invention.
- [0080] Le capteur capacitif 100 comprend une électrode de mesure 102. La capacité C vue par l'électrode de mesure 102 change en présence d'un objet O , ainsi qu'en fonction de la distance entre l'objet O et l'électrode de mesure 102. Ainsi, la mesure du signal électrique relative à la capacité C vue par l'électrode de mesure 102, permet de caractériser la distance entre l'électrode de mesure 102 et l'objet O .
- [0081] Bien entendu, le nombre d'électrodes de mesure dans le capteur capacitif 100 n'est pas limité à 1.
- [0082] Le capteur capacitif 100 peut comprendre une électrode de garde 104, disposée sous l'électrode de mesure 102, et prévue pour garder électriquement l'électrode de mesure 102 contre des perturbations provenant de la direction opposée à la direction de mesure.
- [0083] L'électrode de mesure 102 et l'électrode de garde 104 sont prévues pour être mises à un même potentiel alternatif, dit potentiel de travail, et noté V_T dans la suite, différent d'un potentiel de masse, noté M .
- [0084] Le capteur capacitif 100 comprend en outre une électronique de mesure 110 pour mesurer un signal de mesure représentatif du couplage entre l'électrode de mesure 102 et l'objet O , et donc de la distance entre l'électrode de mesure 102 et l'objet O . Dans l'exemple représenté, de manière nullement limitative, l'électronique de mesure 110 comprend un amplificateur de courant, ou de charge, comprenant un amplificateur opérationnel (AO) 112 et une capacité de contre-réaction 114 rebouclant la sortie de l'AO

112 à l'entrée inverseuse « - » de l'AO 112.

- [0085] Dans l'exemple représenté, l'entrée inverseuse « - » de l'AO 112 est reliée à l'électrode de mesure 102. L'entrée non-inverseuse « + » de l'AO 112 reçoit le potentiel de travail V_T et est reliée à l'électrode de garde 104. Dans ces conditions, l'électrode de mesure 102 et l'électrode de garde 104 sont toutes les deux au potentiel de travail V_T .
- [0086] Dans ces conditions, l'AO 112 fournit en sortie une tension alternative notée V_s , qui est proportionnelle au couplage capacitif entre l'électrode de mesure 102 et l'objet O, et donc proportionnelle à la distance entre l'objet O et l'électrode de mesure 102.
- [0087] L'électronique de mesure 110 peut en outre comprendre un démodulateur synchrone 116 permettant de fournir un signal utile V_u par démodulation synchrone de la tension V_s fourni par l'AO 112, avec le potentiel de travail V_T .
- [0088] En outre, l'électronique de mesure 110 peut en outre comprendre un module 118 de calcul d'une capacité de couplage mesuré C_m en fonction de la tension utile V_u .
- [0089] Pour ce faire, le module de calcul 118 peut utiliser une table de calibrage reliant la tension utile mesurée V_u à la capacité de couplage, notée C_m . Une telle table de correspondance peut être déterminée lors d'une phase de calibration, par exemple.
- [0090] De plus, le capteur capacitif 100 peut en outre comprendre un module 120 de calcul de flexion radiale permettant de fournir une valeur de flexion radiale DEF d'une roue en fonction de la capacité de couplage C et d'au moins un premier modèle prédéterminé.
- [0091] Le premier modèle peut être une table de calibrage, reliant la valeur de la capacité de couplage mesurée C à celle de la flexion DEF. Une telle table de calibrage peut être déterminée lors d'une phase de calibration.
- [0092] Alternativement, le premier modèle peut être une relation mathématique prédéterminée. Par exemple, la relation mathématique utilisée peut être une relation prédéterminée de type :
- $$C = a / (DEF + b) + k(1)$$
- avec a, b et k des constantes liées au capteur capacitif et à sa configuration, déterminée lors d'une phase de calibration ou d'étalonnage.
- [0093] Par ailleurs, le capteur 100 peut en outre comprendre un module 122 de calcul de charge, utilisant un deuxième modèle prédéterminé, permettant de fournir une valeur de la charge CH appliquée à la roue en fonction de la valeur de flexion DEF
- [0094] Le deuxième modèle peut être une table de calibrage, reliant la valeur de la flexion DEF à la valeur CH. Une telle table de calibrage peut être déterminée lors d'une phase de calibration.
- [0095] Alternativement, le deuxième modèle peut être une relation mathématique prédéterminée. Par exemple, la relation mathématique utilisée peut être une relation linéaire

prédéterminée de type :

$$CH = K_z * DEF$$

avec K_z un coefficient de proportionnalité, également appelé raideur verticale, qui traduit l'effet de support de la charge par la pression et par les flancs du pneumatique.

La valeur de cette raideur, dépendante de la pression, peut être déterminée par l'expérience ou calculée à partir de modèles ou de tables. À titre d'exemple non limitatif :

$$K_z = KP + K_{sw}$$

$$K_z = 0.00028 * P * \sqrt{((-0.004aR + 1.03)SN * OD)} + K_{sw}$$

avec

- K_z la raideur verticale du pneu en kg/mm,
- K_p la raideur liée à la pression du pneu exprimée en kg/mm,
- K_{sw} la raideur structurelle des flancs du pneu exprimée en kg/mm,
- P la pression de gonflage du pneu en Pa.
- aR , sans unité, le ratio entre la largeur SN (mm) du pneu et sa hauteur, et
- OD le diamètre extérieur de la roue (jante+ pneu) en mm.

[0096] Les FIGURES 2a-2g sont des représentations schématiques d'exemples de réalisation non limitatifs d'arrangements d'électrodes pouvant être mis en œuvre dans la présente invention.

[0097] La [Fig.2a] présente un premier exemple 210 d'arrangement d'électrodes vue de dessus.

[0098] L'arrangement 210 de la [Fig.2a] comprend uniquement l'électrode de mesure 102 et l'électrode de garde 104.

[0099] Dans l'exemple montré, et à la différence de l'arrangement de la [Fig.1], les électrodes de mesure et de garde sont coplanaires.

[0100] La [Fig.2b] représente un autre exemple d'arrangement d'électrodes vue de dessus.

[0101] L'arrangement 220 de la [Fig.2b] comprend :

- l'électrode de mesure 102,
- une première électrode de garde 104₁ disposée sous l'électrode de mesure 102, et
- une deuxième électrode de garde 104₂ disposée à côté de, et au même niveau que, l'électrode de mesure 102.

[0102] La [Fig.2c] représente un autre exemple d'arrangement d'électrodes vue de dessus.

[0103] L'arrangement 230 de la [Fig.2c] comprend :

- l'électrode de mesure 102,
- une première électrode de garde 104₁ disposée sous l'électrode de mesure 102, et
- deux autres électrodes de garde 104₂ et 104₃, disposées de part et d'autre de

l'électrode de mesure 102, au même niveau que l'électrode de mesure 102.

[0104] La [Fig.2d] représente un autre exemple d'arrangement d'électrodes vue de dessus.

- l'électrode de garde 104, et
- l'électrode de mesure 102, disposées dans l'électrode de garde 104, de sorte que les électrodes de mesure et de garde sont concentriques.

[0105] De manière optionnelle, le capteur peut comprendre une autre électrode de garde disposée sous l'électrode de mesure 102.

[0106] La [Fig.2e] représente un autre exemple d'arrangement d'électrodes vue de dessus.

[0107] L'arrangement 250 de la [Fig.2e] comprend :

- l'électrode de mesure 102,
- une première électrode de garde 104₁ disposée sous l'électrode de mesure 102, et
- une deuxième électrode de garde 104₂, disposée en peigne, ou entrelacée, avec l'électrode de mesure 102, au même niveau que ladite électrode de mesure 102.

[0108] La [Fig.2f] représente un autre exemple d'arrangement d'électrodes vue du côté.

[0109] L'arrangement 260 de la [Fig.2f] comprend tous les éléments de l'arrangement 220 de la [Fig.2b].

[0110] De plus, l'arrangement 260 comprend une autre électrode 202, dite électrode de référence. Cette électrode de référence 202 est polarisée au potentiel de travail V_T . De plus, cette électrode de référence 202 est positionnée de sorte qu'elle n'est pas sensible à la présence de l'objet. Dans l'exemple de la [Fig.2f], l'électrode de référence 202 est disposée entre les électrodes de garde 104₁ et 104₂. Suivant d'autres configurations, l'électrode de référence 202 peut être disposée différemment, par exemple sous l'électrode de garde 104₁, ou à côté de et au même niveau que l'électrode de garde 104₁, ou encore entre l'électrode de mesure 102 et l'électrode de garde 104.

[0111] Cette électrode de référence 202 peut être utilisée comme une deuxième voie de mesure pour corriger les dérives dues à une variation de température, d'humidité ou de pression lors des mesures capacitives.

[0112] La [Fig.2g] présente un autre exemple d'arrangement d'électrodes vue du côté.

[0113] L'arrangement 270 de la [Fig.2g], comprend tous les éléments de l'arrangement 230 de la [Fig.2c], vu de côté.

[0114] De plus, l'arrangement comprend une autre électrode 204, dite électrode d'interaction, utilisée afin de renforcer la mesure capacitive. Cette électrode d'interaction 204 est disposée en vis-à-vis de l'électrode de mesure 102 :

- du côté et solidaire de la jante de la roue lorsque les électrodes de mesure sont disposées du côté du pneu ; ou
- du côté et solidaire du pneu de la roue lorsque les électrodes de mesure sont

disposées du côté de la jante de la roue.

Cette électrode d'interaction 204 est polarisée au potentiel de masse M de la roue.

- [0115] Bien entendu, une telle électrode d'interaction peut être utilisée avec n'importe quel des arrangements décrits plus haut.
- [0116] La [Fig.3] est une représentation schématique partielle d'un premier exemple de réalisation non limitatif d'une roue selon l'invention.
- [0117] La roue 300, représentée sur la [Fig.3], comprend une jante 302 et un pneu 304 monté sur la jante 302. Le pneu 300 comporte une bande de roulement 306 venant au contact du sol
- [0118] La roue 300 comprend en outre un capteur capacitif selon l'invention. En particulier, la roue 300 comprend le capteur capacitif 100 avec l'arrangement d'électrodes 230 de la [Fig.2c]. Le capteur capacitif 100 est fixé solidaire de la jante 302, avec un support de fixation 308, de sorte que l'électrode de mesure 102 fait face au pneu 304, et en particulier à la bande de roulement 306 du pneu 304. Lorsque la roue 300 est soumise à une déflexion radiale sous l'effet d'une charge, le pneu 304 s'écrase et s'approche de l'électrode de mesure 102. Cette dernière détecte et mesure alors ladite déflexion radiale, par mesure capacitive.
- [0119] Suivant une configuration alternative non représentée, le capteur capacitif 100 peut être fixé au pneu 304, et en particulier à une surface interne du pneu 304 au niveau de la bande roulement 306. Dans cette configuration, lorsque la roue est soumise à une déflexion radiale sous l'effet d'une charge, le pneu 320 s'écrase, ce qui approche l'électrode de mesure 102 de la jante 302, de sorte que la déflexion radiale est détectée et mesurée par mesure capacitive.
- [0120] La [Fig.4] est une représentation schématique partielle d'un autre exemple de réalisation non limitatif d'une roue selon l'invention.
- [0121] La roue 400 de la [Fig.4] comprend, comme la roue 300, une jante 302 et un pneu 304 monté sur la jante 302. Le pneu 300 comporte une bande de roulement 306 venant au contact du sol.
- [0122] La roue 400 comprend en outre un capteur capacitif 100 avec l'arrangement d'électrodes 270 de la [Fig.2g]. Le capteur capacitif 100 est fixé solidaire de la jante 302, avec un support de fixation 308, de sorte que l'électrode de mesure 102 fait face au pneu, et en particulier à la bande de roulement 306 du pneu. L'électrode d'interaction 204 est fixée sur la face intérieure du pneu au niveau de la bande de roulement 306. Lorsque la roue 400 est soumise à une déflexion radiale sous l'effet d'une charge, le pneu 304 s'écrase et approche l'électrode d'interaction 204 de l'électrode de mesure 102 qui détecte ladite déflexion radiale, par mesure capacitive.
- [0123] Suivant une configuration alternative non représentée, l'électrode de mesure peut être fixée au pneu, et en particulier à une surface interne du pneu au niveau de la bande

roulement 306 et l'électrode d'interaction 204 à la jante. Dans cette configuration, lorsque la roue est soumise à une déflexion radiale sous l'effet d'une charge, le pneu s'écrase, ce qui rapproche l'électrode de mesure 102 de l'électrode d'interaction, de sorte que la déflexion radiale est détectée par mesure capacitive.

- [0124] La [Fig.5] est une représentation schématique d'un autre d'exemple de réalisation non limitatif d'une roue selon l'invention.
- [0125] La roue 500 de la [Fig.5] comprend une paire de capteurs capacitifs 100_1 et 100_2 . Les capteurs capacitifs 100_1 - 100_2 sont, en particulier, disposés en des positions opposées et symétriques par rapport à la direction axiale 502 de la roue 500.
- [0126] Dans cette configuration, l'un des capteurs capacitifs, à savoir le capteur 100_1 , mesure une déflexion radiale car il se trouve du côté du sol. L'autre des capteurs, à savoir le capteur 100_2 , ne mesure aucune déflexion radiale car il se trouve du côté opposé. Ainsi, une mesure par le capteur 100_1 donnera une valeur de déflexion alors qu'une mesure par le capteur 100_2 ne représentera aucune déflexion radiale. Par conséquent, la mesure réalisée par le capteur 100_2 peut être utilisée pour corriger d'éventuelles dérives de mesure dues par exemple à la température, à la pression, à l'humidité, etc.
- [0127] À l'opposé de la partie de la roue en contact avec le sol, appelée partie basse de la roue, il existe une contre-déflexion de la roue. La bande de roulement s'écarte de la jante de l'ordre de 5 à 10 % de la déflexion subie dans la partie basse. Suivant la précision capteur il est possible de mesurer ou non cette contre-déflexion. La mesure du capteur à l'opposé, sensible ou non, permet de corriger la valeur de déflexion. Obtenir la valeur de contre-déflexion apporte aussi une connaissance supplémentaire sur la raideur verticale du pneu qui dépend directement de la pression de gonflage.
- [0128] Suivant des modes de réalisation, les capteurs 100_1 et 100_2 peuvent être séparés d'un angle de 90° autour de la direction axiale 502.
- [0129] Suivant des modes de réalisation, la roue selon l'invention peut être munie de plusieurs paires de capteurs, répartis par exemple suivant un pas angulaire donné. Préférentiellement, les capteurs formant chaque paire de capteurs sont disposés en des emplacements opposés ou symétriques par rapport à la direction axiale de la roue.
- [0130] Chacun des capteurs capacitifs 100_1 - 100_2 peut être le capteur capacitif 100 de la [Fig.1] avec l'un quelconque des arrangements d'électrodes des FIGURES 2a-2g.
- [0131] De manière optionnelle, chacune des roues 300, 400 et 500, et plus généralement la roue selon l'invention, peut aussi comprendre d'autres capteurs, par exemple au moins un capteur de température et/ou au moins un capteur de pression, qui permettent de recalibrer les relations (modèles ou tables) entre la capacité mesurée et la déflexion ainsi que la déflexion et la charge.
- [0132] La [Fig.6] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non

limitatif d'un véhicule selon l'invention.

- [0133] Le véhicule 600 de la [Fig.6] peut être tout type de véhicule comportant des roues, tel qu'un bus, un avion, un camion, une voiture, etc.
- [0134] Le véhicule 600 comprend plusieurs roues 602, chacune équipée d'au moins un capteur capacitif selon l'invention, et en particulier le capteur capacitif 100 de la [Fig.1] avec l'un quelconque des arrangements d'électrodes décrits plus haut. Par exemple, chacune des roues 602₁-602₂ peut être l'une quelconque des roues 300, 400 ou 500 des FIGURES 3-5.
- [0135] Le véhicule 600 comprend en plus un module 604 de calcul du poids du véhicule en fonction des valeurs de charge appliquées à chaque roue. Le module de calcul 604 est relié, de manière filaire ou sans fil, à chacun des capteurs capacitifs 100 de chaque roue 602 du véhicule 600. Le module 604 reçoit du capteur capacitif 100 de chaque roue 602 une valeur mesurée de la charge appliquée à ladite 602, et calcule la charge ou le poids du véhicule 600 par exemple par addition des charges mesurées par chaque capteur capacitif 100, ou en utilisant toute autre relation mathématique prédéterminée.
- [0136] La [Fig.7] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un procédé selon l'invention de mesure de la charge appliquée à une roue.
- [0137] Le procédé 700 de la [Fig.7] peut être mise en œuvre dans l'une quelconque des roues 300, 400, 500 ou 602 des FIGURES 3-6.
- [0138] Le procédé 700 comprend une phase 702 de mesure de la charge d'une roue et qui peut être répétée autant de fois que souhaitée.
- [0139] La phase de mesure 702 de la charge d'une roue comprend une étape 704 de mesure d'une déflexion radiale de la roue.
- [0140] L'étape 704 de mesure de la déflexion radiale de la roue comprend une étape 706 de mesure d'une capacité, dite de couplage, représentative de ladite déflexion, telle que décrit plus haut, et en particulier en référence à la [Fig.1], en utilisant un capteur capacitif. La déflexion radiale de la roue approche les électrodes de mesure du capteur capacitif du pneu, ou de la jante ou encore d'une électrode d'interaction, ce qui modifie la capacité vue par lesdites électrodes de mesure.
- [0141] L'étape 704 comprend une étape 708 de calcul de la déflexion radiale à partir de la capacité de couplage mesurée à l'étape 706, en utilisant un premier modèle prédéterminé qui peut être une table de correspondance ou une relation mathématique.
- [0142] La phase 702 de mesure de charge comprend en outre une étape 710 de calcul de la charge appliquée à la roue, à partir de la valeur de déflexion obtenue à l'étape 708, en utilisant un deuxième modèle prédéterminé qui peut être une table de correspondance ou une relation mathématique.
- [0143] De manière optionnelle, mais particulièrement avantageuse, la phase 702 de mesure de charge peut comprendre une étape 712 de correction de la capacité de couplage

mesurée, avec une valeur de capacité obtenue par une voie de mesure utilisant par exemple

- une électrode de référence telle que décrit en référence à la [Fig.2f], ou
- un autre capteur capacitif formant, avec le capteur capacitif utilisé à l'étape 706, une paire de capteurs tel que décrit en référence à la [Fig.5].

L'étape optionnelle 712 fournit alors une valeur corrigée de la capacité de couplage et utilisée lors de l'étape 708 de calcul de la déflexion radiale de la roue.

- [0144] Le procédé 700 peut en outre comprendre une phase 720 de calibration, optionnelle, permettant de déterminer par des essais les premiers et deuxième modèles.
- [0145] La [Fig.8] est une représentation schématique d'un exemple de réalisation non limitatif d'un procédé selon l'invention de mesure du poids d'un véhicule.
- [0146] Le procédé 800 de la [Fig.8] peut être mise en œuvre dans tout véhicule selon l'invention et en particulier dans le véhicule 600 de la [Fig.6].
- [0147] Le procédé 800 comprend une phase 802 de mesure du poids du véhicule et qui peut être répétée autant de fois que souhaitée.
- [0148] La phase de mesure 802 comprend une étape 804 de mesure d'une charge appliquée à chaque roue du véhicule, par exemple en utilisant le procédé 700 de la [Fig.7] pour chaque roue du véhicule individuellement.
- [0149] Ensuite, la phase 802 comprend une étape 806 de calcul du poids du véhicule, à partir des valeurs de charges appliquées aux roues mesurées à l'étape 804 et en utilisant un troisième modèle prédéterminé qui peut être une table de correspondance ou une relation mathématique. Par exemple, le troisième modèle peut être une addition des charges mesurées lors de l'étape 804 pour les roues du véhicule, avec ou sans pondération.
- [0150] Optionnellement, le procédé 800 peut en outre comprendre une phase 810 de calibration, permettant de déterminer par des essais le troisième modèle.
- [0151] Bien entendu l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits.

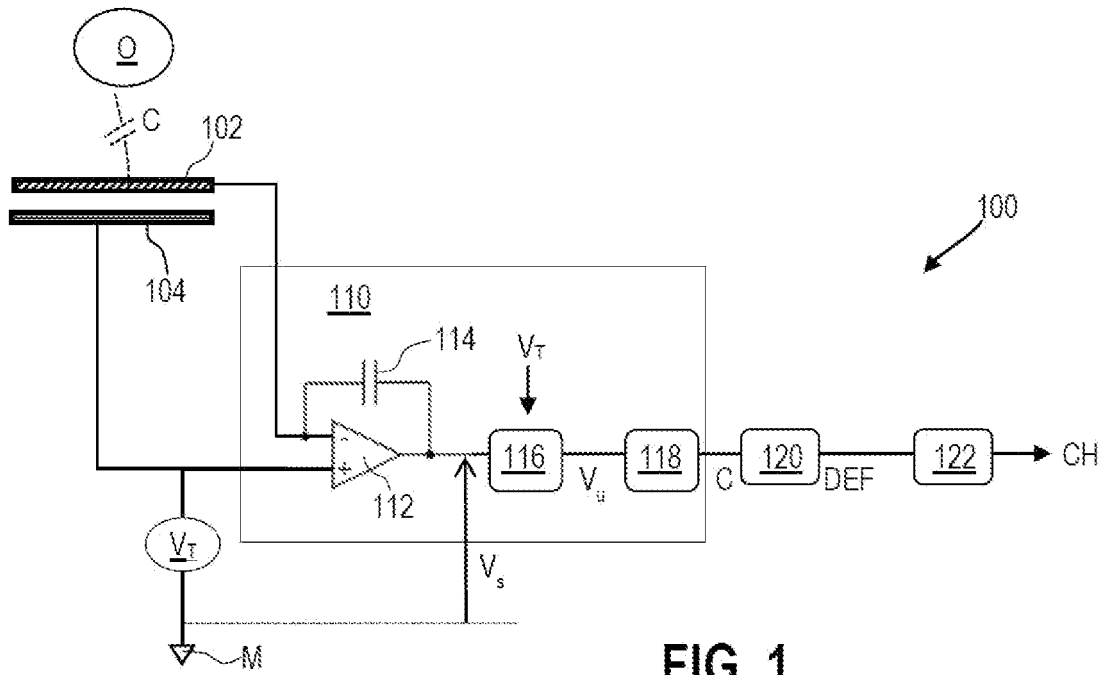
Revendications

- [Revendication 1] Roue (300;400;500) comprenant une jante (302) et un pneu (304) caractérisé en ce qu'elle comprend en outre au moins un capteur capacitif (100) d'une déflexion radiale de ladite roue, ledit capteur capacitif (100) comprenant :
- au moins une électrode de mesure capacitive (102) disposée dans ladite roue (300;400;500) en regard de ladite jante (302) ou dudit pneu (306) ;
 - au moins une électrode (104;104₁-104₃), dite de garde, pour garder électriquement ladite au moins une électrode de mesure (102) ; et
 - une électronique de mesure (110) pour :
 - polariser lesdites électrodes à un potentiel électrique alternatif, dit potentiel de travail, différent d'un potentiel de ladite roue (300;400;500), à une fréquence, dite de travail, et
 - mesurer un signal électrique (V_s, V_u), dit signal de mesure, relatif à la capacité vue par ladite électrode de mesure (102) et représentatif de la déflexion radiale de ladite roue (300;400;500).
- [Revendication 2] Roue (300;400;500) selon la revendication précédente, caractérisée en ce qu'au moins un capteur capacitif (100) comprend au moins une électrode garde (104,104₂, 104₃) et au moins une électrode de mesure (102) coplanaires.
- [Revendication 3] Roue (300;400;500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins un capteur capacitif (100) comprend une électrode de garde (104) disposée sous une électrode de mesure.
- [Revendication 4] Roue (300;400;500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins un capteur capacitif comprend au moins une électrode de mesure (102₁) et au moins une électrode de garde (104₂) :
- entrelacées ou en peigne, et/ou
 - concentriques

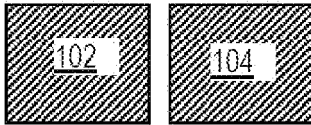
- [Revendication 5] Roue (300;400;500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins un capteur capacitif comprend au moins une électrode (202), dite de référence, disposée de sorte à ne pas être sensible à une déflexion radiale de ladite roue (300;400;500).
- [Revendication 6] Roue (300;400;500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins un capteur capacitif comprend une électrode (204), dite d'interaction :
- polarisée au potentiel de la roue (300;400;500),
 - disposée solidaire du pneu (304), en regard de l'électrode de mesure (102) disposée sur la jante (302).
- [Revendication 7] Roue (300;400;500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins un capteur capacitif comprend :
- un premier module (120) de calcul d'une valeur de déflexion (DEF), et/ou
 - un deuxième module de calcul (122) d'une valeur de charge (CH_m) appliquée à ladite roue (300;400;500).
- [Revendication 8] Roue (300;400;500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une source électrique délivrant le potentiel de travail (V_T) à au moins un capteur capacitif.
- [Revendication 9] Roue (3500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'il comprend plusieurs capteurs capacitifs (100_1 - 100_2) distribués autour de la direction axiale (502 de ladite roue (500), éventuellement associés par paire.
- [Revendication 10] Véhicule (600) équipé d'au moins une roue (602_1 - 602_2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
- [Revendication 11] Véhicule (600) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend :
- plusieurs roues (602_1 - 602_2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, et
 - un module (604) de calcul du poids dudit véhicule. (600)

- [Revendication 12] Procédé (700) de détermination d'une charge appliquée à une roue (300;400;500), en particulier à une roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant au moins une itération d'une phase (702) de mesure comprenant les étapes suivantes :
- mesure(706) d'un signal de mesure relatif à une déflexion radiale de ladite roue (300;400;500) par au moins un capteur capacitif (100) disposé dans ladite roue (300;400;500), et
 - calcul (708) d'une valeur d'une charge appliquée à ladite roue(300;400;500), en fonction dudit signal de mesure et d'un modèle de calcul de charge prédéterminé.
- [Revendication 13] Procédé (800) de détermination d'un poids d'un véhicule comprenant plusieurs roues, en particulier des roues selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, ledit procédé (800) comprenant au moins une itération d'une phase (802) de de calcul de poids comprenant les étapes suivantes :
- mesure (804) de valeurs de charge appliquées à plusieurs roues (602₁-602₂) dudit véhicule (600) par le procédé (600) selon la revendication précédente ; et
 - calcul (806) d'un poids dudit véhicule (600) à partir desdites valeurs de charge et d'un modèle de calcul de poids prédéterminé.

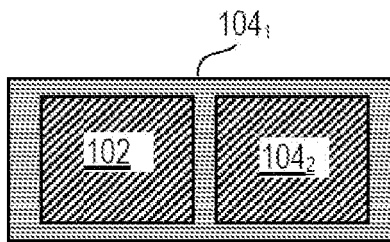
[Fig. 1]



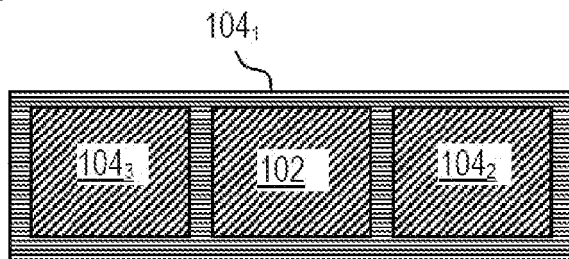
[Fig. 2a]



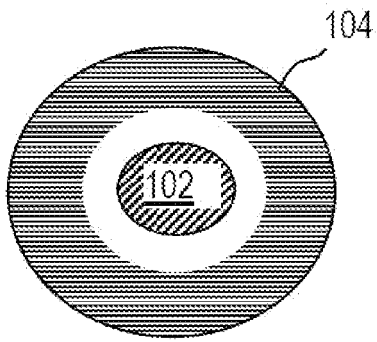
[Fig. 2b]



[Fig. 2c]



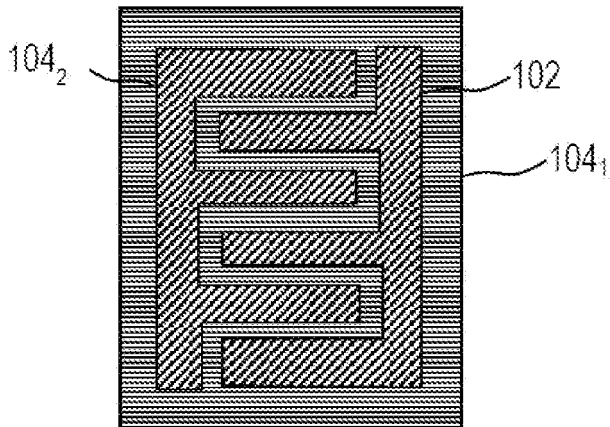
[Fig. 2d]



240

FIG. 2d

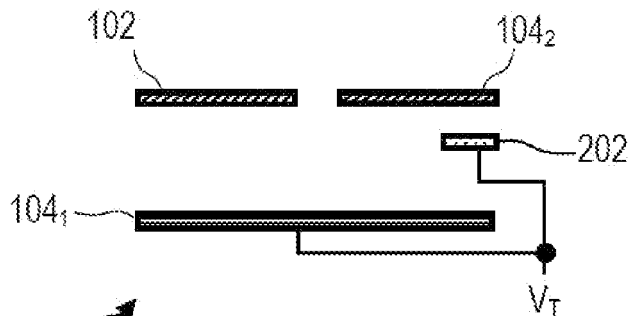
[Fig. 2e]



250

FIG. 2e

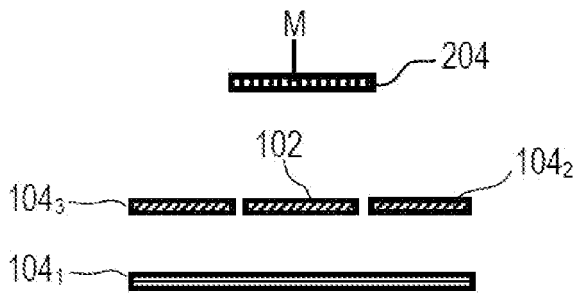
[Fig. 2f]



260

FIG. 2f

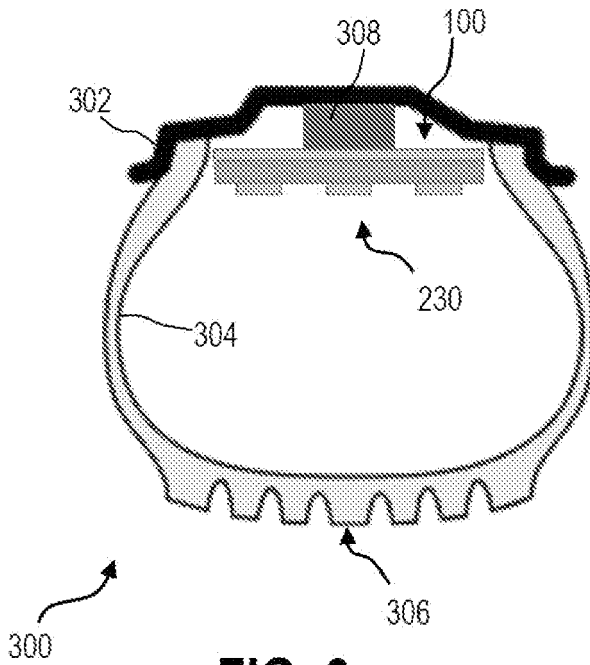
[Fig. 2g]



270

FIG. 2g

[Fig. 3]

**FIG. 3**

[Fig. 4]

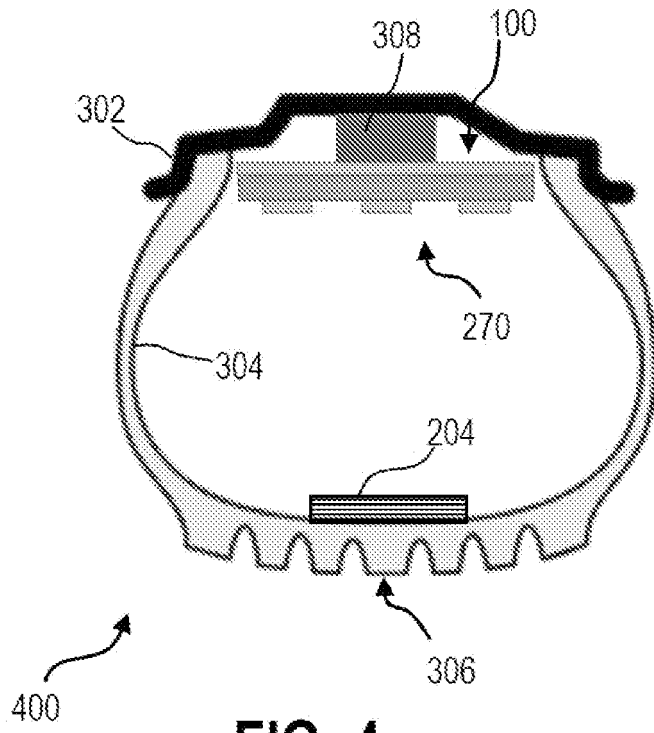


FIG. 4

[Fig. 5]

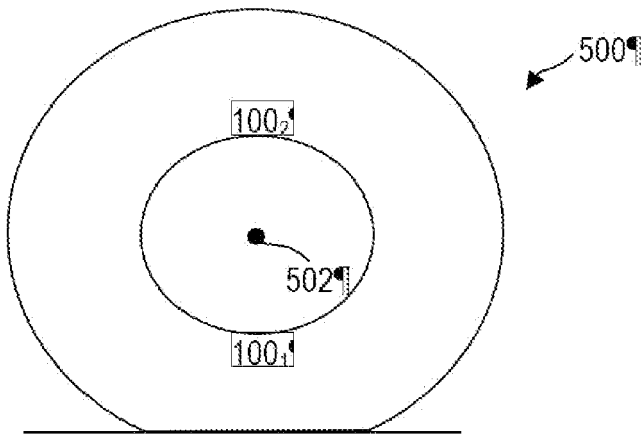


FIG. 5

[Fig. 6]

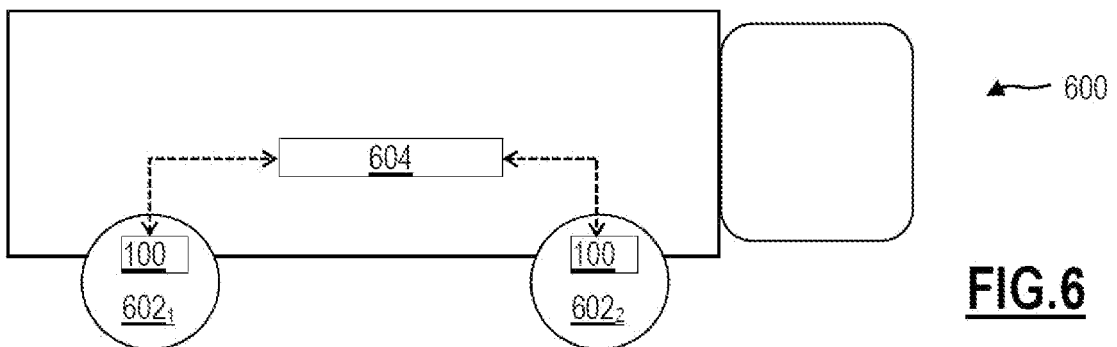
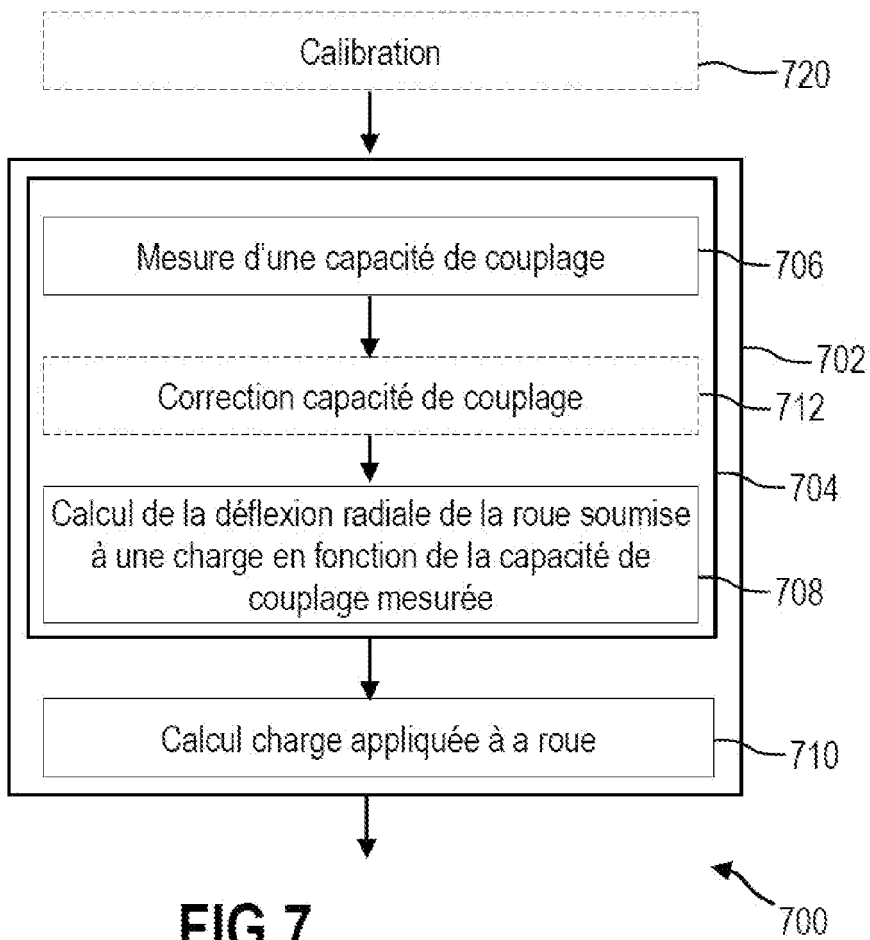
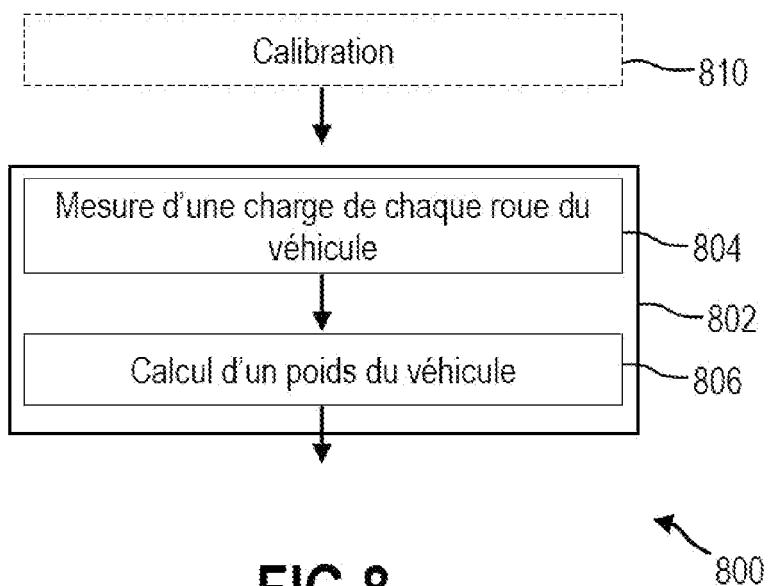


FIG. 6

[Fig. 7]

**FIG.7**

[Fig. 8]

**FIG.8**

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

JP H07 81337 A (CALSONIC CORP)
28 mars 1995 (1995-03-28)

JP 2015 003651 A (TAIHEIYO KOGYO KK)
8 janvier 2015 (2015-01-08)

US 2009/071237 A1 (HAMMERSCHMIDT DIRK [AT]
ET AL) 19 mars 2009 (2009-03-19)

US 2017/254634 A1 (ANDREWS JOSEPH BATTON
[US] ET AL) 7 septembre 2017 (2017-09-07)

US 2015/217607 A1 (SINGH KANWAR BHARAT
[US]) 6 août 2015 (2015-08-06)

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

NEANT

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

NEANT