

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2023/203150 A1**

(43) Date de la publication internationale  
26 octobre 2023 (26.10.2023)

(51) Classification internationale des brevets :  
B60C 11/24 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2023/060329

(22) Date de dépôt international :  
20 avril 2023 (20.04.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
FR2203692 21 avril 2022 (21.04.2022) FR

(71) Déposant : CONTINENTAL AUTOMOTIVE TECHNOLOGIES GMBH [DE/DE] ; Vahrenwalder Str. 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Inventeurs : NIGGEL, Christian ; CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE - Service Intellectual Property, 1, avenue Paul Ourliac, 31100 TOULOUSE (FR). BOISSET, Jean-Philippe ; CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE - Service Intellectual Property, 1, avenue Paul Ourliac, 31100 TOULOUSE (FR). GUINART, Nicolas ; CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE - Service Intellectual Property, 1, avenue Paul Ourliac, 31100 TOULOUSE (FR).

(74) Mandataire : KAABOUNI, Fatima ; CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE - Service Intellectual Property, 1, avenue Paul Ourliac, 31100 TOULOUSE (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE WEAR OF A TYRE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE L'USURE D'UN PNEUMATIQUE

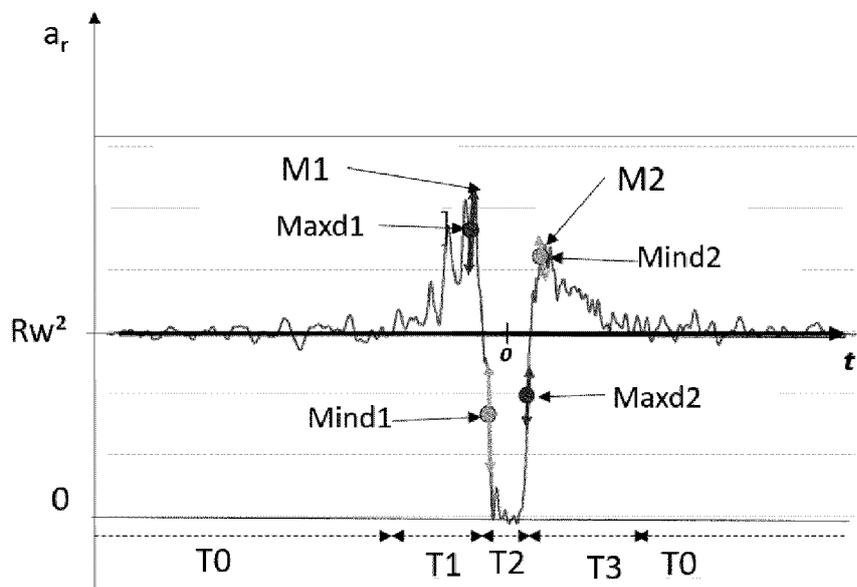


Fig. 2

(57) Abstract: The invention proposes a method for determining the wear of a tyre, comprising: - acquiring, using a sensor arranged on the inner wall of the tyre, a temporal function of a radial or tangential acceleration of the tread of the tyre, - detecting, from said acquisition, a maximum value of the temporal derivative of the radial acceleration, and - from said maximum value, determining a tyre wear value by implementing a function of determining a tyre wear value determined on a set of tyres having different degrees of wear.

(57) Abrégé : Il est proposé un procédé de détermination de l'usure d'un pneumatique comprenant: - l'acquisition, par un capteur disposé sur la paroi interne du pneumatique, d'une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique, - la détection, à partir de ladite acquisition, d'une valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale, et - à partir de ladite valeur maximale, la détermination d'une valeur d'usure du pneumatique par la mise en œuvre d'une fonction



WO 2023/203150 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), curasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

---

de détermination d'une valeur d'usure de pneumatiques déterminée sur un ensemble de pneumatiques présentant des degrés d'usure différents.

## Description

### Titre : Procédé de détermination de l'usure d'un pneumatique

#### Domaine technique

5 [0001] La présente divulgation concerne le domaine de la mesure de l'usure de pneumatiques au moyen de capteurs.

#### Technique antérieure

10 [0002] L'usure d'un pneu est mesurée de manière classique comme l'épaisseur du pneumatique par rapport au fond des rainures de ce pneumatique. L'usure peut être mesurée au moyen d'un témoin d'usure en saillie depuis le fond de la rainure, ce témoin d'usure étant un bourrelet de 1,6 mm d'épaisseur, qui correspond à la valeur de la limite d'usure légale d'un pneu. Lorsque la surface externe du pneumatique se trouve à la même hauteur que ce bourrelet, cela implique que le pneumatique a atteint cette valeur limite d'usure.

15 [0003] Il existe également des méthodes de détermination de l'usure d'un pneumatique qui s'appuient sur des données de capteurs, afin de supprimer le recours à une mesure directe, ce qui permet également d'anticiper l'atteinte de la valeur limite d'usure. Lors de la mise en œuvre de ces méthodes, et même si elles ne font pas appel à une mesure directe de l'épaisseur du pneumatique, le degré d'usure du pneumatique est également exprimé comme une épaisseur restante de pneumatique par rapport au fond d'une rainure.

20 [0004] On connaît par exemple des méthodes basées sur des mesures de distance parcourue par les pneus, à partir de données de géolocalisation, mais ces méthodes ne sont pas précises puisque le degré d'usure peut aussi varier en fonction de l'état de la route parcourue par le véhicule, ou de la façon de conduire du conducteur.

25 [0005] On connaît également du document US8,371,159 une méthode d'estimation de l'usure d'un pneumatique à partir du traitement de mesures réalisées par un capteur d'accélération radiale monté sur la paroi interne du pneumatique. Cette méthode comprend le calcul d'une vitesse de déformation du pneumatique lorsque la zone de la bande de roulement portant le capteur atteint la route, à partir de la mesure d'accélération fournie par le capteur, et l'estimation du degré d'usure du pneumatique à partir de cette vitesse de déformation, et d'une charge appliquée sur le pneumatique, qui est elle-même évaluée à  
30 l'aide d'un capteur supplémentaire mesurant la vitesse de la roue.

#### Résumé

**[0006]** La présente divulgation vient apporter une méthode fiable et plus simple d'estimation du degré d'usure d'un pneumatique.

**[0007]** A cet égard, il est décrit un procédé de détermination de l'usure d'un pneumatique, comprenant :

- 5        - l'acquisition, par un capteur disposé sur la paroi interne du pneumatique, d'une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique comprenant, sur une période correspondant à un tour de roue, une portion correspondant à une phase de contact de la section du pneumatique portant le capteur sur la surface de roulement lors de laquelle  
10        l'accélération radiale est sensiblement nulle, ladite portion étant précédée et suivie respectivement par deux maxims de l'accélération radiale,
- la détection, à partir de ladite acquisition, d'une valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale,
- la détection d'un premier minimum local (Mind1) et d'un premier maximum local  
15        (Maxd1) de la dérivée de l'accélération radiale entre le premier maximum de l'accélération radiale et la zone où l'accélération radiale est sensiblement nulle,
- la détection d'un second minimum local (Mind2) et d'un second maximum local (Maxd2) de la dérivée de l'accélération radiale après la zone où l'accélération radiale est sensiblement nulle,
- 20        - la détermination d'une valeur d'usure du pneumatique par la mise en œuvre d'une fonction de détermination d'une valeur d'usure de pneumatiques déterminée sur un ensemble de pneumatiques présentant des degrés d'usure différents, ladite fonction étant appliquée auxdits premiers et seconds minima et maxima locaux de la dérivée de l'accélération radiale.
- 25        **[0008]** Dans des modes de réalisation, le procédé comprend en outre la détermination d'une valeur de position angulaire du pneumatique correspondant à la valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale, et la détermination de la valeur d'usure du pneumatique est réalisée au moyen d'une fonction appliquée à ladite valeur de position angulaire.
- 30        **[0009]** Dans des modes de réalisation, le procédé comprend en outre la détection d'une valeur minimale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale, et la détermination de la valeur d'usure du pneumatique est réalisée au moyen d'une fonction appliquée à la valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale et la valeur minimale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale.

[0010] Dans des modes de réalisation, la fonction de détermination de la valeur d'usure de pneumatiques est une fonction de régression.

[0011] Selon un autre objet, il est également décrit un dispositif de détermination de l'usure d'un pneumatique, comprenant un capteur destiné à être disposé sur la paroi interne d'un pneumatique, le capteur étant adapté pour acquérir une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique sur une surface de roulement, et un calculateur, le dispositif étant adapté pour la mise en œuvre du procédé selon la description qui précède.

[0012] Il est également décrit un programme informatique comportant des instructions pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des caractéristiques susmentionnée, lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

[0013] Il est également décrit un support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des caractéristiques susmentionnée, lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

[0014] Le procédé proposé permet de déterminer un degré d'usure d'un pneumatique avec une implémentation simplifiée par rapport à l'état de la technique, puisque le degré d'usure est déterminé par application d'une fonction de détermination, par exemple une fonction de régression, obtenue à partir d'un ensemble de pneumatiques présentant des niveaux d'usure variés. La mise en œuvre de ce procédé ne nécessite pas l'utilisation de capteurs supplémentaires.

[0015] Cette fonction de détermination peut être appliquée directement à un ensemble de valeurs de dérivée de l'accélération radiale comprenant au moins la valeur maximale de l'accélération radiale, ou à une valeur de position angulaire pour laquelle cette valeur maximale de l'accélération radiale est atteinte.

#### **Brève description des dessins**

[0016] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

30 **Fig. 1**

[0017] [Fig. 1] représente schématiquement un exemple de capteur positionné sur la surface interne de la bande de roulement d'un pneumatique.

**Fig. 2**

[0018] [Fig. 2] représente un exemple de fonction temporelle d'une accélération radiale de la bande de roulement d'un pneumatique.

**Fig. 3**

5 [0019] [Fig. 3] représente un exemple de fonction temporelle d'une accélération tangentielle de la bande de roulement d'un pneumatique.

**Fig. 4**

[0020] [Fig. 4] représente schématiquement les principales étapes d'un procédé selon un mode de réalisation.

**Fig. 5a**

10 [0021] [Fig. 5a] représente un exemple d'estimation par régression de degrés d'usure de pneumatiques en fonction de la position angulaire, après la zone de contact du pneumatique avec le sol, du maximum de la dérivée de l'accélération radiale.

**Fig. 5b**

15 [0022] [Fig. 5b] représente un exemple d'estimation par régression de degrés d'usure de pneumatiques en fonction d'un ensemble de quatre valeurs extrêmes locales de la dérivée de l'accélération radiale.

**Description des modes de réalisation**

[0023] On va maintenant décrire un procédé de détermination de l'usure d'un pneumatique, ce procédé étant mis en œuvre, en référence à la figure 1, par un dispositif 1 comprenant  
20 un capteur 10 disposé sur la paroi interne du pneumatique, un calculateur 11 adapté pour mettre en œuvre les traitements décrits ci-après sur les données acquises par le capteur 10, et une mémoire 12 stockant les instructions de code exécutées par le calculateur. Le calculateur 11 peut par exemple être de type processeur, microprocesseur, microcontrôleur, FPGA, etc. La mémoire peut être une mémoire non volatile.

25 [0024] Sur la figure 1, on a représenté schématiquement une vue en coupe transversale d'un pneumatique 2. Le pneumatique 2 comprend une paroi interne 20 sur laquelle le capteur 10 est monté, une bande de roulement 21 qui est à chaque instant en contact avec la route sur une partie de sa circonférence, et qui comporte un ensemble de rainures 22 dont la profondeur diminue avec l'usure de la bande de roulement, c'est-à-dire que  
30 l'épaisseur du pneumatique depuis le fond d'une rainure diminue avec l'usure du pneumatique.

[0025] Le capteur 10 peut par exemple être positionné au milieu de la largeur L du pneumatique, la largeur étant considérée dans le plan de coupe transversale. Le capteur 10

est adapté pour acquérir une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique. A cet égard, le capteur 10 peut être un capteur d'accélération, adapté pour acquérir une accélération radiale du pneumatique, la direction radiale étant représentée par une ligne pointillée sur la figure 1, ou une accélération tangentielle, qui est perpendiculaire à l'accélération radiale et perpendiculaire au plan de coupe transversale de la figure. En variante, le capteur 10 peut également être un capteur de chocs, mesurant une variation temporelle d'accélération radiale de la bande de roulement.

**[0026]** En référence à la figure 2, on a représenté un exemple de fonction temporelle de l'accélération radiale  $a_r$  de la bande de roulement du pneumatique acquise par le capteur 10. L'accélération radiale est une fonction périodique dont la période est égale à un tour de roue, c'est-à-dire à  $360^\circ$ . La représentation de la figure 2 correspond à une acquisition réalisée sur un tour de roue, et qui comprend une portion T0 où l'accélération radiale est sensiblement constante, qui correspond à la plage de positions angulaires où la section du pneumatique portant le capteur 10 n'est pas en contact avec la surface de roulement (par exemple la route). Sur cette portion, l'accélération radiale vaut approximativement  $Rw^2$  où R est le rayon de rotation du capteur, et w est la vitesse de rotation de la roue, supposée constante en régime stabilisée. Sur la portion T0, la variation de l'accélération radiale est donc sensiblement nulle. L'acquisition comprend ensuite une portion T1 où l'accélération radiale croît jusqu'à atteindre à maximum local M1, avant de décroître jusqu'à se stabiliser à une valeur sensiblement nulle, ce qui correspond à la phase de contact de la section du pneumatique portant le capteur avec la surface de roulement. La plage T2 de positions angulaires où l'accélération radiale présente une valeur sensiblement nulle correspond à une plage de positions angulaires où la section du pneumatique portant le capteur est en contact avec la surface de roulement. Puis la courbe d'accélération radiale comprend une augmentation de l'accélération radiale jusqu'à un deuxième maximum local M2, avant de décroître à nouveau jusqu'à une valeur constante approximativement égale à  $Rw^2$ . Cette portion T3 correspond à la phase où la section du pneumatique portant le capteur perd le contact avec la surface de roulement.

**[0027]** En référence à la figure 3, on a représenté un exemple de fonction temporelle de l'accélération tangentielle  $a_t$  de la bande de roulement du pneumatique. Cette accélération tangentielle peut être acquise soit par un capteur 10 d'accélération tangentielle, soit par un capteur de choc, soit par dérivation de l'accélération radiale.

**[0028]** En tant que dérivée de l'accélération radiale, on peut établir aisément une correspondance entre les différentes phases décrites ci-avant de la rotation de la roue sur la surface de roulement. En effet, l'accélération tangentielle est nulle sur une portion T0

correspondant à la plage de positions angulaires où la section du pneumatique portant le capteur 10 n'est pas en contact avec la surface de roulement. La portion T1 correspondant au contact de la section du pneumatique portant le capteur avec la surface de roulement prend la forme, pour l'accélération tangentielle, d'une diminution rapide jusqu'à atteindre un minimum  $P_m$ , puis un retour à une valeur nulle. Le point  $P_m$  où l'accélération tangentielle atteint son minimum correspond au moment de diminution maximale de l'accélération radiale. La portion T2 correspondant à la plage de positions angulaires où la section du pneumatique portant le capteur est en contact avec la surface de roulement correspond à la plage où l'accélération tangentielle est nulle après le point minimum  $P_m$ , puis la portion T3, correspondant à la perte de contact de la section du pneumatique portant le capteur avec la surface de roulement correspond à une augmentation rapide de l'accélération tangentielle jusqu'à atteindre un maximum  $P_M$ , afin de diminuer jusqu'à revenir à 0. La position  $P_M$  du maximum d'accélération tangentielle correspond au point où l'augmentation de l'accélération radiale est maximale.

15 **[0029]** En référence à la figure 4, on a représenté schématiquement les principales étapes du procédé de détermination de l'usure du pneumatique selon un premier mode de réalisation. Ce procédé comprend l'acquisition 100, par le capteur 10, d'une fonction temporelle de l'accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique. Cette acquisition est mise en œuvre au minimum pour un tour de roue. En  
20 variante, cette acquisition peut être réalisée pour plusieurs tours de roues.

**[0030]** Le procédé comprend ensuite la détection 200, à partir de ladite acquisition, d'une valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale. Cette valeur maximale est considérée pour un tour de roue, comme représenté sur les figures 2 et 3. Dans les cas où le capteur 10 procède à l'acquisition d'une accélération radiale ou tangentielle pour une  
25 pluralité de tours de roues, cette étape peut être mise en œuvre pour un ou plusieurs tours de roue pour lesquels une accélération est mesurée.

**[0031]** La valeur maximale peut être obtenue en dérivant l'accélération radiale, mais elle peut également correspondre au pic de valeur maximale  $P_M$  de l'accélération tangentielle.

**[0032]** Le procédé comprend ensuite la détermination 300 d'une valeur d'usure du  
30 pneumatique, à partir de la valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale, par la mise en œuvre d'une fonction de détermination d'une valeur d'usure de pneumatiques déterminée sur un ensemble de pneumatiques présentant des degrés d'usure différents.

**[0033]** Dans un mode de réalisation, la fonction de détermination de la valeur d'usure peut  
35 être une fonction de régression, par exemple une fonction polynomiale. En variante, cette

fonction peut être un modèle entraîné sur une base de données d'apprentissage comprenant, pour un ensemble de pneumatiques présentant des degrés d'usure différentes, des acquisitions d'une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique obtenue par un capteur d'accélération disposé sur la

5 paroi interne du pneumatique.

**[0034]** Selon un premier mode de réalisation, l'étape 200 de détection d'une valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale peut comprendre, suite à cette détection, la détermination de la position angulaire du pneumatique à laquelle cette valeur maximale est atteinte. La position angulaire du pneumatique pour un point déterminé peut

10 être obtenue soit à partir d'un capteur de position angulaire de la roue, soit en déterminant cette position angulaire à partir d'une position angulaire de référence. Par exemple, le point central de la fonction temporelle d'accélération sur un tour de roue peut être pris comme une référence à 0°, et les positions angulaires correspondant à des points singuliers de

15 de roue. La détermination de la position angulaire est corrigée de l'accélération du véhicule et des variations de vitesse du véhicule qui sont mesurées à chaque tour de roue. La position angulaire calculée correspond donc à celle d'un régime où la vitesse du véhicule serait stabilisée.

**[0035]** Lors de l'étape 300 de détermination du degré d'usure du pneumatique, la fonction

20 de détermination de la valeur d'usure est appliquée à la valeur de la position angulaire du pneumatique à laquelle la dérivée temporelle de l'accélération radiale est maximale, pour obtenir le degré d'usure. Dans des modes de réalisation, la fonction temporelle de l'accélération radiale ou tangentielle acquise par le capteur couvre plusieurs tours de roues, et les étapes 200 et 300 sont mises en œuvre pour plusieurs valeurs de positions angulaires

25 correspondant à plusieurs tours de roue, et une valeur globale de degré d'usure, par exemple une valeur moyenne, est déterminée à partir des degrés d'usure déterminés pour les différents tours de roue.

**[0036]** En référence à la figure 5a, on a représenté un exemple de régression réalisée à partir d'un ensemble de pneumatiques de degrés d'usure variés et pour lesquels la position

30 angulaire du pneumatique à laquelle la dérivée temporelle de l'accélération radiale est maximale a été acquise. En abscisse sont représentés trois degrés d'usure de pneus, de gauche à droite : maximum Max, moyen Med et minimal Min (pneu neuf), et en ordonnée un intervalle de confiance de valeurs d'un indice basé sur la position angulaire correspondant au maximum de la dérivée temporelle de l'accélération. Cet indice peut être

35 une transformée mathématique d'une équation de régression établie grâce aux méthodes

statistiques de régression multilinéaire par exemple. L'étendue des intervalles de confiance diminue lorsqu'on augmente le nombre de mesures utilisées pour le calcul de l'index.

5 [0037] Dans un autre mode de réalisation, l'étape 200 de détection d'une valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale peut en outre comprendre la détection d'au moins une autre valeur particulière de la dérivée temporelle de l'accélération radiale sur un tour de roue, de préférence la valeur minimale de cette dérivée. Cette valeur minimale correspond au point d'accélération tangentielle minimale  $P_m$  évoqué ci-avant.

10 [0038] Dans un mode de réalisation, l'étape 200 peut également comprendre la détection de la valeur de l'accélération radiale au niveau du point milieu, en temps ou en position angulaire, entre les points correspondant respectivement au minimum et au maximum de la dérivée de l'accélération radiale.

[0039] Dans des modes de réalisation, l'étape 200 peut comprendre la détection de plusieurs valeurs particulières de la dérivée temporelle de l'accélération radiale sur un tour de roue, par exemple les quatre valeurs particulières suivantes :

- 15 - La détection d'un premier minimum local  $Min_{d1}$  et d'un premier maximum local  $Max_{d1}$  de la dérivée de l'accélération radiale avant la position angulaire de référence correspondant à  $0^\circ$ , et en particulier avant la zone T2 où l'accélération radiale est sensiblement nulle, et
- 20 - la détection d'un second minimum local  $Min_{d2}$  et d'un second maximum local  $Max_{d2}$  de la dérivée de l'accélération radiale après la position angulaire de référence correspondant à  $0^\circ$ , et en particulier après la zone T2 où l'accélération radiale est sensiblement nulle.

25 [0040] Le premier minimum local  $Min_{d1}$  correspond à la valeur minimale de la dérivée sur un tour de roue, tandis que le deuxième maximum local  $Max_{d2}$  correspond à la valeur maximale de la dérivée sur un tour de roue.

[0041] Selon les modes de réalisation, l'étape 200 de détection peut donc comprendre la détection d'au moins une, au moins deux ou au moins quatre valeurs de dérivée temporelle de l'accélération radiale. L'étape 300 comprend alors l'application, à la ou à l'ensemble des valeurs de la dérivée détectée à l'étape 200, de la fonction de détermination de la valeur 30 d'usure de pneumatiques, par exemple une fonction de régression.

[0042] En référence à la figure 5b, on a représenté un exemple de régression réalisée à partir d'un ensemble de pneumatiques de degrés d'usure variés et pour lesquels les quatre valeurs d'extrema locaux citées ci-avant ont été acquises. En abscisse sont représentés trois degrés d'usure de pneus, de gauche à droite : maximum Max, moyen Med et minimal

Min (pneu neuf), et en ordonnée un intervalle de valeurs d'un indice basé sur les quatre valeurs d'extrema locaux de la dérivée de l'accélération radiale. Cet indice peut être une transformée mathématique d'une équation de régression établie grâce aux méthodes statistiques de régression multilinéaire par exemple. Le fait d'utiliser les quatre valeurs

5 d'extrema locaux de l'accélération radiale permet de diminuer la taille des intervalles de valeur et donc d'améliorer la précision de la détermination de l'état d'usure du pneu.

## Revendications

**[Revendication 1]** Procédé de détermination de l'usure d'un pneumatique, le procédé comprenant :

- 5 - l'acquisition (100), par un capteur disposé sur la paroi interne du pneumatique, d'une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique comprenant, sur une période correspondant à un tour de roue, une portion (T2) correspondant à une phase de contact de la section du pneumatique portant le capteur sur la surface de roulement lors de laquelle l'accélération radiale est sensiblement nulle, ladite portion (T2) étant précédée et  
10 suivie respectivement par deux maximas (M1,M2) de l'accélération radiale,
- la détection (200), à partir de ladite acquisition, d'une valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale,
- la détection d'un premier minimum local (Mind1) et d'un premier maximum local (Maxd1) de la dérivée de l'accélération radiale entre le premier maximum de  
15 l'accélération radiale et la zone où l'accélération radiale est sensiblement nulle,
- la détection d'un second minimum local (Mind2) et d'un second maximum local (Maxd2) de la dérivée de l'accélération radiale après la zone où l'accélération radiale est sensiblement nulle,
- la détermination (300) d'une valeur d'usure du pneumatique par la mise en œuvre  
20 d'une fonction de détermination d'une valeur d'usure de pneumatiques déterminée sur un ensemble de pneumatiques présentant des degrés d'usure différents, ladite fonction étant appliquée auxdits premiers et seconds minima et maxima locaux de la dérivée de l'accélération radiale.

**[Revendication 2]** Procédé selon la revendication précédente, comprenant en outre la  
25 détermination d'une valeur de position angulaire du pneumatique correspondant à la valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale, et la détermination (300) de la valeur d'usure du pneumatique est réalisée au moyen d'une fonction appliquée à ladite valeur de position angulaire.

**[Revendication 3]** Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre la détection  
30 d'une valeur minimale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale, et la détermination de la valeur d'usure du pneumatique est réalisée au moyen d'une fonction appliquée à la valeur maximale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale et la valeur minimale de la dérivée temporelle de l'accélération radiale.

:

**[Revendication 4]** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la fonction de détermination de la valeur d'usure de pneumatiques est une fonction de régression.

5 **[Revendication 5]** Dispositif (1) de détermination de l'usure d'un pneumatique, comprenant un capteur (10) destiné à être disposé sur la paroi interne d'un pneumatique, le capteur étant adapté pour acquérir une fonction temporelle d'une accélération radiale ou tangentielle de la bande de roulement du pneumatique sur une surface de roulement, et un calculateur (11), le dispositif (1) étant adapté pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications qui précèdent.

10 **[Revendication 6]** Programme informatique comportant des instructions pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, lorsque ce programme est exécuté par un processeur (11).

15 **[Revendication 7]** Support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, lorsque ce programme est exécuté par un processeur (11).

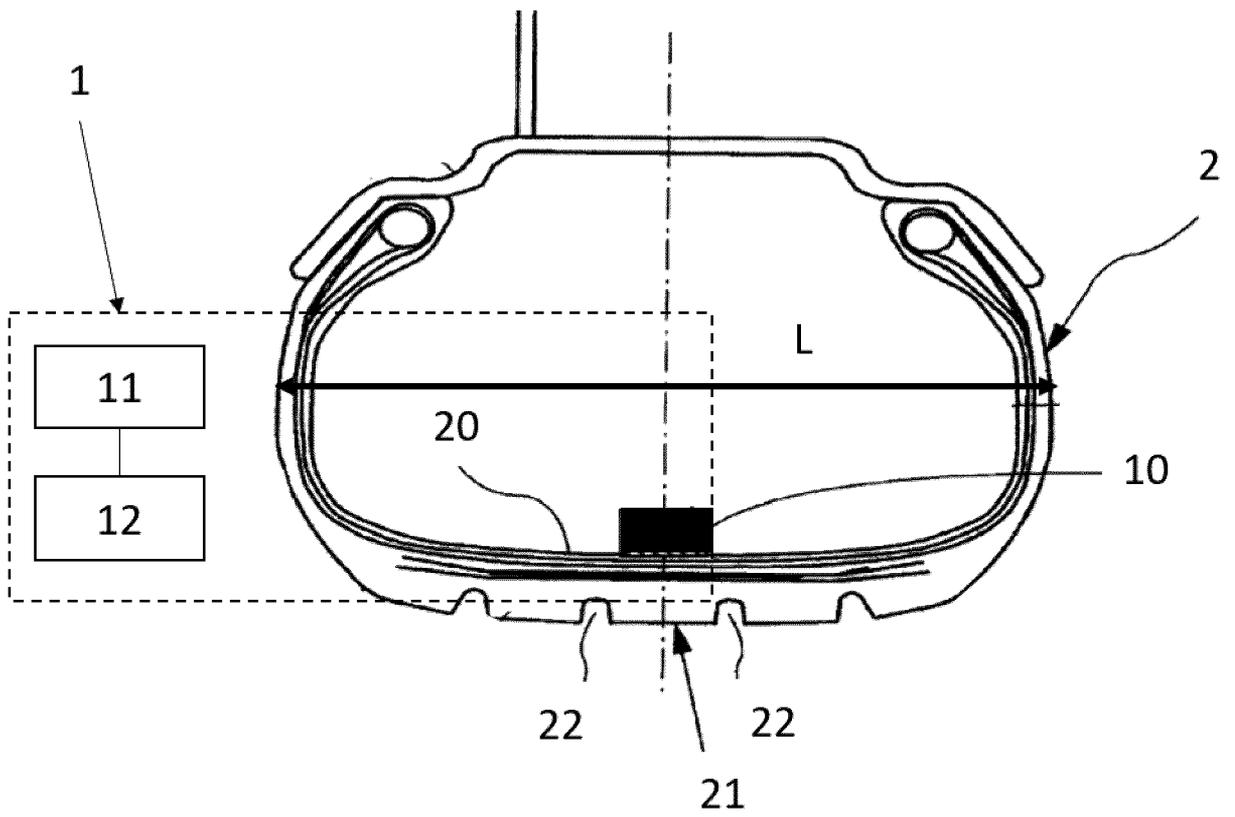


Fig. 1

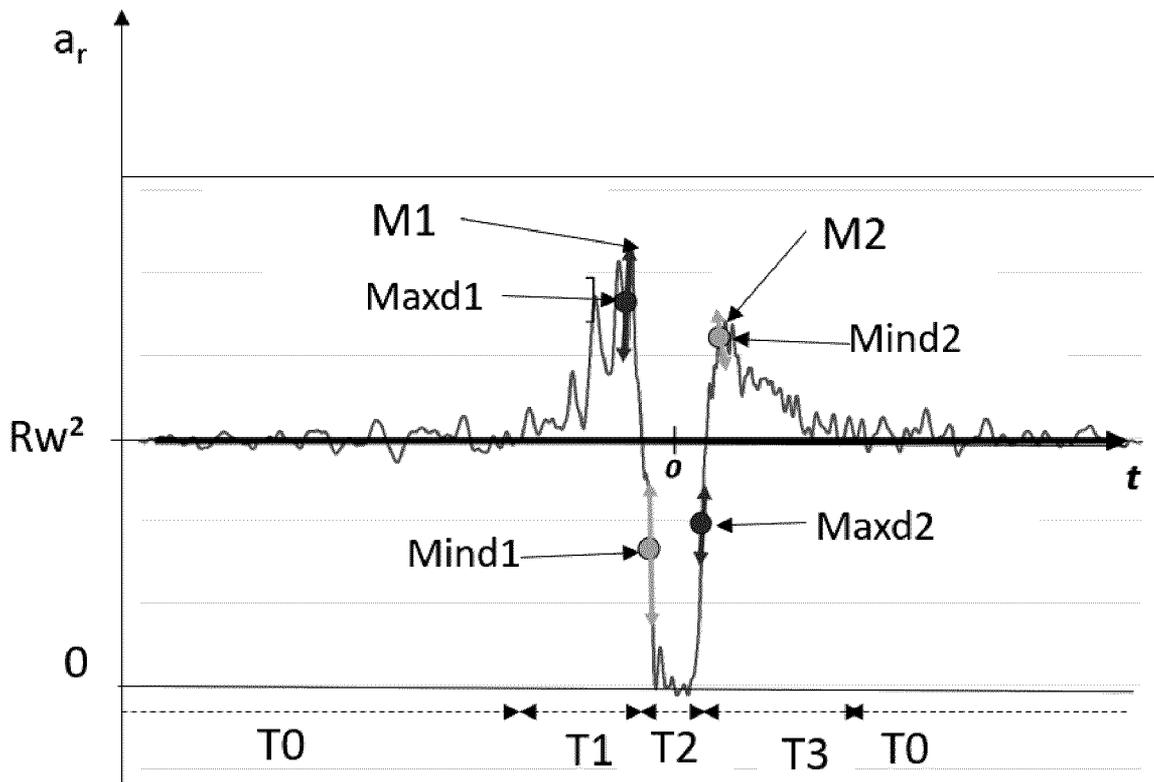


Fig. 2

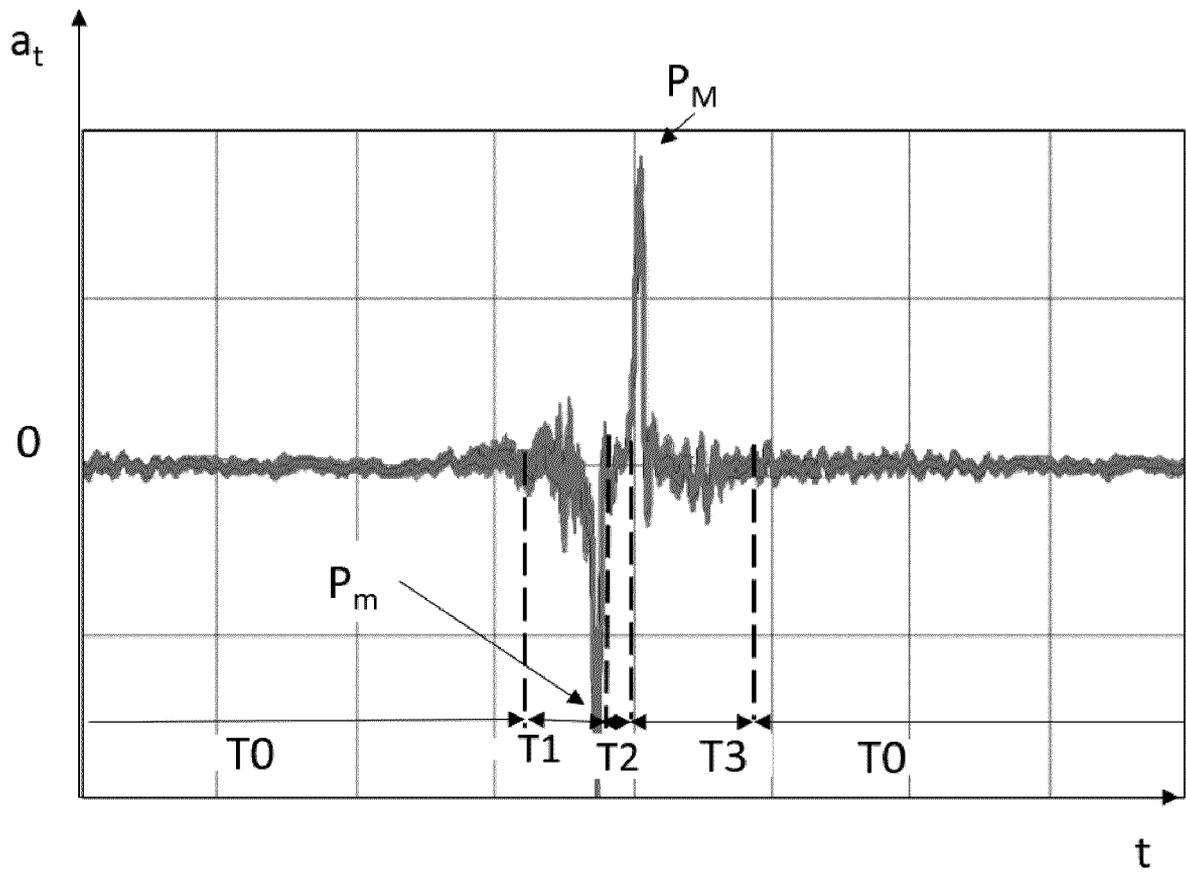


Fig. 3

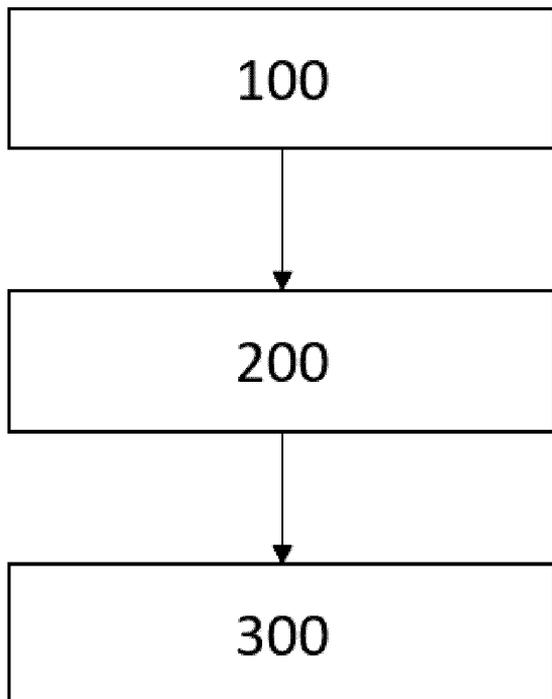
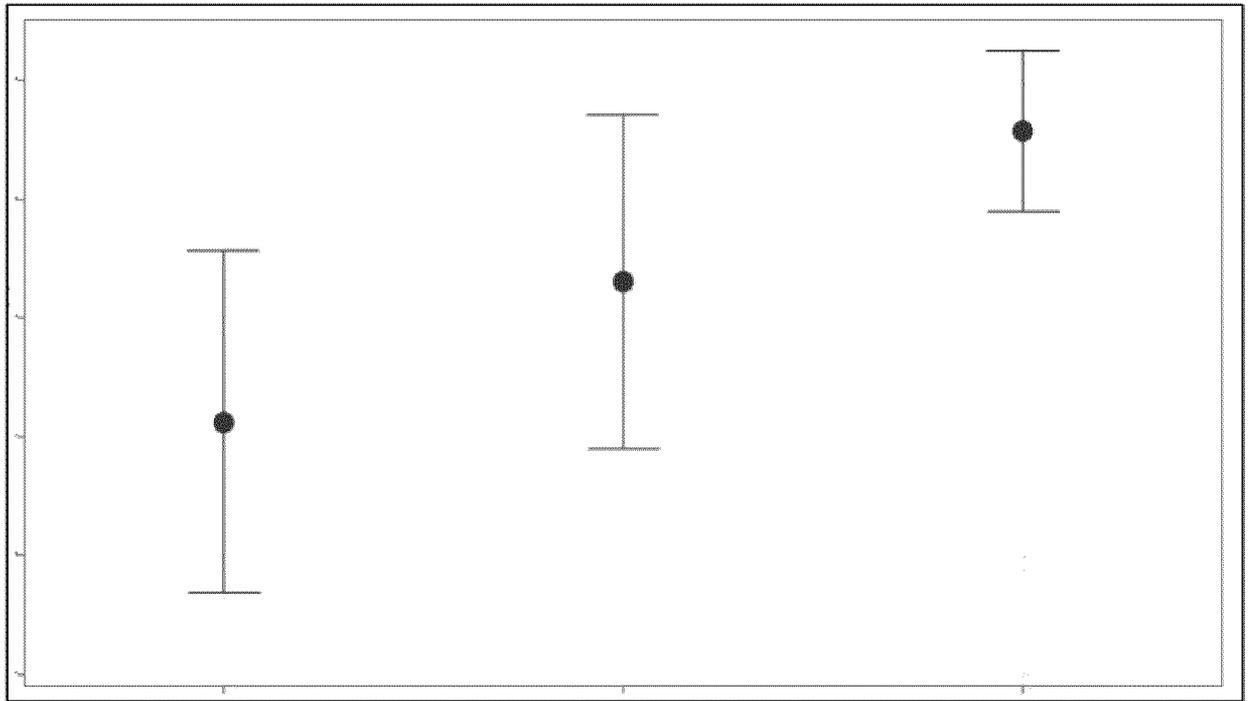


Fig. 4

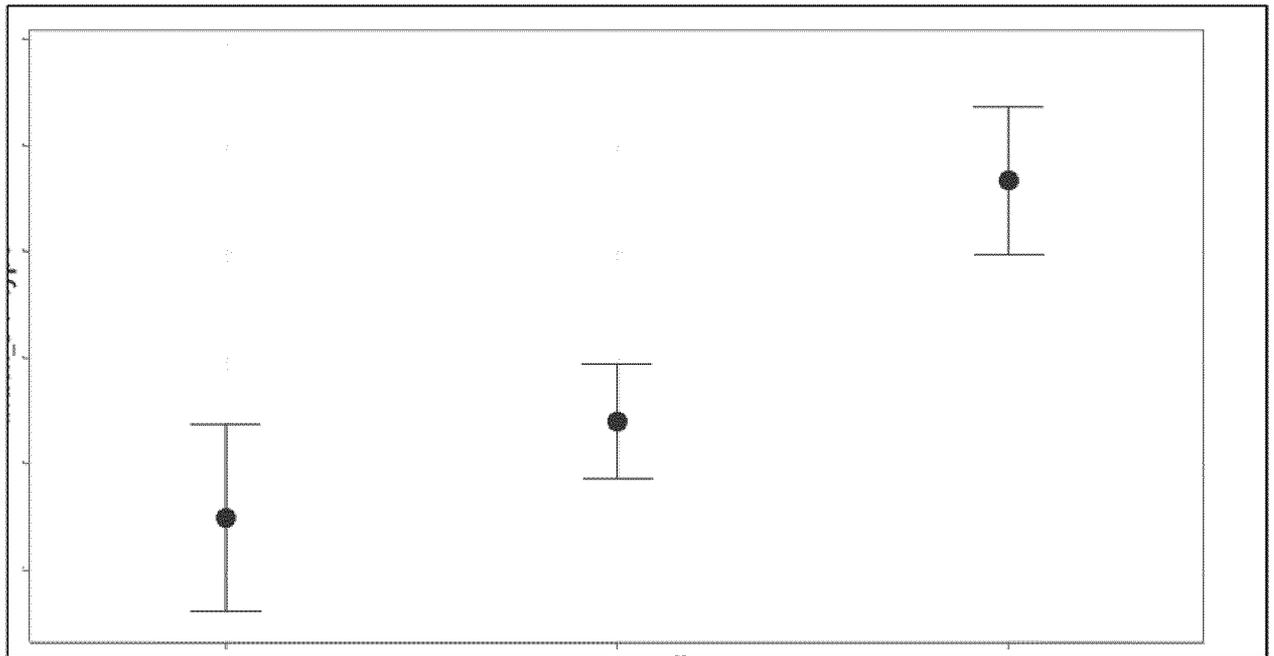


**Max**

**Med**

**Min**

**Fig. 5a**



**Max**

**Med**

**Min**

**Fig. 5b**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2023/060329**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B60C 11/24</i> (2006.01)  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60C  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 3279013 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP]) 07 February 2018 (2018-02-07) abstract; claim 1; figure 1 paragraphs [0078], [0083] paragraph [0036]	1-7
A	EP 2172759 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP]) 07 April 2010 (2010-04-07) abstract paragraphs [0020], [0007]; claim 1; figure 1 & US 8371159 B2 (BRIDGESTONE CORP [JP]; MORINAGA HIROSHI [JP]) 12 February 2013 (2013-02-12) cited in the application	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>28 June 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>25 July 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Gaillard, Alain</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/EP2023/060329</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3279013	A1	07 February 2018	CN	107614294	A	19 January 2018
				EP	3279013	A1	07 February 2018
				JP	6650680	B2	19 February 2020
				JP	2016190615	A	10 November 2016
				US	2018079262	A1	22 March 2018
				WO	2016158630	A1	06 October 2016
<hr/>							
EP	2172759	A1	07 April 2010	EP	2172759	A1	07 April 2010
				JP	5111505	B2	09 January 2013
				JP	WO2009008502	A1	09 September 2010
				US	2010186492	A1	29 July 2010
				WO	2009008502	A1	15 January 2009
<hr/>							

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2023/060329

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. **B60C11/24**

ADD.

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

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

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

**B60C**

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

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

**EPO-Internal, WPI Data**

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
<b>A</b>	<b>EP 3 279 013 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP])</b> <b>7 février 2018 (2018-02-07)</b> <b>abrégé; revendication 1; figure 1</b> <b>alinéas [0078], [0083]</b> <b>alinéa [0036]</b>  -----	<b>1-7</b>
<b>A</b>	<b>EP 2 172 759 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP])</b> <b>7 avril 2010 (2010-04-07)</b> <b>abrégé</b> <b>alinéas [0020], [0007]; revendication 1;</b> <b>figure 1</b> <b>&amp; US 8 371 159 B2 (BRIDGESTONE CORP [JP];</b> <b>MORINAGA HIROSHI [JP])</b> <b>12 février 2013 (2013-02-12)</b> <b>cité dans la demande</b>  -----	<b>1-7</b>

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

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

**28 juin 2023**

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

**25/07/2023**

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

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

Fonctionnaire autorisé

**Gaillard, Alain**

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

**PCT/EP2023/060329**

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>EP 3279013</b>	<b>A1</b>	<b>07-02-2018</b>	<b>CN 107614294 A</b>	<b>19-01-2018</b>
			<b>EP 3279013 A1</b>	<b>07-02-2018</b>
			<b>JP 6650680 B2</b>	<b>19-02-2020</b>
			<b>JP 2016190615 A</b>	<b>10-11-2016</b>
			<b>US 2018079262 A1</b>	<b>22-03-2018</b>
			<b>WO 2016158630 A1</b>	<b>06-10-2016</b>
-----				
<b>EP 2172759</b>	<b>A1</b>	<b>07-04-2010</b>	<b>EP 2172759 A1</b>	<b>07-04-2010</b>
			<b>JP 5111505 B2</b>	<b>09-01-2013</b>
			<b>JP WO2009008502 A1</b>	<b>09-09-2010</b>
			<b>US 2010186492 A1</b>	<b>29-07-2010</b>
			<b>WO 2009008502 A1</b>	<b>15-01-2009</b>
-----				