

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
08 novembre 2018 (08.11.2018)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/202969 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B60C 19/08 (2006.01) *B60C 13/04* (2006.01)
B60C 11/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2018/050730

(22) Date de dépôt international :
26 mars 2018 (26.03.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1753834 02 mai 2017 (02.05.2017) FR

(71) Déposant : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN [FR/FR] ; 12, Cours Sablon, 63000 CLERMONT-FERRAND (FR).

(72) Inventeur : ROYER, Thierry ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes Déchaux, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : MILLANVOIS, Patrick ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (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,

(54) Title: ELECTRICALLY CONDUCTIVE CROWN ARCHITECTURE FOR A TYRE OF A HEAVY DUTY CIVIL ENGINEERING VEHICLE

(54) Titre : ARCHITECTURE DE SOMMET ELECTRO-CONDUCTRICE D'UN PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE TYPE GENIE CIVIL

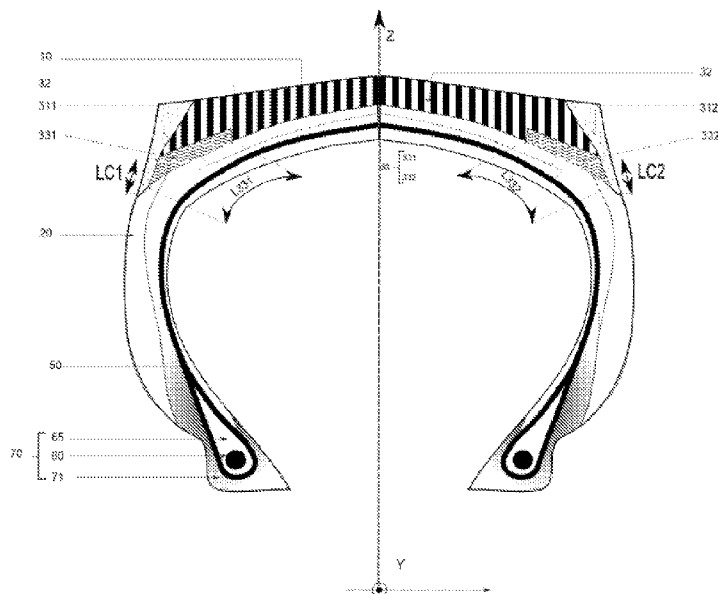


Figure – I

(57) Abstract: The present invention concerns a radial tyre (10) and, more particularly, the sidewalls (20) of same, and the tread (30) of same, with a view to minimising the temperature of the tyre while ensuring the electrical conductivity of same. The tread (30) comprises two wings (311, 312) and a central portion (32). These components rest on a base layer (33) radially inside the tread (30). The base layer (33) contains a lateral portion (331, 332) partly in contact with a tread wing (311, 312). According to the invention, this tyre crown structure, in contact with the carcass reinforcement, helps constitute a preferential conductive path for electric charges between the rim and the ground when the tyre is mounted on the rim of same and flattened against the ground.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un pneumatique radial (10) et plus particulièrement, ses flancs (20), et sa bande de rou-

[Suite sur la page suivante]

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

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

Publiée:

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

lement (30) en vue de minimiser la température du pneumatique tout en garantissant sa conductivité électrique. La bande de roulement (30) comprend deux ailes (311, 312) et une portion centrale (32). Ces composantes reposent sur une couche de base (33) radialement intérieur à la bande de roulement (30). La couche de base (33) contient une portion latérale (331, 332) en partie en contact avec une aile de bande de roulement (311, 312). Selon l'invention, cette structure du sommet du pneumatique, en contact avec l'armature de carcasse permet de constituer un chemin conducteur préférentiel des charges électriques entre la jante et le sol lorsque le pneumatique est monté sur sa jante et écrasé sur le sol.

ARCHITECTURE DE SOMMET ELECTRO-CONDUCTRICE
D'UN PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE TYPE GENIE CIVIL

[0001] La présente invention concerne un pneumatique radial, destiné à équiper un véhicule
5 lourd de type génie civil et, plus particulièrement, les flancs, et la bande de roulement d'un tel pneumatique.

[0002] Un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil est destiné à être monté sur une jante dont le diamètre est au moins égal à 25 pouces, selon la norme de la European Tyre and Rim Technical Organisation ou ETRTO. Il équipe usuellement un véhicule lourd,
10 destiné à porter des charges élevées et à rouler sur des sols agressifs, tels que des pistes recouvertes de pierres.

[0003] De façon générale, un pneumatique ayant une géométrie de révolution par rapport à un axe de rotation, sa géométrie est décrite dans un plan méridien contenant son axe de rotation. Pour un plan méridien donné, les directions radiale, axiale et circonférentielle désignent
15 respectivement les directions perpendiculaire à l'axe de rotation, parallèle à l'axe de rotation et perpendiculaire au plan méridien.

[0004] Dans ce qui suit, les expressions «radialement intérieur», respectivement «radialement extérieur» signifient «plus proche », respectivement «plus éloigné de l'axe de rotation du pneumatique». Par «axialement intérieur», respectivement «axialement extérieur», on entend
20 «plus proche», respectivement «plus éloigné du plan équatorial du pneumatique», le plan équatorial du pneumatique étant le plan passant par le milieu de la surface de roulement et perpendiculaire à l'axe de rotation.

[0005] On appelle extrémité haute d'un composant du pneumatique, l'extrémité radialement extérieure dudit composant. Inversement, on appelle extrémité basse, l'extrémité radialement
25 intérieure dudit composant.

[0006] Un pneumatique comprend une bande de roulement, destinée à venir en contact avec un sol, dont les deux extrémités axiales sont reliées par l'intermédiaire de deux flancs à deux bourrelets assurant la liaison mécanique entre le pneumatique et la jante sur laquelle il est destiné à être monté.

[0007] Un pneumatique radial comprend en outre une armature de renforcement, constituée d'une armature de sommet, radialement intérieure à la bande de roulement, et d'une armature de carcasse, radialement intérieure à l'armature de sommet.

5 [0008] L'armature de sommet d'un pneumatique radial comprend une superposition de couches de sommet s'étendant circonférentiellement, radialement à l'extérieur de l'armature de carcasse. Chaque couche de sommet est constituée de renforts le plus souvent métalliques, parallèles entre eux et enrobés par un matériau polymérique de type élastomère ou mélange élastomérique.

10 [0009] L'armature de carcasse d'un pneumatique radial comprend habituellement au moins une couche de carcasse comprenant des renforts le plus souvent métalliques, enrobés par un mélange élastomérique. Une couche de carcasse comprend une partie principale, reliant les deux bourrelets entre eux et s'enroulant généralement, dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique autour d'un élément de renforcement circonférentiel le plus souvent métallique appelé tringle, pour former un retournement. Les renforts métalliques
15 d'une couche de carcasse sont sensiblement parallèles entre eux et forment, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 85° et 95°.

[0010] Un flanc de pneumatique comprend au moins une couche de flanc constituée par un mélange élastomérique et s'étendant axialement vers l'intérieur du pneumatique à partir d'une face extérieure du pneumatique, en contact avec l'air atmosphérique. Au moins dans la zone
20 de plus grande largeur axiale du pneumatique, le flanc s'étend axialement vers l'intérieur jusqu'à une couche de carcasse, axialement la plus extérieure de l'armature de carcasse.

[0011] Par mélange élastomérique, on entend un matériau élastomérique obtenu par mélangeage de ses divers constituants. Un mélange élastomérique comprend classiquement une matrice élastomérique comprenant au moins un élastomère diénique de type caoutchouc
25 naturel ou synthétique, au moins une charge renforçante de type noir de carbone et/ou de type silice, un système de réticulation le plus souvent à base de soufre, et des agents de protection.

[0012] Un mélange élastomérique peut être caractérisé mécaniquement, en particulier après cuisson, par ses propriétés dynamiques, telles qu'un module de cisaillement dynamique $G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$, où G' est le module de cisaillement élastique et G'' le module de cisaillement
30 visqueux, et une perte dynamique $\tan \delta = G''/G'$. Le module de cisaillement dynamique G^* et la perte dynamique $\tan \delta$ sont mesurés sur un viscoanalyseur de type Metravib VA4000, selon la

norme ASTM D 5992-96. On enregistre la réponse d'un échantillon de mélange élastomérique vulcanisé, ayant la forme d'une éprouvette cylindrique de 4 mm d'épaisseur et de 400 mm² de section, soumis à une sollicitation sinusoïdale en cisaillement simple alterné, à la fréquence de 10Hz, avec un balayage en amplitude de déformation de 0,1% à 50% (cycle aller), puis de 50% à 0,1% (cycle retour), et à une température donnée, par exemple égale à 60 °C. Ces propriétés dynamiques sont ainsi mesurées pour une fréquence égale à 10 Hz, une déformation égale à 50% de l'amplitude de déformation crête-crête et une température pouvant être égale à 60°C ou 100°C.

- 10 [0013] Un mélange élastomérique peut également être caractérisé par sa résistivité électrique qui caractérise l'aptitude du mélange à laisser les charges électriques se déplacer librement, et donc à permettre le passage d'un courant électrique. La résistivité électrique est généralement notée ρ , et son unité de mesure est en Ohm.mètre ($\Omega.m$) mais il est usuel, dans le domaine du pneumatique, d'exprimer la mesure de la résistivité électrique en Ohm.centimètre ($\Omega.cm$). Le test de mesure de la résistivité électrique est décrit, par exemple, dans la norme ASTM-D257.
- 15 Une résistivité électrique de 1 $\Omega.m$, ou de $10^2 \Omega.cm$, correspond à la résistance au passage du courant électrique dans une portion cylindrique de mélange de 1 m de longueur et de 1 m² de section. La conductivité électrique est l'inverse de la résistivité électrique, noté σ et vérifiant $\sigma=1/\rho$. Par la suite, on utilisera indifféremment, la conductivité électrique σ ou la résistivité électrique ρ , suivant le contexte, pour caractériser les propriétés électriques des mélanges.
- 20 [0014] On entend par matériau très faiblement conducteur de l'électricité ou résistant électriquement un matériau présentant une résistivité électrique supérieure à $10^8 \Omega.cm$. De même, on entend par matériau conducteur de l'électricité un matériau présentant une résistivité inférieure à $10^6 \Omega.cm$. Ces matériaux peuvent être ou non des mélanges élastomériques.
- 25 [0015] Les propriétés de résistivité électrique des mélanges élastomériques sont directement liées à leur composition et en particulier à l'utilisation des charges renforçantes. Il est connu qu'une quantité de 35 à 45 pce (parties pour cent parties d'élastomère) de noir de carbone est suffisante pour conférer à un mélange élastomérique une résistivité suffisante pour évacuer les charges électrostatiques.
- 30 [0016] Il est également connu qu'une combinaison de charges renforçantes de type noir de carbone et de type silice, dans des proportions appropriées, favorise l'obtention d'un compromis de performances entre la résistance au roulement et l'endurance du pneumatique,

en abaissant le niveau de température. Toutefois, si la quantité de noir de carbone est inférieure à 35 pce, le mélange élastomérique est électriquement isolant.

[0017] A titre d'illustration, un mélange élastomérique de bande de roulement avec une charge renforçante comprenant au moins 40 pce de silice, et au plus 10 pce de noir de carbone a une résistivité électrique de l'ordre de $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$.

[0018] Par ailleurs, la conductivité ou conductibilité thermique d'un matériau est une grandeur physique qui caractérise l'aptitude d'un matériau à permettre un transfert thermique par conduction. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et de temps, sous un gradient de température de 1 degré Kelvin ou 1 degré Celsius et par mètre.

Dans le Système international d'unités, la conductivité thermique est exprimée en watt par mètre.Kelvin ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

[0019] Ainsi une conductivité thermique de $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ représente la quantité de chaleur qui se propage à travers un matériau par conduction thermique, à travers une surface de 1 m^2 , sur une distance de 1 m. La mesure de la conductivité thermique sur une éprouvette de mélange élastomérique est décrite, par exemple, dans la norme ASTM-F433.

[0020] Tout comme pour la conductivité électrique, la conductivité thermique est directement liée à la composition des mélanges élastomériques. Le transfert thermique par conduction se fait grâce aux charges renforçantes. Ainsi, à titre d'illustration, un mélange élastomérique de bande de roulement comprenant une charge renforçante comprenant au moins 40 pce de silice et au plus 10 pce de noir de carbone est un mélange électriquement isolant, et doté d'une faible conductivité thermique.

[0021] Dans le but d'améliorer la résistance au roulement et donc de réduire la consommation de carburant, les pneumatiques du marché comportent souvent des mélanges élastomériques comprenant majoritairement des charges renforçantes non conductrices de l'électricité telles que la silice, ou encore des mélanges élastomériques faiblement chargés en charge renforçante électriquement conductrice telle que le noir de carbone.

[0022] L'usage de ces mélanges élastomériques s'est ainsi largement développé pour la réalisation de bandes de roulement, compte tenu des avantages procurés par de tels mélanges pour améliorer également les performances relatives à l'adhérence sur sol sec, humide ou verglacé, la résistance à l'usure ou encore le bruit de roulement. Ce type de pneumatique est décrit à titre illustratif dans la demande de brevet européen EP- 501 227.

[0023] Toutefois l'utilisation de ces mélanges élastomériques s'est accompagnée d'une difficulté liée à l'accumulation d'électricité statique lors du roulage du véhicule, et à l'absence d'écoulement de ces charges vers le sol en raison de la très grande résistivité des mélanges élastomériques constituant ladite bande de roulement. L'électricité statique ainsi accumulée dans un pneumatique est susceptible de provoquer, lorsque certaines conditions particulières sont réunies, un choc électrique à l'occupant d'un véhicule, lorsqu'il est amené à toucher la carrosserie du véhicule. Cette électricité statique est, en outre, susceptible d'accélérer le vieillissement du pneumatique en raison de l'ozone générée par la décharge électrique. Elle peut également être à l'origine, en fonction de la nature du sol et du véhicule, d'un mauvais fonctionnement de la radio embarquée dans le véhicule en raison des interférences qu'elle génère.

[0024] C'est la raison pour laquelle de nombreuses solutions techniques ont été proposées pour permettre l'écoulement des charges électriques entre le sommet du pneumatique et le sol.

[0025] Cependant, ces solutions techniques connues consistent le plus souvent à relier la bande de roulement à une portion du pneumatique, telle que le flanc, une couche d'armature de sommet ou une couche d'armature de carcasse, et qui présente des propriétés de conduction de l'électricité. Les charges électriques sont donc évacuées vers le sol depuis la jante, reliée au véhicule, en traversant successivement le bourrelet du pneumatique en contact avec la jante, les flancs et plus particulièrement les mélanges élastomériques d'enrobage des renforts de couche de carcasse ou au moins un mélange élastomérique de flanc, et enfin l'armature de sommet et la bande de roulement.

[0026] L'étude thermomécanique d'un pneumatique pour véhicule de génie civil montre que les pertes viscoélastiques des mélanges élastomériques sont des sources de chaleur dont l'intensité dépend du volume des mélanges élastomériques et des déformations qu'ils subissent. Cette chaleur qui est générée quand le pneumatique est en mouvement est évacuée dans l'environnement plus ou moins rapidement en fonction des valeurs de conductivité thermique de chaque matériau du pneumatique. Quand la conductivité thermique d'un mélange élastomérique est trop faible, la chaleur s'accumule et conduit à sa bakélisation. Le pneumatique perd alors ses propriétés élastiques, ce qui est défavorable à son utilisation.

[0027] L'optimisation de l'endurance d'un pneumatique pour véhicule de génie civil nécessite de maintenir la température de fonctionnement à un niveau approprié. La maîtrise du niveau

de température est directement liée aux propriétés viscoélastiques des mélanges qui dépendent de leur composition, et notamment de la quantité de charges renforçantes. In fine, l'optimisation de l'endurance du pneumatique conduit à un problème couplé où les paramètres physiques en jeu sont le module de cisaillement visqueux, ou la perte viscoélastique, qui est en lien avec les sources de chaleur viscoélastiques, la conductivité thermique qui pilote la conduction de la chaleur dans les mélanges élastomériques, et la conductivité électrique qui doit être à un niveau suffisant pour l'évacuation des charges électrostatiques.

[0028] Dans un pneumatique pour véhicule de génie civil, la bande de roulement représente environ 35% à 40% du volume total de gomme du pneumatique, et les flancs environ 15% de ce même volume. La bande de roulement subissant les efforts de cisaillement du sol est le siège de déformations de forte amplitude. Quant aux flancs qui sont soumis à des cycles de flexions pendant l'utilisation du pneumatique, les déformations de cisaillement sont également importantes. Les inventeurs se sont donc focalisés sur ces deux zones de fortes sollicitations mécaniques pour déterminer les compositions optimales des mélanges élastomériques pour répondre au compromis de performances recherché entre niveau thermique minimal et aptitude à évacuer les charges électrostatiques.

[0029] Les inventeurs se sont ainsi donnés pour objectif d'améliorer l'endurance d'un pneumatique pour véhicule de génie civil en limitant sa température moyenne de fonctionnement à un niveau approprié d'environ 90°C, tout en garantissant sa capacité à être électro-conducteur, c'est-à-dire à évacuer les charges électrostatiques.

[0030] Cet objectif a été atteint par un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil comprenant :

- une bande de roulement comprenant deux portions d'extrémités axiales ou ailes de bande de roulement axialement séparées par une portion centrale;
- une couche de base, radialement intérieure à la bande de roulement, comprenant au moins une portion latérale au moins en partie en contact avec une aile de bande de roulement;
- une armature de sommet, radialement intérieure à la couche de base, comprenant au moins une couche de sommet, constituée de renforts métalliques enrobés dans un mélange élastomérique électro-conducteur ;

- deux flancs reliant les ailes de bande de roulement à deux bourrelets, destinés à entrer en contact avec une jante de montage par l'intermédiaire d'une couche de talon en mélange élastomérique électro-conducteur;
- chaque flanc étant axialement extérieur à une armature de carcasse comprenant au moins une couche de carcasse constituée de renforts métalliques enrobés dans un mélange élastomérique d'enrobage électro-conducteur;
- au moins une aile de bande de roulement étant constituée d'un premier mélange élastomérique M_1 ayant une conductivité thermique λ_1 et une résistivité électrique ρ_1 ;
- la portion centrale de bande de roulement étant constituée d'un deuxième mélange élastomérique M_2 ayant une perte viscoélastique $\text{tg}\delta_2$;
- la couche de base étant constituée d'un troisième mélange élastomérique M_3 ayant une conductivité thermique λ_3 et une résistivité électrique ρ_3 ;
- chaque flanc étant constitué d'un quatrième mélange élastomérique M_4 ayant un module de cisaillement dynamique visqueux G''_4 ;
- le premier mélange élastomérique M_1 d'au moins une aile de la bande de roulement a une conductivité thermique λ_1 au moins égale à 0.190 W/m.K ;
- le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement a une perte viscoélastique $\text{tg}\delta_2$ au plus égale à 0.06 ;
- le troisième mélange élastomérique M_3 de la couche de base a une conductivité thermique λ_3 au moins égale à 0.190 W/m.K ;
- les résistivités électriques ρ_1 et ρ_3 respectivement du premier mélange élastomérique M_1 et du troisième mélange élastomérique M_3 sont au plus égales à $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, de telle sorte que la couche de talon, le mélange élastomérique d'enrobage de la couche de carcasse, le mélange d'enrobage d' au moins une couche de sommet, la couche de base, et l'aile de bande de roulement constituent un chemin conducteur préférentiel des charges électriques entre la jante et le sol lorsque le pneumatique est monté sur sa jante et écrasé sur le sol, et le quatrième mélange élastomérique M_4 de chaque flanc a un module de cisaillement dynamique visqueux G''_4 au plus égal à 0.125 MPa.

[0031] L'idée essentielle de l'invention est d'optimiser simultanément la conception des flancs du pneumatique et celle de sa bande de roulement qui est divisée en trois portions : une portion centrale, et deux ailes de bande de roulement situées axialement de part et d'autre de la partie centrale. Ces trois portions reposent sur une couche de base radialement intérieure à

la bande de roulement. L'invention porte à la fois sur la géométrie, et les propriétés physiques des mélanges élastomériques de la bande de roulement, de la couche de base et des flancs du pneumatique

[0032] Selon l'invention, le premier mélange élastomérique M_1 d'au moins une aile de la bande de roulement a une conductivité thermique λ_1 au moins égale à 0.190 W/m.K.

[0033] En effet, le mélange élastomérique M_1 de l'aile de bande de roulement est en contact avec le sol, et, par conséquent, doit être compatible avec les exigences de performances d'adhérence et d'usure, en plus des propriétés électriques attendues. Les ailes de bande de roulement ont ainsi une épaisseur suffisante pour être en contact avec le sol pendant toute la durée de vie du pneumatique. Dès lors, afin d'éviter les risques de bakélisation de ce mélange sa conductivité thermique doit être à un niveau suffisant pour garantir la conduction de la chaleur accumulée vers l'extérieure du pneumatique. Les inventeurs proposent un niveau d'au moins égale à 0.190 W /m.K. En ce qui concerne le module de cisaillement élastique pour générer des efforts de poussée tant dans la direction circonférentielle que dans la direction radiale, un niveau de 1.4 MPa est nécessaire.

[0034] Egalement selon l'invention, le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement a une perte viscoélastique $\text{tg}\delta_2$ au plus égale à 0.06.

[0035] Dans un pneumatique du génie civil, la bande de roulement représente environ 40% du volume total de gomme, et est, de ce fait, la principale source d'hystérèse. Pour améliorer l'endurance, une des solutions consiste à obtenir des mélanges élastomériques de très faible hystérèse pour limiter le niveau de température. En se libérant de la contrainte de résistivité électrique pour ce mélange élastomérique de la bande de roulement, en particulier dans sa portion centrale, la composition peut se focaliser sur la diminution de l'hystérèse. Ainsi on obtient une perte dynamique viscoélastique caractérisée par $\text{tg}(\delta_{\text{max}})$ de l'ordre de 0.06, mesurée à 100°C et pour une fréquence de sollicitation de 10 Hz. Le mélange élastomérique de la portion centrale de bande de roulement a, par conséquent, une faible hystérèse tout en ayant des propriétés compatibles pour les performances d'usure et d'adhérence.

[0036] Encore selon l'invention, le troisième mélange élastomérique M_3 de la couche de base (33) a une conductivité thermique λ_3 moins égale à 0.190 W/m.K.

[0037] Pour la couche de base de la bande de roulement, les inventeurs se sont focalisés sur la formulation d'un mélange élastomérique électro-conducteur. Cette propriété électrique a été

obtenue par une addition de charges en noir de carbone à hauteur de 35 pce, ce qui a conduit à une valeur de la résistivité électrique de $10^{5.7} \Omega \cdot \text{cm}$. C'est un compromis entre la résistivité électrique, le niveau d'hystérèse avec une perte dynamique de 0.1, et la conductivité thermique avec une valeur de 0.190 W/m.K. La couche de base de la bande de roulement est un maillon du chemin d'évacuation des charges électrostatiques qui est positionnée entre la bande de roulement et les mélanges de l'armature du sommet. Son niveau de conductivité thermique contribue à l'évacuation de la chaleur de l'intérieur du pneumatique vers l'extérieur.

[0038] Toujours selon l'invention, les résistivités électriques ρ_1 et ρ_3 respectivement du premier mélange élastomérique M_1 et du troisième mélange élastomérique M_3 de la couche de base de la bande de roulement sont au plus égales à $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, de telle sorte que la couche de talon, le mélange élastomérique d'enrobage de la couche de carcasse, le mélange d'enrobage d'au moins une couche de sommet, la couche de base, et l'aile de bande de roulement constituent un chemin conducteur préférentiel des charges électriques entre la jante et le sol lorsque le pneumatique est monté sur sa jante et écrasé sur le sol.

[0039] Avantageusement, la largeur axiale (L_{331} , L_{332}) de la portion latérale de la couche de base est au moins égale à 200 mm.

[0040] Encore avantageusement, la couche de base est constituée par deux portions latérales disjointes ayant chacune une largeur axiale L_{331} et L_{332} .

[0041] La couche de base est constituée par deux portions latérales disjointes dont les largeurs axiales respectives L_{331} et L_{332} sont égales.

[0042] La couche de base est constituée par deux portions latérales disjointes, respectivement constituées par le même troisième mélange élastomérique M_3 .

[0043] L'objectif d'obtenir un pneu électro-conducteur résulte du bon fonctionnement du chemin d'évacuation des charges électrostatiques. Les interfaces des divers constituants du chemin d'évacuation des charges électrostatiques doivent être en contact deux à deux sur une longueur d'au moins 10 mm, de manière à toujours garantir la continuité du chemin d'évacuation des charges électrostatiques pour tenir compte des tolérances de fabrication.

[0044] Selon les inventeurs, la principale fonction de la couche de base est d'assurer la conduction des charges électrostatiques depuis la bande de roulement vers la carcasse du pneumatique. Ensuite, le contact du talon avec la jante ferme le circuit électrique. Ainsi, il

existe plusieurs géométries possibles pour la définition de la couche de base. L'option finale devra tenir de son volume, de son hystérèse, de sa conductivité thermique, et de son coût de revient industriel en fabrication.

[0045] La couche de base est constituée par une portion unique, en contact continu avec toute la portion centrale de bande de roulement et au moins en partie avec au moins une aile de bande de roulement.

[0046] Contrairement à l'état de l'art, les inventeurs privilégient ici les propriétés électriques de la couche de base au détriment de l'hystérèse. En effet, même si la couche de base s'étend sur toute la largeur du sommet, son volume est limité par son épaisseur qui est affectée à la valeur minimale industriellement acceptable. Par exemple, les inventeurs proposent une épaisseur de 7 mm à 18 mm. L'optimisation de l'hystérèse, dans ce cas, est obtenue par la formulation du mélange de la partie centrale de la bande de roulement qui représente le plus gros volume de mélange élastomérique, et donc la source d'hystérèse la plus importante.

[0047] Selon l'invention, au moins une portion latérale de la couche de base est en contact au moins en partie avec une aile de bande de roulement sur une longueur (L_{C1} , L_{C2}) au moins égale à 10 mm.

[0048] Dans un mode de réalisation optimale de l'invention où la quantité de matière est utilisée au juste nécessaire, la couche de base est positionnée de manière à être en contact avec l'aile de bande de roulement seulement sur une longueur de 10 mm sachant que sa largeur dans la direction axiale est au plus de 200 mm. Il faut noter que le chemin d'évacuation des charges électrostatiques est suffisant s'il est présent que d'un seul côté du pneumatique.

[0049] Le premier mélange élastomérique M_1 d'au moins une aile de bande de roulement (40) est une composition électro-conductrice de caoutchouc à base au moins de polyisoprène, d'un système de réticulation, et d'au moins une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au moins égale à 110 m²/g et par un taux au moins égal à 30 pce et au plus égal à 80 pce.

[0050] Les ailes de bande de roulement sont constituées d'un mélange élastomérique destiné à être en contact avec le sol. En plus des propriétés électriques attendues, la composition du mélange élastomérique doit être compatible avec les exigences de performances d'adhérence et d'usure du pneumatique. Les ailes de bande de roulement ont ainsi une épaisseur suffisante

pour être en contact avec le sol pendant toute la durée de vie du pneumatique. Les charges renforçantes de ce mélange élastomérique sont en quantité suffisante, avec un taux de noir de carbone de 30 à 80 pce, et de qualité appropriée, avec une surface BET supérieure à $110 \text{ m}^2/\text{g}$, pour garantir la conductivité électrique de ce mélange élastomérique. De façon connue, la surface spécifique BET des noirs de carbone est mesurée selon la norme D6556-10 [méthode multipoints (au minimum 5 points) – gaz : azote – domaine de pression relative P/P_0 : 0.1 à 0.3]. La conductivité thermique est simultanément ajustée à un niveau suffisant pour assurer le transfert de la chaleur par conduction vers la surface de roulement du pneumatique. Par exemple, une valeur de conductivité thermique au moins égale à 0.190 W/m.K est appropriée.

Le transfert thermique de la chaleur de la bande de roulement est également réalisé par convection au niveau de la surface externe du pneumatique qui n'est pas en contact avec le sol.

[0051] Préférentiellement les deux ailes de bande de roulement sont constituées par un tel mélange élastomérique, mais, si une seule aile de bande de roulement est constituée par un tel mélange élastomérique, l'effet technique recherché est également présent. En d'autres termes, la solution proposée par l'invention reste encore valable pour des pneumatiques qui auraient une bande de roulement non symétrique par rapport au plan équatorial, avec des ailes de bande de roulement constituées de mélanges élastomériques différents. La présence du chemin d'évacuation des charges électrostatiques sur un seul côté du pneumatique est a priori suffisante.

[0052] Selon un premier mode de réalisation de la portion centrale de bande de roulement, constituée par un deuxième mélange élastomérique M_2 , le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement est une composition de caoutchouc à base d'au moins un élastomère diénique, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au plus égale à $115 \text{ m}^2/\text{g}$ et par un taux au plus égal à 40 pce, et de la silice, à un taux au plus égal à 15 pce. Avantageusement le mélange de l'élastomère et du noir de carbone est obtenu au préalable par voie liquide.

[0053] Dans un pneumatique du génie civil, la bande de roulement représente environ 40% du volume total de gomme, et est, de fait, la principale source d'hystérèse. Pour améliorer l'endurance, une des solutions consiste à obtenir des mélanges élastomériques de très faible hystérèse pour limiter le niveau de température. En se libérant de la contrainte de résistivité

électrique pour ce mélange élastomérique de la bande de roulement, en particulier dans sa portion centrale, la composition peut se focaliser sur la diminution de l'hystérèse, en utilisant, par exemple des charges renforçantes en noir de carbone et en silice dans un élastomère obtenu par voie liquide. Pour ce faire, on a fait appel à un élastomère sous forme de latex qui se présente sous forme de particules d'élastomère dispersées dans l'eau, et à une dispersion aqueuse de la charge, c'est-à-dire une charge dispersée dans de l'eau, couramment appelée « slurry ». Ainsi on obtient une perte dynamique viscoélastique caractérisée par $\text{tg}(\delta_{\text{max}})$ de l'ordre de 0.06, mesurée à 100°C et pour une fréquence de sollicitation de 10 Hz. Le mélange élastomérique de la portion centrale de bande de roulement a, par conséquent, une faible hystérèse tout en ayant des propriétés compatibles pour les performances d'usure et d'adhérence.

[0054] Selon un deuxième mode de réalisation de la portion centrale de bande de roulement, constituée par un deuxième mélange élastomérique M_2 , le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement est une composition de caoutchouc à base d'au moins un élastomère diénique, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante, à un taux global au plus égal à 40 pce, et comprenant du noir de carbone, et de la silice.

[0055] Cette composition alternative du mélange élastomérique de la portion centrale de bande de roulement répond au même impératif de minimiser l'hystérèse tout en conservant des propriétés pour garantir les performances d'adhérence et d'usure.

[0056] Selon un troisième mode de réalisation de la portion centrale de bande de roulement, constituée par un deuxième mélange élastomérique M_2 , le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement est une composition électro-conductrice de caoutchouc à base d'au moins un élastomère diénique, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au moins égale à 120 m²/g et par un taux au moins égal à 35 pce et au plus égal à 80 pce, et de la silice, à un taux au plus égal à 15 pce.

[0057] La présence d'un chemin d'évacuation des charges électrostatiques telle que présentée par l'invention reste compatible avec l'utilisation dans la partie centrale de la bande de roulement d'un mélange élastomérique électro-conducteur. Les mélanges principalement chargés avec du noir de carbone dans des quantités de 30 à 80 pce, et avec une surface BET supérieure ou égale à 120 m²/g rentrent dans cette catégorie.

[0058] Selon l'invention, le troisième mélange élastomérique M₃ de la couche de base de la bande de roulement est une composition électro-conductrice de caoutchouc à base au moins de polyisoprène, d'un système de réticulation, et d'au moins une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au moins égale à 110 m²/g et par un taux au moins égal à 30 pce et au plus égal à 80 pce.

[0059] La couche de base de la bande de roulement doit être avant tout électro-conductrice. C'est un maillon du chemin d'évacuation des charges électrostatiques qui relie la bande de roulement en contact avec le sol avec le sommet du pneumatique. Ici dans une approche d'optimisation des coûts, les inventeurs ont retenu la même composition de mélange que pour l'aile de bande de roulement également conductrice d'électricité. La couche de base de la bande de roulement représente un volume de gomme relativement faible, ainsi l'accent est mis dans la formulation sur sa capacité à conduire les charges électrostatiques. Cet objectif est atteint avec les proportions de charges renforçantes en carbone de 30 à 80 pce, avec une surface BET de 110m²/g.

[0060] Selon un mode de réalisation préféré, le mélange élastomérique M₄ de chaque couche de flanc a une composition de caoutchouc à base d'au moins un coupage de polyisoprène, de caoutchouc naturel ou de polyisoprène de synthèse, et de polybutadiène, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante, à un taux global au plus égal à 45 pce, et comprenant du noir de carbone, à un taux au plus égal à 5 pce, et, majoritairement, de la silice, à un taux au moins égal à 20 pce et au plus égal à 40 pce.

[0061] Sur cette partie axialement extérieure du flanc, la composition du mélange élastomérique doit conduire à une diminution de l'hystérèse. Cependant cette baisse de l'hystérèse doit pouvoir être réalisée sans détériorer, en particulier, les propriétés mécaniques telles que la résistance à la fatigue et, plus particulièrement, la résistance à la fissuration. En effet, les flancs de pneumatique Génie Civil sont soumis à de très fortes sollicitations à la fois en termes de déformation en flexion, d'agressions, et de thermique. Ces sollicitations statiques ou dynamiques prolongées des flancs, en présence d'ozone, font apparaître des craquelures ou des fissures plus ou moins marquées dont la propagation sous l'effet des contraintes peut provoquer un dommage important du flanc concerné. Il est donc important que les mélanges élastomériques constituant les flancs de pneumatique, pour le Génie civil en particulier, présentent de très bonnes propriétés mécaniques, conférées en particulier par un taux élevé de charges renforçantes.

[0062] L'architecture du pneumatique selon l'invention sera mieux comprise en référence à la figure 1, non à l'échelle, qui représente une demi-coupe méridienne d'un pneumatique.

[0063] La figure 1 représente schématiquement un pneumatique 10 destiné à être utilisé sur des véhicules de type Dumper. Les figures 2, 3, et 4 représentent les différentes configurations possibles des ailes de bande de roulement, de la couche de base par rapport à la portion centrale.

[0064] Sur la figure 1, le pneumatique 10 comprend une armature de carcasse radiale 50, ancrée dans deux bourrelets 70, et retournée, dans chaque bourrelet, autour d'une tringle 60. Chaque bourrelet 70 comprend une couche de talon 71 destinée à entrer en contact avec un rebord de jante. L'armature de carcasse 50 est généralement formée d'une seule couche de carcasse, constituée de câbles métalliques enrobés dans un mélange élastomérique d'enrobage. Radialement à l'extérieur de l'armature de carcasse 50 est positionnée une armature de sommet (non référencée), elle-même radialement intérieure à une bande de roulement 30. La bande de roulement 30 comprend, à chaque extrémité axiale, une portion d'extrémité axiale ou aile de bande de roulement 311 et 312, axialement extérieure à une portion centrale de bande de roulement 32. La bande de roulement 32, et les ailes bande de roulement 311, 312 reposent sur une couche de base 311, 312, radialement intérieure. Chaque portion d'extrémité axiale de bande de roulement 311, 312 est reliée à un bourrelet 70 par un flanc 20.

[0065] L'extrémité haute, radialement extérieure, de l'aile de bande de roulement 31 est en contact avec la portion centrale de bande de roulement 32 sur toute son épaisseur. Son extrémité basse, radialement intérieure, est en contact avec la couche de base de la bande de roulement radialement intérieure, sur une longueur (L_{C1} , L_{C2}) au moins égale à 10 mm.

[0066] La couche de base (33) est constituée par deux portions latérales (331, 332) disjointes ayant chacune une largeur axiale L_{331} et L_{332} . Dans l'exemple utilisé cette largeur est égale à 200 mm.

[0067] L'objectif est d'assurer un contact permanent entre les mélanges élastomériques électro-conducteurs, deux à deux, pour garantir la continuité du chemin d'évacuation des charges électrostatiques, en tenant compte des tolérances de fabrication.

[0068] La figure 2 représente une bande de roulement symétrique par rapport au plan équatorial comprenant deux portions d'extrémités axiales ou ailes de bande de roulement

axialement séparées par une portion centrale. L'extrémité intérieure de l'aile de bande de roulement, dans la direction axiale, est située à une distance donnée L_1 par rapport au plan équatorial. L'autre extrémité extérieure de l'aile de bande de roulement, toujours dans la direction axiale, est positionnée à une distance de L_2 du même plan équatorial. Pour la

5 couche de base, l'extrémité axialement intérieure (respectivement axialement extérieure) est située à une distance L_3 du plan équatorial (respectivement L_4).

[0069] La figure 3 représente une bande de roulement posée sur une base continue qui s'étale sur toute la largeur du sommet du pneumatique.

[0070] Les figures 4, et 5 représentent une bande de roulement non symétrique par rapport au

10 plan équatorial. Sur la figure 4, l'aile de bande de roulement est positionnée seulement côté extérieur véhicule (référence 100), et sur la figure 5, elle est positionnée seulement côté intérieur véhicule (référence 110).

[0071] L'invention a été plus particulièrement étudiée sur un pneumatique pour véhicule de type Dumper, de dimension 59/80 R63, conformément à l'invention, et telle que représentée

15 sur la figure 1.

[0072] Les résultats calculés sur le pneumatique réalisé suivant l'invention sont comparés à ceux obtenus sur un pneu de référence de même dimension, comprenant un flanc constitué d'une seule couche, et une bande de roulement en une seule partie, conformément à l'état de l'art.

[0073] Les inventeurs ont établi le lien entre la composition chimique des mélanges élastomériques et les paramètres physiques tels que la résistivité électrique, la conductivité thermique, et la perte viscoélastique. A titre d'exemple, sur le graphique de la figure 6 en annexe, pour deux mélanges élastomériques, sont représentées les courbes de conductivités thermiques en fonction de la quantité de charges renforçantes en pce. Ces courbes montrent

20 que le mélange élastomérique chargé en silice est optimisé pour l'hystérèse, mais avec une conductivité thermique relativement plus faible que le mélange élastomérique chargé en noir de carbone pour laquelle la propriété de conductivité électrique est privilégiée.

[0074] D'après la courbe de la figure 6, pour un taux de charge donné, par exemple en noir de carbone, il est possible de prédire la valeur de la conductivité thermique du mélange

25 élastomérique. Les conductivités thermiques sont mesurées à température ambiante de 23°C à

30

25°C. La dépendance de la conductivité thermique par rapport à la température n'est pas prise en compte ici.

[0075] Les inventeurs ont déterminé la composition des mélanges élastomériques, constitutifs de la couche de flanc, des ailes de bande de roulement, de la portion centrale de la bande de roulement et de la couche de base en trouvant un compromis entre les paramètres physiques suivants :

- La perte viscoélastique dynamique ou le module de cisaillement visqueux qui sont directement en lien avec les sources de chaleur viscoélastiques ;
- La conductivité thermique qui pilote la conduction thermique de la chaleur dans les mélanges ;
- La conductivité électrique qui doit être à un niveau suffisant pour l'évacuation des charges électrostatiques.

[0076] Dans l'exemple étudié, les compositions des mélanges élastomériques, issues de ce compromis, sont résumées dans le tableau 1 ci-dessous:

Composition	Mélange élastomérique M ₁ de l'aile bande de roulement	Mélange élastomérique M ₂ de la portion centrale de bande de roulement	Mélange élastomérique M ₃ de la couche de base	Mélange élastomérique M ₄ de la couche de flanc
Elastomère NR (Natural Rubber)	100	100 *	100	50
Elastomère BR (Butadien Rubber)	NC	NC	NC	50
Noir de carbone N330	NC	NC	NC	NC
Noir de carbone N234	35	35 *	35	3
Silice (2)	10	10	10	29
Plastifiant (3)	NC	NC	NC	10
Cire	NC	NC	NC	1
Antioxydant	3	3	3	3
ZnO	2.7	2.7	2.7	2.5
Acide stéarique	2.5	2.5	2.5	1
Soufre	1.25	1.25	1.25	1
Accélérateur	1.4	1.4	1.4	0.8

Tableau 1

* mélange élastomérique M₂ obtenu par voie liquide

(2) silice « Zeosil 1165MP » commercialisée par la société Rhodia

(3) Huile TDAE « vivatec 500 » de la société Klaus Dahleke

[0077] Le tableau 2 regroupe les paramètres physiques des mélanges élastomériques, mesurés sur des éprouvettes et résultant des choix de composition chimique :

Composition	Mélange élastomérique M ₁ de l'aile bande de roulement	Mélange élastomérique M ₂ de la portion centrale de bande de roulement	Mélange élastomérique M ₃ de la couche de base	Mélange élastomérique M ₄ de la couche de flanc
Conductivité thermique à 25°C (W/m.K)	0.240	0.240	0.240	0.208
Résistivité électrique en Log (Ω.cm)	5.7	10.4	5.7	11.6
Module de cisaillement visqueux G''max à 60°C et 10Hz (en MPa)	NC	NC	NC	0.125
Module de cisaillement élastique G'*max (50%, 100°C et 10Hz)	1.33	1.16	1.33	NC
Perte dynamique tgδ _{max} (50%, 100°C et 10Hz)	0.10	0.06	0.10	NC

Tableau 2

[0078] Dans un pneumatique de génie civil, la quantité de mélange élastomérique de la bande roulement représente environ 35% à 40% de la masse totale de mélanges élastomériques du pneumatique. La bande de roulement est ainsi l'une des principales sources d'hystérèse, et donc elle contribue fortement à l'augmentation de température du pneumatique. Par conséquent, le mélange élastomérique M₂ de la portion centrale de la bande de roulement est conçu pour avoir une basse hystérèse avec une perte viscoélastique dynamique de l'ordre de 0.06, mesurée à une température de 100° C, et à une fréquence de 10 Hz.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le mélange élastomérique M₂ de la portion centrale de bande de roulement a une composition qui comprend au moins un élastomère diénique et une charge renforçante pouvant être un coupage de noir de carbone et de silice, de telle sorte que le noir de carbone ait un taux au plus égal à 40 pce et une surface BET au plus

égale à 115m²/g et la silice ait un taux au plus égal à 15 pce. Le mélange élastomère - noir de carbone est obtenu au préalable préférentiellement par voie liquide.

Dans ce mode de réalisation, la portion centrale de bande de roulement est électriquement isolante. L'évacuation des charges électrostatiques est alors opérée selon le chemin de conduction définie par l'invention qui passe par les ailes de bande de roulement en contact avec le sol et qui sont toujours conductrices d'électricité.

[0079] Pour le mélange élastomérique M₁ des ailes bande de roulement de roulement, le taux de charge global étant de 45 pce, avec 35 pce de noir de carbone et 10 pce de silice, garantit une résistivité électrique inférieure ou égale 10⁶ Ω.cm, et une conductivité thermique appropriée. Dans l'exemple traité ici, la conductivité thermique de l'aile de bande de roulement est égale à 0.240 W/m.K. Le même mélange élastomérique M₁ est utilisé pour les deux ailes de bande de roulement positionnées aux deux extrémités de la bande de roulement, mais l'invention reste encore valable si des matériaux différents sont utilisés. La condition imposée est d'avoir au moins, à l'une des deux extrémités axiales de la bande de roulement, un mélange élastomérique avec une résistivité électrique inférieure ou égale 10⁶ Ω.cm.

[0080] Dans un pneu pour véhicule de Génie Civil, la masse de mélanges élastomériques du flanc est de l'ordre de 15% de la masse totale de mélanges du pneumatique. L'option retenue par les inventeurs est d'avoir un mélange élastomérique pour le flanc de basse hystérèse avec un module de cisaillement visqueux fixé à 0.125 MPa. Le flanc n'étant impliqué dans le chemin de conduction des charges électrostatiques, il n'y a donc pas la nécessité de chargé le mélange avec par exemple du noir de carbone. Dès lors, une charge avec principalement de la silice à hauteur de 29 pce, contre 3 pce de noir de carbone est utilisée pour atteindre la cible de basse hystérèse.

[0081] Les résultats sur pneumatiques ont été obtenus par des calculs par éléments finis pour déterminer les sources de chaleur viscoélastiques, la température et la résistivité électrique.

[0082] Des calculs par éléments finis ont été réalisés sur les pneumatiques respectivement de l'invention et de référence. Le pneu de référence comprend une couche de flanc et une bande de roulement standard. Par exemple, la couche de flanc standard est une formulation de mélange élastomérique suivant les proportions suivantes :

Composition	Mélange standard de la couche de flanc du pneumatique de référence
NR (Natural Rubber)	50
BR (Butadien Rubber)	50
Noir de carbone N330	55
Noir de carbone N234	NC
Silice (2)	NC
Plastifiant (3)	18
Cire	1
Antioxydant	3
ZnO	2.5
Acide stéarique	1
Soufre	0.9
Accélérateur	0.6

Tableau 3

[0083] La bande de roulement standard du pneu de référence ne comprend ni des ailes de
5 bande de roulement, ni de couche de base. Elle est en une seule partie.

[0084] Les résultats de calculs pour le pneumatique de référence sont représentés ci-dessous dans le tableau 4 :

Résultats	Couche de flanc unique	Bande de roulement en une seule partie
Résistivité électrique Log (Ω .cm)	4.4	5.7
Sources viscoélastiques (W)	4 520	5 100
Température maximale °C	99.8	90

Tableau 4

[0085] Le pneumatique de référence est électriquement conducteur avec une température moyenne en fonctionnement de l'ordre de 90.4 °C.

[0086] Pour le pneumatique de l'invention, les résultats des calculs par éléments finis sont résumés dans le tableau 5 :

Résultats	Couche de flanc unique	Couche de base	Aile bande de roulement	Portion centrale de bande de roulement
Résistivité électrique Log ($\Omega \cdot \text{cm}$)	11.6	5.7	5.7	10.4
Sources viscoélastiques (W)	2270	514	751	4540
Température maximale °C	88.9	78.5	65.5	85.9

5

Tableau 5

[0087] Les calculs par éléments finis confirment le caractère électriquement isolant de la couche de flanc, et de la portion centrale de bande de roulement. L'aile de bande de roulement en contact avec le sol et la sous couche sont en revanche conductrices de l'électricité. L'évaluation du potentiel électrique confirme le chemin de conduction avec des niveaux de

10 résistivité électrique allant de $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ à $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ pour les mélanges élastomériques constituant le chemin d'évacuation des charges électrostatiques.

[0088] Pour le pneumatique de l'invention, par rapport au pneumatique de référence, les sources de perte viscoélastiques ont été divisées par deux dans le flanc du pneumatique, et dans la bande de roulement, la diminution est également significative.

15 [0089] En conséquence de la baisse des sources de perte viscoélastiques, le calcul du champ de température du pneumatique de l'invention montre un niveau maximal de 88.9°C, ce qui correspond à un écart de 10% par rapport au pneumatique de référence. Cet écart est suffisant pour une amélioration significative de l'endurance du pneumatique de l'invention en prolongeant sa durée de vie d'environ 30 %.

20 [0090] L'invention a été présentée pour un pneumatique pour véhicule de Génie Civil, mais en réalité elle est extrapolable à d'autres types de pneumatique.

REVENDEICATIONS

1. Pneumatique (10) pour véhicule lourd de type génie civil comprenant:

- 5 – une bande de roulement (30) comprenant deux portions d'extrémités axiales ou ailes de bande de roulement (311, 312) axialement séparées par une portion centrale (32);
- une couche de base (33), radialement intérieure à la bande de roulement (30), comprenant au moins une portion latérale (331, 332) au moins en partie en contact avec une aile de bande de roulement (311, 312) ;
- 10 – une armature de sommet (40), radialement intérieure à la couche de base (33), comprenant au moins une couche de sommet (41), constituée de renforts métalliques enrobés dans un mélange élastomérique électro-conducteur ;
- deux flancs (20) reliant les ailes de bande de roulement (31) à deux bourrelets (70), destinés à entrer en contact avec une jante de montage par l'intermédiaire d'une couche de talon (71) en mélange élastomérique électro-conducteur;
- 15 – chaque flanc (20) étant axialement extérieur à une armature de carcasse comprenant au moins une couche de carcasse (50) constituée de renforts métalliques enrobés dans un mélange élastomérique d'enrobage électro-conducteur;
- au moins une aile de bande de roulement (311, 312) étant constituée d'un premier mélange élastomérique M_1 ayant une conductivité thermique λ_1 et une résistivité électrique ρ_1 ;
- 20 – la portion centrale de bande de roulement (32) étant constituée d'un deuxième mélange élastomérique M_2 ayant une perte viscoélastique $\text{tg}\delta_2$;
- la couche de base (33) étant constituée d'un troisième mélange élastomérique M_3 ayant une conductivité thermique λ_3 et une résistivité électrique ρ_3 ;
- 25 – chaque flanc (20) étant constitué d'un quatrième mélange élastomérique M_4 ayant un module de cisaillement dynamique visqueux G''_4 ,

caractérisé en ce que le premier mélange élastomérique M_1 d'au moins une aile de la bande de roulement 311, 312) a une conductivité thermique λ_1 au moins égale à 0.190 W/m.K, **en ce que** le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement (32) a une perte viscoélastique $\text{tg}\delta_2$ au plus égale à 0.06, **en ce que** le troisième mélange élastomérique M_3 de la couche de base (33) a une conductivité thermique λ_3 moins égale à 0.190 W/m.K, **en ce que** les résistivités électriques ρ_1 et ρ_3 respectivement du premier

mélange élastomérique M_1 et du troisième mélange élastomérique M_3 sont au plus égales à $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, de telle sorte que la couche de talon (71), le mélange élastomérique d'enrobage de la couche de carcasse (50), le mélange d'enrobage de la au moins une couche de sommet (41), la couche de base (33), et l'aile de bande de roulement (311, 312) constituent un chemin

5 conducteur préférentiel des charges électriques entre la jante et le sol lorsque le pneumatique est monté sur sa jante et écrasé sur le sol, **et en ce que** le quatrième mélange élastomérique M_4 de chaque flanc (20) a un module de cisaillement dynamique visqueux G''_4 au plus égal à 0.125 MPa.

2. Pneumatique selon la revendication 1, au moins une portion latérale (331, 332) de la

10 couche de base (33) ayant une largeur axiale (L_{331} , L_{332}), **dans lequel** la largeur axiale (L_{331} , L_{332}) de la portion latérale (331, 332) de la couche de base (33) est au moins égale à 200 mm.

3. Pneumatique selon l'une des revendications 1 ou 2, **dans lequel** la couche de base (33) est constituée par deux portions latérales (331, 332) disjointes ayant chacune une largeur axiale L_{331} et L_{332} .

15 4. Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 3, **dans lequel** la couche de base (33) est constituée par deux portions latérales (331, 332) disjointes dont les largeurs axiales respectives L_{331} et L_{332} sont égales.

5. Pneumatique selon l'une des revendications 3 ou 4, **dans lequel** la couche de base (33) est constituée par deux portions latérales (331, 332) disjointes, respectivement constituées par le

20 même troisième mélange élastomérique M_3 .

6. Pneumatique selon l'une des revendications 1 ou 2, **dans lequel** la couche de base (33) est constituée par une portion unique, en contact continu avec toute la portion centrale de bande de roulement (32) et au moins en partie avec au moins une aile de bande de roulement (311, 312).

25 7. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **dans lequel** au moins une portion latérale (331, 332) de la couche de base (33) est en contact au moins en partie avec une aile de bande de roulement sur une longueur (L_{C1} , L_{C2}) au moins égale à 10 mm.

8. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **dans lequel** le premier mélange élastomérique M_1 d'au moins une aile de bande de roulement (40) est une

30 composition électro-conductrice de caoutchouc à base au moins de polyisoprène, d'un système de réticulation, et d'au moins une charge renforçante comprenant du noir de carbone,

caractérisé par une surface BET au moins égale à $110 \text{ m}^2/\text{g}$ et par un taux au moins égal à 30 pce et au plus égal à 80 pce.

9. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **dans lequel** le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement (32) est une composition de caoutchouc à base d'au moins un élastomère diénique, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au plus égale à $115 \text{ m}^2/\text{g}$ et par un taux au plus égal à 40 pce, et de la silice, à un taux au plus égal à 15 pce.

10. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications de 1 à 8, **dans lequel** le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement (32) est une composition de caoutchouc à base d'au moins un élastomère diénique, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante, à un taux global au plus égal à 40 pce, et comprenant du noir de carbone, et de la silice.

11. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications de 1 à 8, **dans lequel** le deuxième mélange élastomérique M_2 de la portion centrale de bande de roulement (32) est une composition électro-conductrice de caoutchouc à base d'au moins un élastomère diénique, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au moins égale à $120 \text{ m}^2/\text{g}$ et par un taux au moins égal à 35 pce et au plus égal à 80 pce, et de la silice, à un taux au plus égal à 15 pce.

12. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **dans lequel** le troisième mélange élastomérique M_3 de la couche de base (33) de la bande de roulement (40) est une composition électro-conductrice de caoutchouc à base au moins de polyisoprène, d'un système de réticulation, et d'au moins une charge renforçante comprenant du noir de carbone, caractérisé par une surface BET au moins égale à $110 \text{ m}^2/\text{g}$ et par un taux au moins égal à 30 pce et au plus égal à 80 pce.

13. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **dans lequel** le mélange élastomérique M_4 de chaque flanc (20) a une composition de caoutchouc à base d'au moins un coupage de polyisoprène, de caoutchouc naturel ou de polyisoprène de synthèse, et de polybutadiène, d'un système de réticulation, et d'une charge renforçante, à un taux global au plus égal à 45 pce, et comprenant du noir de carbone, à un taux au plus égal à 5 pce, et, majoritairement, de la silice, à un taux au moins égal à 20 pce et au plus égal à 40 pce.

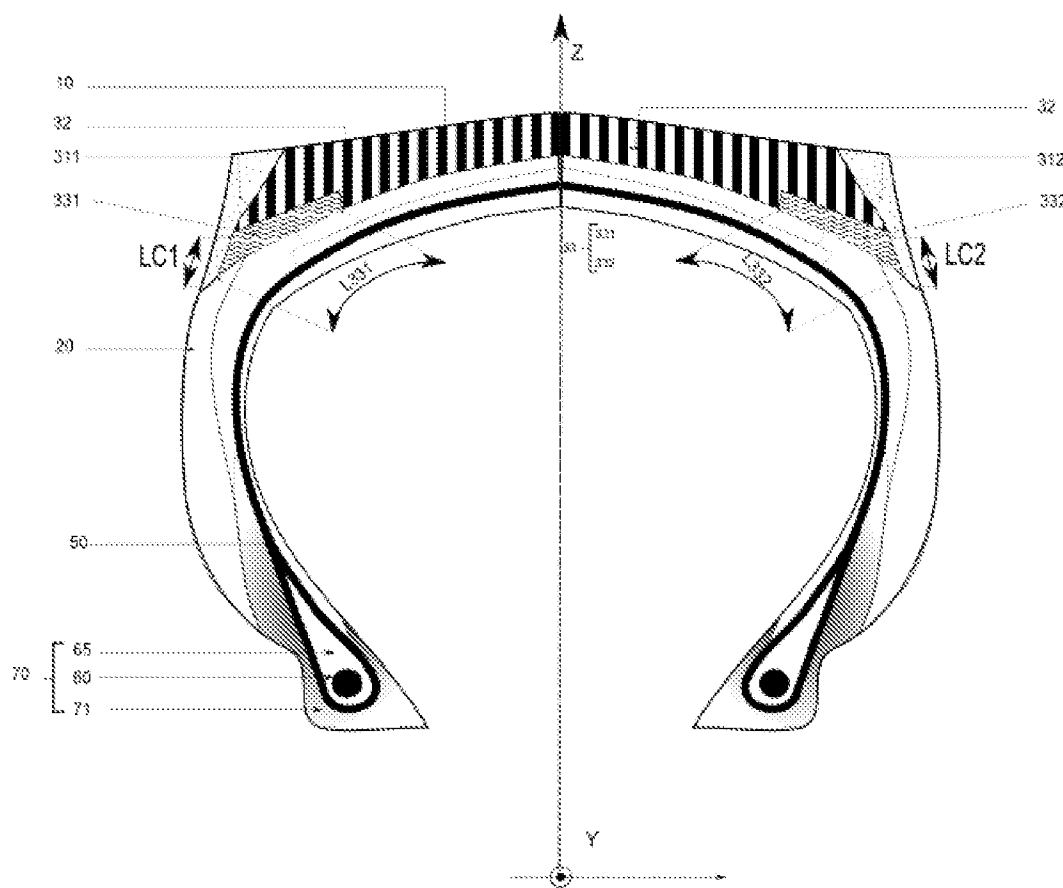


Figure – 1

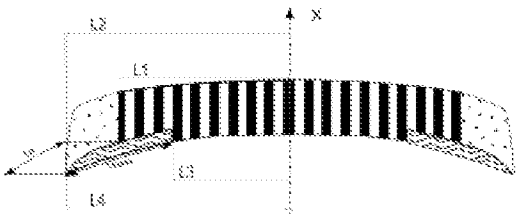


Figure-2

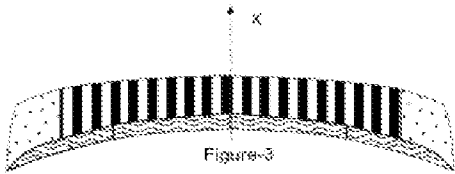


Figure-3

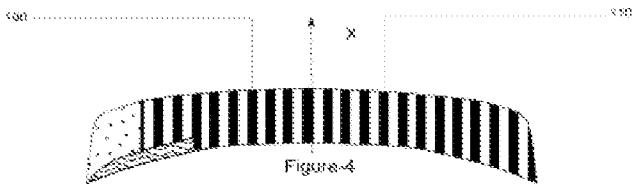


Figure-4

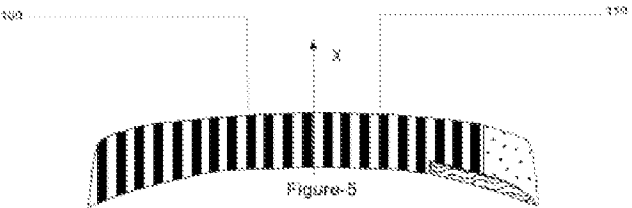


Figure-5

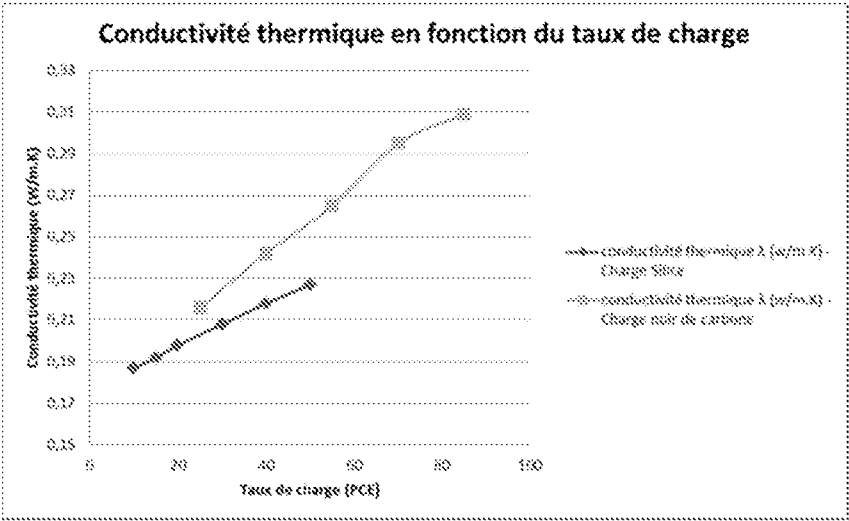


Figure - 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/050730

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C19/08 B60C11/00 B60C13/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016/059636 A1 (ZHAO JUNLING [US] ET AL) 3 March 2016 (2016-03-03) paragraph [0052]; figure 1 -----	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 2018

Date of mailing of the international search report

22/06/2018

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Billen, Karl

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/050730

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016059636	A1	03-03-2016	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/050730

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60C19/08 B60C11/00 B60C13/04 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
A	US 2016/059636 A1 (ZHAO JUNLING [US] ET AL) 3 mars 2016 (2016-03-03) alinéa [0052]; figure 1 -----	1-13
☐ 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		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
13 juin 2018		22/06/2018
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Billen, Karl

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/FR2018/050730

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

US 2016059636	A1	03-03-2016	AUCUN
---------------	----	------------	-------