

(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 2016/139348 A1

(43) Date de la publication internationale
9 septembre 2016 (09.09.2016)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
B60C 9/20 (2006.01) *B60C 9/22* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/054665
- (22) Date de dépôt international :
4 mars 2016 (04.03.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1551866 5 mars 2015 (05.03.2015) FR
- (71) Déposants : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN [FR/FR]; 12 Cours Sablon, 63000 Clermont-Ferrand (FR). MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. [CH/CH]; Route Louis Braille 10, 1763 Granges-Paccot (CH).
- (72) Inventeur : DOMINGO, Alain; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).
- (74) Mandataire : MILLANVOIS, Patrick; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, Scc DGD/PI -

F35/Ladoux, 23 place des Carmes-Déchaux, 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, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (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))

(54) Title : CROWN REINFORCEMENT FOR A TIRE FOR A HEAVY-DUTY CIVIL ENGINEERING VEHICLE

(54) Titre : ARMATURE DE SOMMET DE PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE TYPE GENIE CIVIL

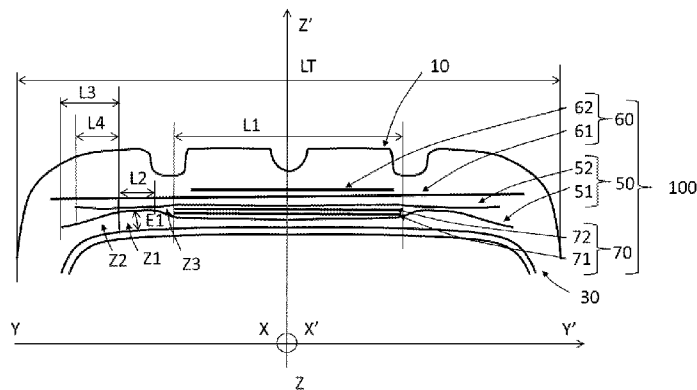


Figure 2

(57) Abstract : The invention relates to a tire for a heavy-duty civil engineering vehicle, said tire including a tread (10), a radial casing reinforcement (30), and a crown reinforcement (100) that includes a working reinforcement (50) and a bracing reinforcement (70). The working reinforcement (50) includes at least two working layers (51, 52), each including non-resilient metal reinforcements that intersect each other from one working layer to the next and angled by between 15° and 40° inclusive with respect to the circumferential direction. The bracing reinforcement (70) is formed by circumferentially winding a sheet so as to form a radial stack of at least two bracing layers (71, 72) that include circumferential resilient metal reinforcements angled by at most 2.5° with respect to the circumferential direction. The bracing reinforcement (70) is radially positioned between the working layers (51, 52), and the circumferential metal reinforcements of the bracing reinforcement (70) have a breaking strength of at least 800 daN.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/139348 A1



L'invention concerne un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil comprenant une bande de roulement (10), une armature de carcasse radiale (30) une armature de sommet (100), comprenant une armature de travail (50) et une armature de frettage (70). L'armature de travail (50) comprend au moins deux couches de travail (51, 52), chacune comprenant des renforts métalliques inélastiques croisés d'une couche de travail à la suivante et faisant, avec la direction circonférentielle des angles au moins égaux à 15° et au plus égaux à 40°. L'armature de frettage (70) est formée par un enroulement circonférentiel d'une nappe de façon à former un empilement radial d'au moins deux couches de frettage (71, 72), comprenant des renforts métalliques élastiques circonférentiels faisant, avec la direction circonférentielle des angles au plus égaux à 2.5°. L'armature de frettage (70) est radialement positionnée entre les couches de travail (51,52), et les renforts métalliques circonférentiels de l'armature de frettage (70) ont une force à rupture au moins égale à 800 daN.

- 1 -

**ARMATURE DE SOMMET DE PNEUMATIQUE POUR VEHICULE LOURD DE
TYPE GENIE CIVIL**

[001] La présente invention concerne un pneumatique pour véhicule lourd de type génie
5 civil et plus particulièrement, le sommet d'un tel pneumatique.

[002] Bien que non limitée à ce type d'application, l'invention est plus particulièrement
décrite en référence à un pneumatique radial de grande dimension, destiné, par exemple, à
être monté sur un dumper, véhicule de transport de matériaux extraits de carrières ou de
mines de surface. Le diamètre nominal de la jante d'un tel pneumatique, au sens de la
10 norme European Tyre and Rim Technical Organisation ou ETRTO, est au moins égal à 25
pouces.

[003] Un pneumatique ayant une géométrie de révolution par rapport à un axe de rotation, la
géométrie du pneumatique est généralement décrite dans un plan méridien contenant l'axe
de rotation du pneumatique. Pour un plan méridien donné, les directions radiale, axiale et
circonférentielle désignent respectivement les directions perpendiculaire à l'axe de
15 rotation du pneumatique, parallèle à l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire
au plan méridien.

[004] Dans ce qui suit, les expressions « radialement intérieur à » et « radialement
extérieur à » signifient respectivement « plus proche de l'axe de rotation du pneumatique,
20 selon la direction radiale, que » et « plus éloigné de l'axe de rotation du pneumatique,
selon la direction radiale, que ». Les expressions « axialement intérieur à » et « axialement
extérieur à » signifient respectivement « plus proche du plan équatorial, selon la direction
axiale, que » et « plus éloigné du plan équatorial, selon la direction axiale, que ». Une «
distance radiale » est une distance par rapport à l'axe de rotation du pneumatique, et une «
25 distance axiale » est une distance par rapport au plan équatorial du pneumatique. Une «
épaisseur radiale » est mesurée selon la direction radiale, une « largeur axiale » est
mesurée selon la direction axiale, une « longueur circonférentielle » est une longueur
d'arc de cercle suivant la direction circonférentielle.

[005] Un pneumatique comprend un sommet comprenant une bande roulement destinée à
30 venir en contact avec le sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement, deux
bourelets destinés à venir en contact avec une jante et deux flancs reliant le sommet aux

- 2 -

bourrelets. Un pneumatique radial, tel que généralement utilisé pour un véhicule de génie civil, comprend plus particulièrement une armature de carcasse radiale et une armature de sommet, telles que décrites, par exemple, dans le document WO2014-095957

[006] L'armature de carcasse d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil comprend habituellement au moins une couche de carcasse comprenant des renforts généralement métalliques enrobés d'un matériau élastomérique appelé mélange d'enrobage. La couche de carcasse comprend une partie principale, reliant les deux bourrelets entre eux et s'enroulant, dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique autour d'un élément de renforcement circonférentiel généralement métallique appelé tringle, pour former un retournement. Les renforts métalliques d'une couche de carcasse sont sensiblement parallèles entre eux et font, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 85° et 95°.

[007] L'armature de sommet d'un pneumatique radial pour véhicule lourd de type génie civil comprend une superposition de couches de sommet disposées circonférentiellement, radialement à l'extérieur de l'armature de carcasse. Chaque couche de sommet comprend des renforts généralement métalliques, parallèles entre eux et enrobés d'un matériau élastomérique ou mélange d'enrobage.

[008] L'armature de sommet comprend au moins une armature de travail comprenant au moins deux couches de travail, radialement extérieures à l'armature de carcasse et radialement intérieures à la bande de roulement. Ces couches de travail sont superposées et formées de renforts ou câbles parallèles dans chaque couche et croisés d'une couche à la suivante en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45°. Leurs largeurs axiales respectives sont au moins égales aux deux tiers de la largeur axiale maximale du pneumatique. La largeur axiale maximale du pneumatique est mesurée au niveau des flancs, le pneumatique étant monté sur sa jante et faiblement gonflé, c'est-à-dire gonflé à une pression égale à 10% de la pression nominale telle que recommandée, par exemple, par la Tire and Rim Association ou TRA. L'armature de travail, comprenant au moins deux couches de travail, a pour fonction de ceinturer le pneumatique et de donner de la rigidité et de la tenue de route au pneumatique. L'armature de travail reprend à la fois des sollicitations mécaniques de gonflage, générées par la pression de gonflage du pneumatique et transmises par l'armature de carcasse, et

des sollicitations mécaniques de roulement, générées par le roulement du pneumatique sur un sol et transmises par la bande de roulement. Elle doit en outre résister à l'oxydation, aux chocs et aux perforations.

[009] Les dites couches de travail, formant l'armature de travail, peuvent être radialement intérieures à une armature de protection comprenant au moins une couche dite de protection et formée de renforts généralement métalliques et extensibles ou élastiques. Dans le cas d'un pneumatique pour un véhicule lourd de type génie civil destiné à rouler sur des sols accidentés, la présence d'une armature de protection comprenant au moins une couche de protection est avantageuse. Elle protège essentiellement les couches de travail des agressions mécaniques ou physico-chimiques, susceptibles de se propager à travers la bande de roulement radialement vers l'intérieur du pneumatique. Si la couche de protection est unique alors il est avantageux que l'angle formé par les renforts de la couche de protection, avec la direction circonférentielle, soit identique à celui formé par les renforts de la couche de travail adjacente la plus radialement extérieure. Dans le cas de couches de protection multiples, il est avantageux que les renforts soient croisés d'une couche à la suivante et les renforts de la couche de protection radialement intérieure soient croisés avec les renforts inextensibles de la couche de travail radialement extérieure et adjacente à ladite couche de protection radialement intérieure.

[010] L'armature de sommet peut également comprendre une couche de renforts métalliques inélastiques faisant avec la direction circonférentielle un angle compris entre 45° et 90° . Cette couche, dite de triangulation, est radialement extérieure à l'armature de carcasse et radialement intérieure à la couche de travail radialement la plus intérieure, comprenant des renforts parallèles entre eux et formant, avec la direction circonférentielle, un angle au plus égal à 45° en valeur absolue. La couche de triangulation forme avec au moins ladite couche de travail une armature triangulée, et a pour rôle essentiel de reprendre les efforts de compression transversale auxquels sont soumis les renforts dans la zone du sommet du pneumatique. Ce type d'architecture de sommet comprenant des couches de triangulation, de travail et de protection, implique un sommet souple subissant au gonflage une déformation importante au niveau du plan équatorial et aux épaules, c'est-à-dire aux extrémités axiales de la bande de roulement. La souplesse au niveau du plan équatorial permet au sommet de se déformer sans défaillance lorsque le véhicule roule sur un obstacle dont la taille est, par exemple, de l'ordre de grandeur de la flèche du pneumatique

- 4 -

sous sa charge nominale. Par flèche, on entend la variation de rayon au niveau du point milieu de la surface de roulement, dans le plan équatorial, lorsque le pneumatique passe d'un état gonflé non chargé à un état gonflé chargé sous sa charge nominale.

[011] En revanche, avec cette susdite architecture de sommet, lors du roulage, cette même
5 souplesse à l'épaule a pour conséquence un taux de déformation important des matériaux élastomériques présents dans le sommet, générant une température élevée desdits matériaux élastomériques. Aux températures atteintes, les matériaux élastomériques du sommet perdent une partie de leur résistance à la fissuration, rendant le sommet moins
10 endurant. Cette fissuration des matériaux élastomériques peut dans les cas extrêmes amener à la séparation des couches de travail, appelée clivage du sommet.

[012] Pour résoudre ce problème, il est connu, selon le document FR 2419182, que les pneumatiques pour véhicule lourd de type génie civil peuvent comprendre une ou plusieurs couches étroites de renforcement radialement extérieures à l'armature de carcasse et radialement intérieures à l'armature de travail, centrées autour de l'équateur.
15 Ces couches sont dites couches étroites de frettage et ont pour fonction de limiter la déformation radiale du pneumatique au gonflage. Cette limitation permet la diminution de la déformation du sommet lors de la mise à plat sous l'effet de la charge et ainsi la diminution de la température permettant une amélioration de la performance d'endurance au clivage du sommet. Par couches étroites de frettage, on entend des couches dont la
20 largeur axiale est inférieure à 0,6 fois la largeur axiale de la couche de travail la plus radialement intérieure. Ces couches étroites de frettage comprennent des renforts inextensibles généralement métalliques qui forment avec la direction circonférentielle des angles supérieurs à 6° et inférieurs à 12° . Les renforts respectifs de ces couches étroites de frettage sont croisés d'une couche à la suivante pour assurer une plus grande rigidité au
25 sommet et une meilleure résistance en endurance au clivage du sommet.

[013] Néanmoins cette solution présente deux inconvénients. Le premier inconvénient concerne la fabrication des couches étroites de frettage et de leur pose pour les pneumatiques pour véhicule lourd de type génie civil de grande dimension. En effet, pour des pneumatiques de plus de 3 m de diamètre et 0,8 m de largeur, fabriquer une couche
30 étroite de frettage dont les renforts forment avec la direction circonférentielle un angle de l'ordre de 8° , suppose de découper des couches étroite de frettage sur une longueur de

- 5 -

coupe de plus de 2,5 m de longueur, soit hors gabarit des machines industrielles du commerce et de réaliser la soudure de la couche étroite de frettage sur le pneumatique avant cuisson sur cette même longueur, ce qui demande un savoir-faire et une précision près du double de celui de la pose des couches de travail ou de protection. Le deuxième
5 inconvéient est une sensibilité du pneumatique aux chocs liée à la présence de gros obstacles sur les pistes. En effet, en cas de choc, ces couches étroites de frettage très rigides et éloignées de la fibre neutre du sommet subissent une importante déformation imposée qui entraîne l'endommagement ou la rupture de l'armature de sommet engendrant la défaillance du pneumatique. Il n'est pas possible de rapprocher ce type de
10 couche de frettage de la fibre neutre en raison de la nécessité d'être en mesure à minima de déformer le pneumatique lors de sa mise en presse. Ceci permet en effet de générer les éléments de sculpture de la bande de roulement du pneumatique par pression du pneumatique dans le moule. Il n'est pas non plus possible d'ouvrir davantage les angles pour assouplir le sommet au risque de perdre le bénéfice en endurance au clivage du
15 sommet, de la rigidification du sommet.

[014] Pour résoudre ce problème de sensibilité aux chocs des sommets comprenant des couches étroites de frettage, les documents WO 2014048897 et WO 2014095957 proposent l'utilisation soit de couches étroites de frettage élastiques, soit de couches étroites de frettage non élastiques associées avec une première couche de travail dont
20 l'angle des renforts est au moins égal à 50°. Mais ces solutions, même si elles améliorent la résistance aux chocs du sommet, ne garantissent pas sa tenue mécanique en toutes circonstances, compte tenu des dimensions de certains obstacles rencontrés sur les lieux d'utilisation des pneumatiques.

[015] Le but de l'invention est d'améliorer à la fois les performances d'endurance au
25 clivage et de résistance aux chocs du sommet d'un pneumatique pour véhicule lourd de type génie civil.

[016] Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique pour véhicule lourd de génie civil comprenant :

- une bande de roulement destinée à entrer en contact avec un sol,
- 30 -une armature de carcasse radiale radialement intérieure à la bande de roulement et comprenant au moins une couche de carcasse,

- 6 -

-une armature de sommet, radialement intérieure à la bande de roulement et radialement extérieure à l'armature de carcasse radiale, et comprenant une armature de travail et une armature de frettage,

5 -l'armature de travail comprenant au moins deux couches de travail, chacune comprenant des renforts métalliques inélastiques croisés d'une couche de travail à la suivante et faisant, avec la direction circonférentielle des angles au moins égaux à 15° et au plus égaux à 40°,

10 -l'armature de frettage étant formée par un enroulement circonférentiel d'une nappe comprenant des renforts métalliques élastiques circonférentiels faisant, avec la direction circonférentielle des angles au plus égaux à 2.5°, ledit enroulement circonférentiel de la nappe s'étendant depuis une première extrémité circonférentielle jusqu'à une deuxième extrémité circonférentielle radialement extérieure à la première extrémité circonférentielle, de façon à former un empilement radial d'au moins deux couches de frettage,

15 l'armature de frettage étant radialement positionnée entre les couches de travail, et les renforts métalliques circonférentiels de l'armature de frettage ayant une force à rupture au moins égale à 800 daN.

[017] En effet, une telle architecture permet, grâce à l'utilisation de renforts circonférentiels, situés près de la fibre neutre du sommet, de limiter la déformation du sommet aux épaules à un niveau proche d'une déformation du sommet aux épaules obtenue dans le cas d'une architecture selon l'état de l'art, comprenant des couches étroites de frettage. Ceci permet
20 donc d'obtenir à la fois la performance d'endurance au clivage du sommet attendue et la performance de résistance aux chocs visée grâce à un sommet souple au centre apte à supporter la déformation due aux chocs lorsque le véhicule roule sur des obstacles. En effet, lors du franchissement d'un obstacle, le sommet du pneumatique fonctionne comme une poutre dont la fibre neutre se situe entre les couches de travail selon un mode de
25 déformation imposée. La fibre neutre en flexion de l'armature de sommet se situe entre les couches de sommet les plus rigides, à savoir entre les couches de travail. En positionnant les renforts circonférentiels entre ces dites couches de travail, la solution minimise les contraintes et les déformations de flexion associées à cette sollicitation que doivent supporter les renforts circonférentiels.

30 [018] Selon l'invention, l'armature de frettage est formée par un enroulement circonférentiel d'une nappe. L'enroulement circonférentiel d'une nappe est avantageux par rapport à l'enroulement circonférentiel d'un renfort ou d'une bande constituée de plusieurs renforts,

par exemple de 10 renforts, ce type d'enroulement étant classiquement utilisée pour des pneumatiques pour des véhicules de tourisme ou des véhicules poids lourds. Cette solution classique d'enroulement présenterait un coût prohibitif en raison de la dimension des pneumatiques pour véhicule lourd de type génie civil. En effet le périmètre ainsi que la largeur de pose, et la masse du pneumatique implique, lors de la pose de ces renforts 5 circonférentiels, une vitesse de rotation du pneumatique beaucoup plus faible pour éviter une déformation du pneumatique cru sous l'effet de la force centrifuge. Cette solution déboucherait par conséquent sur un temps d'opération prohibitif. Par ailleurs une telle solution rigidifierait le sommet de manière excessive ne résolvant pas le problème de 10 l'endurance aux chocs.

[019] En ce qui concerne les renforts métalliques, un renfort métallique est caractérisé mécaniquement par une courbe représentant la force de traction (en N), appliquée au renfort métallique, en fonction de l'allongement relatif (en %) du renfort métallique, dite courbe force-allongement. De cette courbe force-allongement sont déduites des 15 caractéristiques mécaniques en traction, telles que l'allongement structural A_s (en %), l'allongement total à la rupture A_t (en %), la force à la rupture F_m (charge maximale en N) et la résistance à la rupture R_m (en MPa), ces caractéristiques étant mesurées selon la norme ISO 6892 de 1984.

[020] L'allongement total à la rupture A_t du renfort métallique est, par définition, la somme 20 de ses allongements structural, élastique et plastique ($A_t = A_s + A_e + A_p$). L'allongement structural A_s résulte du positionnement relatif des fils métalliques constitutifs du renfort métallique sous un faible effort de traction. L'allongement élastique A_e résulte de l'élasticité même du métal des fils métalliques, constituant le renfort métallique, pris individuellement (loi de Hooke). L'allongement plastique A_p résulte de la plasticité 25 (déformation irréversible au-delà de la limite d'élasticité) du métal de ces fils métalliques pris individuellement. Ces différents allongements ainsi que leurs significations respectives, bien connus de l'homme du métier, sont décrits, par exemple, dans les documents US 5843583, WO 2005014925 et WO2007090603.

[021] On définit également, en tout point de la courbe force-allongement, un module en 30 extension (en GPa) qui représente la pente de la droite tangente à la courbe force-allongement en ce point. En particulier, on appelle module élastique en extension ou

module d'Young, le module en extension de la partie linéaire élastique de la courbe force-allongement.

[022] Parmi les renforts métalliques, on distingue usuellement les renforts métalliques élastiques, tels que ceux généralement utilisés dans les couches de protection, et les
5 renforts métalliques non élastiques, tels que ceux généralement utilisés dans les couches de travail.

[023] Un renfort métallique élastique est caractérisé par un allongement structural A_s au moins égal à 1% et un allongement total à rupture A_t au moins égal à 4%. En outre, un
10 renfort métallique élastique a un module élastique en extension compris usuellement entre 40 GPa et 150 GPa.

[024] Un renfort métallique non élastique ou inélastique est caractérisé par un allongement relatif, sous une force de traction égale 10% de la force à rupture F_m , au plus égal à 0.2%. Par ailleurs, un renfort métallique non élastique généralement a un module élastique en extension compris usuellement entre 150 GPa et 200 GPa.

15 [025] Les renforts circonférentiels de l'armature de frettage sont des renforts qui font, avec la direction circonférentielle, des angles compris dans l'intervalle $[-2,5^\circ, +2,5^\circ]$. Ils sont élastiques afin de permettre l'expansion de diamètre de pose qu'implique la cuisson des pneumatiques dans un moule. En effet un pneumatique est généralement obtenu par la pose des différents éléments qui le constituent à des diamètres spécifiques initiaux. Le
20 pneumatique est ensuite disposé dans un moule de cuisson d'un diamètre supérieur au diamètre maximal du pneumatique avant cuisson, dans lequel les matériaux élastomériques sont vulcanisés par effet thermique. Pour ce faire le pneumatique est mis sous pression dans le moule et l'ensemble des éléments qui le constituent prennent un diamètre supérieur à leur diamètre spécifique initial. Pour l'ensemble des couches de travail, des couches de carcasse, des couches de protection dont les renforts sont non
25 circonférentiels, ce changement de diamètre se fait par déformation du mélange d'enrobage des différents renforts. Pour les couches de renforts circonférentiels de l'armature de frettage, cette extension circonférentielle est permise par les renforts qui sont élastiques avec un allongement structural au moins égal à l'extension due au
30 moulage.

[026] En outre, les renforts circonférentiels de l'armature de frettage ont une force à rupture au moins égale à 800 daN, pour pouvoir résister aux efforts de traction induits par le passage sur les obstacles rencontrés par le pneumatique en utilisation.

5 [027] Avantageusement les renforts métalliques circonférentiels de l'armature de frettage ont un module d'élasticité à 10% d'allongement au moins égal à 70 GPa et au plus égal à 110 GPa afin de supporter les déformations imposées lors du franchissement d'obstacles pour l'usage en génie civil.

10 [028] Il est avantageux que les extrémités circonférentielles de la nappe constituant l'armature de frettage fassent, avec la direction axiale, des angles (A) au moins égaux à 25°. Un tel angle permet d'éviter d'avoir les extrémités circonférentielles de l'armature de frettage contenues dans un plan méridien et donc de désensibiliser les matériaux élastomériques environnants à la fissuration. En effet chaque extrémité circonférentielle de renfort de l'armature de frettage étant une zone potentielle de fissuration des matériaux élastomériques environnants, ces zones potentielles de fissuration ne doivent pas être
15 concentrées dans un même plan méridien afin d'éviter la jonction de microfissures pouvant entraîner une fissuration dommageable à l'endurance du pneumatique. Par ailleurs, en cas de choc, la contrainte est maximale dans le plan méridien correspondant à la flèche maximale. Cet angle permet ainsi d'éviter que toutes les extrémités des renforts et les matériaux élastomériques les entourant subissent un maximum de contraintes et de
20 déformations dans le même plan méridien. Pour avoir un seul réglage de coupe de l'armature de frettage en fabrication, les angles de chacune des extrémités circonférentielles de la nappe constituant l'armature de frettage avec la direction axiale sont égaux et de même signe.

25 [029] Préférentiellement la distance circonférentielle entre les première et deuxième extrémités circonférentielles de l'armature de frettage est au moins égale à 0.6 m et au plus égale à 1.2 m. En effet, les première et deuxième extrémités circonférentielles de l'armature de frettage ne sont pas contenues dans un même plan méridien et se recouvrent sur une portion circonférentielle de la périphérie du pneumatique, pour garantir la présence de l'armature de frettage sur toute la périphérie du pneumatiques. La distance
30 circonférentielle entre les deux extrémités circonférentielles de l'armature de frettage est nommée longueur de recouvrement. Par longueur de recouvrement, on entend la distance

- 10 -

circonférentielle minimale entre les extrémités circonférentielles de l'armature de frettage, mesurée dans le plan équatorial, plan circonférentiel passant par le milieu de la bande de roulement. Le fait que la longueur de recouvrement soit supérieure à 0,6 m permet, premièrement d'éviter qu'aucune zone du pneumatique, sous l'effet du changement de diamètre lors de la cuisson, ait une couche de renforts circonférentiels de moins entre les couches de travail que le nombre de couches nécessaire à l'usage, et deuxièmement, que, chaque extrémité d'un renfort étant une zone potentielle de fissuration des matériaux élastomériques environnants, ces zones potentielles de fissuration ne soient pas concentrées dans le même plan méridien, même à des rayons différents. Le fait que cette longueur soit limitée à 1,2 m a pour conséquence de ne pas augmenter le coût en matière première de la solution, sans apporter de gain en endurance.

[030] Préférentiellement la surface moyenne de la nappe constituant l'armature de frettage, au voisinage de la première extrémité circonférentielle de l'armature de frettage, fait, avec la direction circonférentielle, un angle, mesuré dans le plan équatorial, au plus égal à 45°. Pour ce faire une solution consiste à disposer le long de cette extrémité de l'armature de frettage, une bande transversale de matériaux élastomériques de section triangulaire. Cette solution a pour effet de diminuer les contraintes de flexion dans les renforts de l'armature de frettage au voisinage de la première extrémité de l'armature de frettage, la plus radialement intérieure. En effet à cette extrémité, la surface moyenne de l'enroulement de l'armature de frettage subit une variation de diamètre égale au diamètre des renforts de l'armature de frettage. Cette variation de diamètre se fait par une flexion du câble qu'il convient de limiter pour préserver l'endurance du sommet. Par ailleurs, cette solution consistant en la pose d'une bande transversale en matériaux élastomériques de section triangulaire remplit une cavité qui sinon se remplit d'air avant la cuisson du pneumatique pouvant générer des trous dans les matériaux élastomériques après cuisson, diminuant l'endurance du pneumatique.

[031] Pour des raisons similaires, la surface moyenne de la couche de travail, au voisinage de la deuxième extrémité circonférentielle de l'armature de frettage, fait, avec la direction circonférentielle, un angle, mesuré dans le plan équatorial, au plus égal à 45°. A cette extrémité de l'armature de frettage, la couche de travail subit une variation de diamètre égale au diamètre des renforts de l'armature de frettage, impliquant une flexion de la

couche de travail. Une solution est de disposer aussi le long de cette extrémité d'une bande transversale en matériaux élastomériques de section triangulaire pour obtenir les mêmes effets techniques décrits précédemment, à savoir la diminution des contraintes de flexion dans les renforts de la couche de travail et l'impossibilité de piéger de l'air à cet
5 endroit avant la cuisson du pneumatique.

[032] La solution préférée est telle que largeur axiale de l'armature de frettage est inférieure à la moitié de la largeur axiale du pneumatique, car, au-delà de cette largeur maximale, le cycle des contraintes au tour de roue dans les renforts de l'armature de frettage entraîne une fatigue importante des renforts et une perte d'endurance.

10 [033] Il est particulièrement avantageux que l'angle formé par les renforts métalliques des couches de travail, avec la direction circonférentielle, soit au moins égal à 28° et au plus égal à 35° . En effet, l'armature de frettage modifie les rigidités de telle sorte que l'optimum de fonctionnement se situe pour des couches de travail faisant un angle avec la direction circonférentielle compris entre 28° et 35° . Ceci permet ainsi une diminution des
15 cisaillements au niveau de leurs extrémités axiales et donc une amélioration de la performance en endurance au clivage du sommet.

[034] Préférentiellement, les deux couches de travail sont couplées, selon la direction axiale, sur une portion de couplage ayant une largeur axiale au moins égale à 1,5% de la largeur axiale du pneumatique. En effet le couplage axial des couches de travail, axialement à
20 l'extérieur des extrémités axiales des renforts de l'armature de frettage, permet localement une augmentation de la rigidité du sommet et donc une baisse des déformations, d'où une baisse de la température et une amélioration de l'endurance au clivage du sommet.

[035] Il est également préférable que les deux couches de travail soient couplées, selon la direction axiale, sur une portion de couplage ayant une largeur axiale au plus égale à 5%
25 de la largeur axiale du pneumatique. Au-delà d'une certaine longueur de couplage, les couches de travail doivent être de nouveau découplées pour diminuer les cisaillements des matériaux élastomériques au voisinage des extrémités axiales des couches de travail.

[036] On dit que deux couches de renforts, telles que des couches de travail par exemple, sont couplées à l'ordonnée axiale considérée si la distance radiale entre les centres
30 géométriques de deux renforts adjacents de ces deux couches est inférieure à 3 fois le

- 12 -

rayon moyen des renforts considérés. Si cette même distance est supérieure à 4 fois ce rayon moyen, les deux couches de renforts considérées sont dites découplées.

[037] Une autre solution préférée est telle que la distance radiale entre la couche de travail, radialement intérieure à l'armature de frettage, et l'armature de carcasse, mesurée au centre de la portion de couplage des deux couches de travail, soit au moins égale à deux fois la distance radiale entre la couche de travail, radialement intérieure à l'armature de frettage, et l'armature de carcasse, mesurée dans le plan équatorial. En effet une des solutions possibles pour coupler les deux couches de travail est de maintenir la couche de travail la plus radialement intérieure sur un rayon de pose proche de son rayon à l'équateur, et de rabattre au rayon de couplage la couche de travail radialement extérieure à l'armature de frettage. Pour un pneumatique de type génie civil, les différences de rayon entre les couches de travail sont telles que rabattre la couche de travail radialement extérieure à l'armature de frettage génère des plis au sein de la dite couche et des défauts de moulage dans la zone de couplage. Pour limiter les différences de rayons des deux couches de travail entre leur rayon à l'équateur et leur rayon dans la zone de couplage, il convient d'augmenter la distance de la couche de travail la plus radialement intérieure à la couche de carcasse la plus radialement extérieure, dans la zone de couplage, par rapport à cette même distance à l'équateur.

[038] Il est encore avantageux que le module d'élasticité à 10% d'allongement d'un premier matériau élastomérique, radialement intérieur et en contact avec la portion de couplage des couches de travail soit au moins égal au module d'élasticité à 10% d'allongement d'un deuxième matériau élastomérique, axialement extérieur et en contact avec le premier matériau élastomérique. La zone de couplage des couches de travail est une zone de plus grande rigidité que la zone de découplage lui étant axialement extérieure. Selon l'usage et les cisaillements dans le matériau élastomérique adjacent et radialement intérieur à la zone de couplage, dit premier matériau, il peut être préféré d'assurer un gradient de rigidité entre le matériau élastomérique axialement extérieur, dit deuxième matériau, et le matériau élastomérique enrobant la couche de travail adjacente et radialement extérieure, dit de calandrage, et dans ce cas, le module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau élastomérique est supérieur ou égal au module d'élasticité à 10% d'allongement du deuxième matériau.

[039] Il peut être également avantageux que le module d'élasticité à 10% d'allongement d'un premier matériau élastomérique, radialement intérieur et en contact avec la portion de couplage des couches de travail soit au moins égal au module d'élasticité à 10% d'allongement d'un matériau élastomérique enrobant les renforts métalliques de la couche de travail, radialement intérieure à l'armature de frettage. Ceci permet d'assurer la plus grande rigidité possible de la zone de couplage, tout en évitant une différence de rigidité entre le mélange de calandrage de la couche de travail adjacente et le premier matériau et donc les contraintes associées à toute discontinuité de rigidité. Dans ce cas, le module d'élasticité à 10% d'allongement du premier matériau est égal au module d'élasticité à 10% d'allongement du mélange de calandrage de la couche de travail.

[040] Avantageusement, au niveau des extrémités axiales des couches de frettage, les surfaces moyennes des couches de travail font, avec la direction axiale, des angles au plus égaux à 45°. En effet, il est avantageux que les couches de travail ne soient pas déformées lors de la fabrication du pneumatique pour ne pas induire des contraintes de flexion dans leurs renforts. les surfaces moyennes des couches de travail qui font avec la direction axiale un angle proche de 0° dans la partie axialement intérieure à l'extrémité des renforts circonférentiels, rejoindront préférentiellement la zone de couplage avec un angle inférieur à 45°. Cette géométrie peut être obtenue par la pose d'une bande d'un matériau élastomérique à l'extrémité axiale des couches de renforts circonférentiels de section triangulaire.

[041] Encore avantageusement le module d'élasticité à 10% d'allongement d'un matériau élastomérique, axialement compris entre chaque extrémité axiale de l'armature de frettage et la portion de couplage des couches de travail est égal au module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau élastomérique enrobant les renforts métalliques des couches de travail afin d'éviter les discontinuités de contraintes liées aux changements de rigidité des matériaux élastomériques.

[042] Il est particulièrement avantageux que la largeur d'une portion de la couche de travail, radialement intérieure à l'armature de frettage et axialement comprise entre l'extrémité axiale extérieure de la portion de couplage et l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail, soit au plus égale à la moitié de largeur axiale de l'armature de frettage. En effet compte tenu de la présence de matériaux élastomériques de différentes rigidités

- 14 -

impliquant la présence de contraintes à leurs frontières, tels qu'entre autres ceux la bande de roulement, il convient de limiter les déplacements des extrémités axiales des couches de travail. Pour cela il est intéressant de limiter la largeur de leurs parties découplées pour améliorer l'endurance au clivage du pneumatique.

5 [043] Il est également avantageux que la largeur axiale de la portion de la couche de travail, radialement extérieure à l'armature de frettage et axialement comprise entre l'extrémité axiale extérieure de la portion de couplage et l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail, soit au plus égale à la largeur de la portion de la couche de travail, radialement
10 intérieure à l'armature de frettage et axialement comprise entre l'extrémité axiale extérieure de la portion de couplage et l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail, afin de limiter les déplacements des extrémités axiales des couches de travail pour améliorer l'endurance au clivage du pneumatique..

[044] D'autres détails et caractéristiques avantageux de l'invention ressortiront ci-après de la description des exemples de réalisation de l'invention en référence aux figures 1 à 7.

15 [045] Les figures ne sont pas représentées à l'échelle pour en simplifier la compréhension. Les figures ne représentent qu'une vue partielle d'un pneumatique qui se prolonge de manière symétrique par rapport à l'axe XX' qui représente le plan médian circonférentiel, ou plan équatorial, d'un pneumatique.

[046] La figure1 présente une vue écorchée en perspective du sommet d'un pneumatique
20 selon l'art antérieur présentant :

-une bande de roulement 10,

-des flancs 20,

-une armature de carcasse 30, comprenant une couche de carcasse dont les renforts forment un angle proche de 90° avec la direction circonférentielle XX',

25 -une armature de frettage 40, comprenant deux couches de frettage 41 et 42 dont les renforts forment respectivement des angles de 8° à 15° avec la direction circonférentielle XX',

-une armature de travail 50, comprenant deux couches de travail 51 et 52, et radialement extérieure à l'armature de frettage 40,

30 -une armature de protection 60, comprenant deux couches de protection 61 et 62.

- 15 -

[047] La figure 2 représente une coupe méridienne du sommet d'un pneumatique selon l'invention présentant :

-une bande de roulement 10,

-une armature de carcasse 30,

5 -une armature de sommet 100 comprenant une armature de travail 50 comprenant deux couches de travail 51 et 52, une armature de frettage 70 comprenant un enroulement de deux tours de renforts circonférentiels 71 et 72 ayant une largeur axiale L1 et une armature de protection 60 comprenant deux couches de protection 61 et 62,

-une zone de couplage des couches de travail 51 et 52, ayant une largeur axiale L2,

10 -une portion d'extrémité libre de la couche de travail radialement intérieure 51 ayant une largeur axiale L3,

-une portion d'extrémité libre de la couche de travail radialement extérieure 52 ayant une largeur axiale L4,

15 -un premier mélange élastomérique Z1, radialement intérieur à la zone de couplage des couches de travail 51 et 52 et ayant une épaisseur radiale maximale E1,

-un deuxième mélange élastomérique Z2, radialement intérieur à la couche de travail radialement intérieure 51 et axialement extérieur à la zone de couplage des couches de travail 51 et 52,

20 -un troisième mélange élastomérique Z3, radialement compris entre les couches de travail 51 et 52 et axialement compris entre l'armature de frettage 40 et la zone de couplage des couches de travail 51 et 52.

[048] La figure 3 représente une vue écorchée en perspective du sommet d'un pneumatique selon l'invention. Elle diffère essentiellement de la figure 1, représentant l'état de la technique, par une armature de frettage 70 comprenant un enroulement de deux tours de renforts circonférentiels 71 et 72, dont l'extrémité circonférentielle 74 la plus radialement extérieure fait avec la direction axiale un angle (A).

[049] La figure 4 représente une vue écorchée en perspective et partielle du sommet d'un pneumatique selon l'invention présentant notamment :

-l'armature de carcasse 30,

30 -la couche de travail la plus radialement intérieure 51,

-l'extrémité circonférentielle 73 de l'armature de frettage 70 la plus radialement intérieure faisant avec la direction axiale un angle (A).

[050] La figure 5 représente une coupe circonférentielle, dans le plan équatorial, de la portion de recouvrement circonférentiel de l'armature de frettage 70. En zone courante, l'armature de frettage 70 comprend une superposition radiale de deux couches 71 et 72. Dans la zone de recouvrement ayant une longueur circonférentielle L_5 , l'armature de frettage comprend une superposition radiale de trois couches. Au niveau de sa première extrémité circonférentielle 73 radialement intérieure, l'armature de frettage 70 fait un angle A_2 avec la direction circonférentielle XX' . Au niveau de la deuxième extrémité circonférentielle 74, radialement extérieure, de l'armature de frettage 70, la couche de travail 52 radialement extérieure fait un angle A_3 avec la direction circonférentielle XX' .

10 [051] La figure 6 représente une coupe du sommet, dans un plan méridien, au niveau des extrémités axiales des couches de frettage 71 et 72, où les couches de travail radialement intérieure 51 et radialement extérieure 52 font respectivement des angles A_4 et A_5 avec la direction axiale YY' . Elle représente en particulier l'épaisseur radiale E_1 du premier mélange élastomérique Z_1 , radialement compris entre l'armature de carcasse 30 et la couche de travail la plus radialement intérieure 51 et radialement à l'intérieur de la zone de couplage des couches de travail 51 et 52, et l'épaisseur radiale E_2 de mélange élastomérique radialement compris entre la couche de travail radialement intérieure et l'armature de carcasse 30, mesurée dans le plan équatorial.

[052] La figure 7 représente les déplacements en mm des points de la surface de roulement, situés dans un plan méridien, lors du gonflage du pneumatique à la pression préconisée par le fabricant dans les trois cas suivants:

25 -un pneumatique A de l'art antérieur comprenant deux couches étroites de frettage présentant l'avantage de limiter la montée aux épaules et ainsi le risque de clivage des couches de travail, mais présentant l'inconvénient de rigidifier le centre, le rendant ainsi sensible aux chocs,

-un pneumatique B de l'art antérieur sans armature de frettage, donc avec un sommet souple au centre et une bonne résistance aux chocs, mais souple également aux épaules avec comme conséquence une température d'usage au sommet élevée pouvant entraîner un clivage des couches de travail,

30 -un pneumatique C de l'invention comprenant une armature de frettage constituée deux couches de renforts circonférentiels radialement positionnées entre les couches de travail,

- 17 -

ayant à la fois l'avantage de limiter la montée aux épaules et d'être souple au centre permettant une résistance aux chocs améliorée.

[053] L'invention a été réalisée sur un pneumatique pour véhicule lourd de génie civil de dimension 40.00R57, de largeur axiale maximale égale à 1115 mm. Le pneumatique de référence, selon l'état de la technique ; est composé d'une couche de carcasse avec renforts métalliques, de deux couches étroites de frettage de largeur égale à 400 mm, ayant des renforts faisant, avec la direction circonférentielle, un angle égal à 8°, et croisés d'une couche à la suivante, de deux couches de travail de largeurs respectives égales à 740 mm et 680 mm et ayant des renforts formant, avec la direction circonférentielle, des angles respectifs égaux à 33° et 19°, et deux couches de protection ayant des renforts faisant, avec la direction circonférentielle, un angle égal à 24°, et croisés d'une couche à la suivante.

[054] Le pneumatique selon l'invention diffère du pneumatique de l'état de la technique par l'armature de travail ayant deux couches de travail dont les renforts respectifs font, avec la direction circonférentielle, un angle égal à 33°, et par l'armature de frettage. Entre les couches de travail est disposée l'armature de frettage constituée par l'enroulement circonférentiel de deux tours d'une nappe ayant une largeur axiale égale à 350 mm et comprenant des renforts circonférentiels métalliques élastiques ayant une résistance à la rupture égale à 900 daN et un module élastique égal à 90 GPa, ces caractéristiques mécaniques étant mesurées sur des renforts extraits du pneumatique.

[055] De plus, les extrémités circonférentielles de l'armature de frettage du pneumatique selon l'invention forment avec la direction axiale un angle égal à 30°, et la longueur de recouvrement circonférentiel de l'armature de frettage est égale à 1m. A ces extrémités sont disposées des bandes transversales en matériau élastomérique identique au mélange enrobant les renforts des couches de travail, et de section triangulaire, ayant une largeur circonférentielle égale à 15 mm et une hauteur radiale égale au diamètre des renforts de l'armature de frettage. Ces bandes entraînent un angle égal à 18° entre la couche de frettage radialement extérieure à l'extrémité circonférentielle radialement intérieure et la direction circonférentielle, au niveau de la première extrémité circonférentielle de l'armature de frettage, la plus radialement intérieure, et entre la couche de travail radialement extérieure à l'armature de frettage et la direction circonférentielle au niveau

- 18 -

de la seconde extrémité circonférentielle de l'armature de frettage, la plus radialement extérieure

[056] Les deux couches de travail sont couplées sur une largeur axiale de 25 mm. La distance radiale entre l'armature de carcasse et la couche de travail la plus radialement intérieure est égale à 4,6 mm dans le plan équatorial, et est égale à 13 mm sous la zone de couplage des couches de travail. Les matériaux élastomériques dans les différentes zones autour de la zone de couplage sont identiques au matériau élastomérique enrobant les renforts des couches de travail. La longueur de la couche de travail radialement intérieure à l'armature de frettage, mesurée de l'extrémité axiale extérieure de la zone de couplage à l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail, est égale à 107 mm et la longueur de la couche de travail radialement extérieure à l'armature de frettage, mesurée de l'extrémité axiale extérieure de la zone de couplage à l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail, est égale à 70 mm.

[057] Les performances en endurance au clivage du sommet sont mesurées sur des tests sur véhicule dumper avec 60t de charge par pneumatique, gonflé à froid à 6 bars et roulant 640 heures à 17km/h. Suite à cet usage, les pneumatiques sont coupés en 6 secteurs, la bande de roulement est déchapée afin d'extraire les couches de travail et de détecter les fissures éventuelles présentes entre ces deux couches. La performance d'endurance au clivage du sommet est estimée au prorata des largeurs des fissures de clivage. Le pneumatique selon l'invention révèle une taille des dommages de clivage 20% plus faible que pour le pneumatique selon l'état de la technique.

[058] Pour des pneumatiques de cette dimension, la résistance aux chocs sommet des différentes versions de pneumatiques est testée directement en usage chez les clients. Ces expérimentations in situ ont démontré que les pneumatiques sans armature de frettage, plus souples au sommet, ont une meilleure résistance aux chocs que ceux disposant de couches étroites de frettage suivant l'état de l'art, tandis que ces derniers sont meilleurs en endurance au clivage du sommet. Le pneumatique selon l'invention présente à la fois une résistance aux chocs au moins égale à celle d'un pneumatique sans armature de frettage et un gain en clivage du sommet de 30% par rapport à un pneumatique comprenant une armature de frettage selon l'état de l'art.

REVENDICATIONS

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

-une bande de roulement (10) destinée à entrer en contact avec un sol,

-une armature de carcasse radiale (30) radialement intérieure à la bande de roulement (10)
5 et comprenant au moins une couche de carcasse,

-une armature de sommet (100), radialement intérieure à la bande de roulement (10) et
radialement extérieure à l'armature de carcasse radiale (30), et comprenant une armature
de travail (50) et une armature de frettage (70),

-l'armature de travail (50) comprenant au moins deux couches de travail (51, 52), chacune
10 comprenant des renforts métalliques inélastiques croisés d'une couche de travail à la
suivante et faisant, avec la direction circonférentielle des angles au moins égaux à 15° et au
plus égaux à 40°,

-l'armature de frettage (70) étant formée par un enroulement circonférentiel d'une nappe
comportant des renforts métalliques élastiques circonférentiels faisant, avec la direction
15 circonférentielle des angles au plus égaux à 2.5°, ledit enroulement circonférentiel de la
nappe s'étendant depuis une première extrémité circonférentielle (73) jusqu'à une
deuxième extrémité circonférentielle (74) radialement extérieure à la première extrémité
circonférentielle, de façon à former un empilement radial d'au moins deux couches de
frettage (71, 72),

20 **caractérisé en ce que** l'armature de frettage (70) est radialement positionnée entre les
couches de travail (51,52) **et en ce que** les renforts métalliques circonférentiels de
l'armature de frettage (70) ont une force à rupture au moins égale à 800 daN.

2. Pneumatique selon la revendication 1, **dans lequel** les renforts métalliques
circonférentiels de l'armature de frettage (70) ont un module d'élasticité à 10%
25 d'allongement au moins égal à 70 GPa et au plus égal à 110 GPa.

3. Pneumatique selon l'une des revendications 1 ou 2, **dans lequel** les extrémités
circonférentielles (73,74) de la nappe constituant l'armature de frettage (70) font, avec la
direction axiale, des angles (A) au moins égaux à 25°.

4. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **dans lequel** la distance circonférentielle (L5) entre les première (73) et deuxième (74) extrémités circonférentielles de l'armature de frettage (70) est au moins égale à 0.6 m et au plus égale à 1.2 m.
- 5 5. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **dans lequel** la surface moyenne de la nappe constituant l'armature de frettage (70), au voisinage de la première extrémité circonférentielle (73) de l'armature de frettage (70), fait, avec la direction circonférentielle, un angle (A2), mesuré dans le plan équatorial, au plus égal à 45°.
- 10 6. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **dans lequel** la surface moyenne de la couche de travail (52), au voisinage de la deuxième extrémité circonférentielle (74) de l'armature de frettage (70), fait, avec la direction circonférentielle, un angle (A3), mesuré dans le plan équatorial, au plus égal à 45°.
- 15 7. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **dans lequel** la largeur axiale (L1) de l'armature de frettage (70) est inférieure à la moitié de la largeur axiale (LT) du pneumatique.
8. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **dans lequel** l'angle formé par les renforts métalliques des couches de travail (51, 52), avec la direction circonférentielle, est au moins égal à 28° et au plus égal à 35°.
- 20 9. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **dans lequel** les deux couches de travail (51, 52) sont couplées, selon la direction axiale, sur une portion de couplage ayant une largeur axiale (L2) au moins égale à 1,5% de la largeur axiale du pneumatique (LT).
- 25 10. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **dans lequel** les deux couches de travail (51, 52) sont couplées, selon la direction axiale, sur une portion de couplage ayant une largeur axiale (L2) au plus égale à 5% la largeur axiale du pneumatique (LT).
- 30 11. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, **dans lequel** la distance radiale (E1) entre la couche de travail (51), radialement intérieure à l'armature de frettage (70), et l'armature de carcasse (30), mesurée au centre de la portion de couplage des deux couches de travail (51,52), est au moins égale à deux fois la distance radiale (E2) entre la

- 21 -

couche de travail (51), radialement intérieure à l'armature de frettage (70), et l'armature de carcasse (30), mesurée dans le plan équatorial.

5 **12.** Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **dans lequel** le module d'élasticité à 10% d'allongement d'un premier matériau élastomérique (Z1), radialement intérieur et en contact avec la portion de couplage des couches de travail (51, 52) est au moins égal au module d'élasticité à 10% d'allongement d'un deuxième matériau élastomérique (Z2), axialement extérieur et en contact avec le premier matériau élastomérique (Z1).

10 **13.** Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, **dans lequel** le module d'élasticité à 10% d'allongement d'un premier matériau élastomérique (Z1), radialement intérieur et en contact avec la portion de couplage des couches de travail (51, 52) est au moins égal au module d'élasticité à 10% d'allongement d'un matériau élastomérique enrobant les renforts métalliques de la couche de travail (51), radialement intérieure à l'armature de frettage (70).

15 **14.** Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, **dans lequel**, au niveau des extrémités axiales des couches de frettage (71, 72), les surfaces moyennes des couches de travail (51, 52) font, avec la direction axiale, des angles (A4, A5) au plus égaux à 45°.

20 **15.** Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, **dans lequel** le module d'élasticité à 10% d'allongement d'un troisième matériau élastomérique (Z3), axialement compris entre chaque extrémité axiale de l'armature de frettage (70) et la portion de couplage des couches de travail (51, 52) est égal au module d'élasticité à 10% d'allongement du matériau élastomérique enrobant les renforts métalliques des couches de travail (51, 52).

25 **16.** Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 à 15, **dans lequel** la largeur (L3) d'une portion de la couche de travail (51), radialement intérieure à l'armature de frettage (70) et axialement comprise entre l'extrémité axiale extérieure de la portion de couplage et l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail (51), est au plus égale à la moitié de largeur axiale (L1) de l'armature de frettage (70).

30

- 22 -

17. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 9 à 16, **dans lequel** la largeur axiale (L4) de la portion de la couche de travail (52), radialement extérieure à l'armature de frettage (70) et axialement comprise entre l'extrémité axiale extérieure de la portion de couplage et l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail (52), est au plus égale
- 5 à la largeur (L3) de la portion de la couche de travail (51), radialement intérieure à l'armature de frettage (70) et axialement comprise entre l'extrémité axiale extérieure de la portion de couplage et l'extrémité axiale extérieure de ladite couche de travail (51).

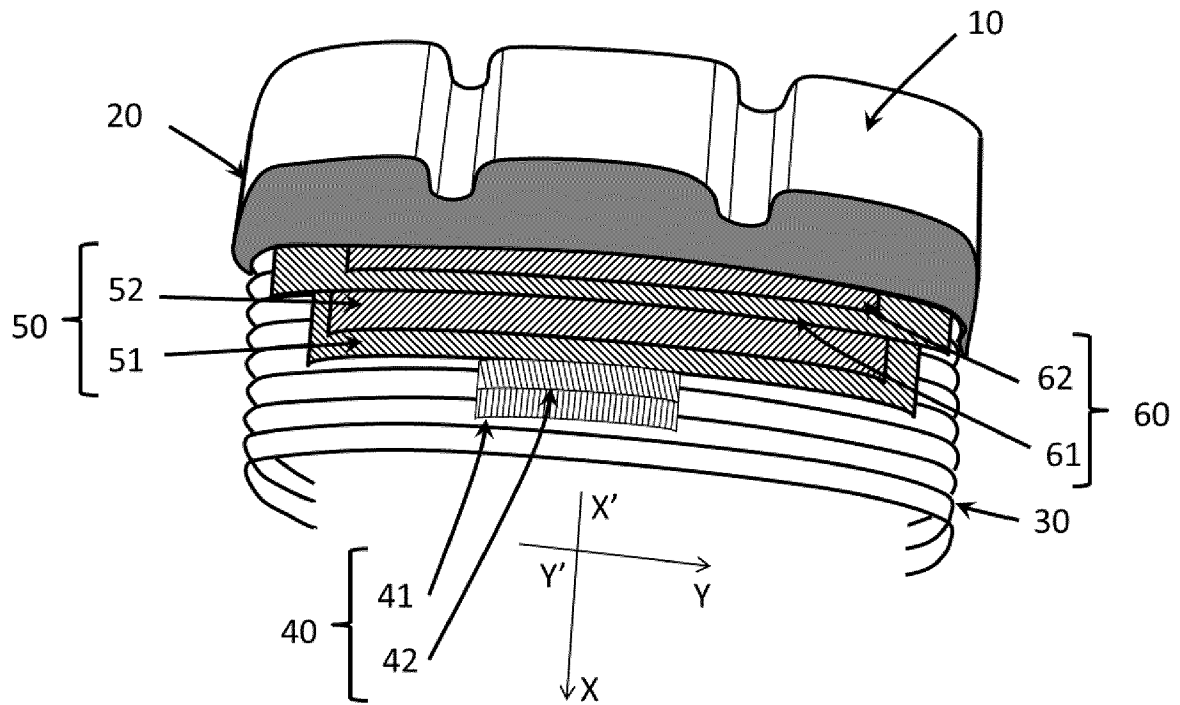


Figure 1

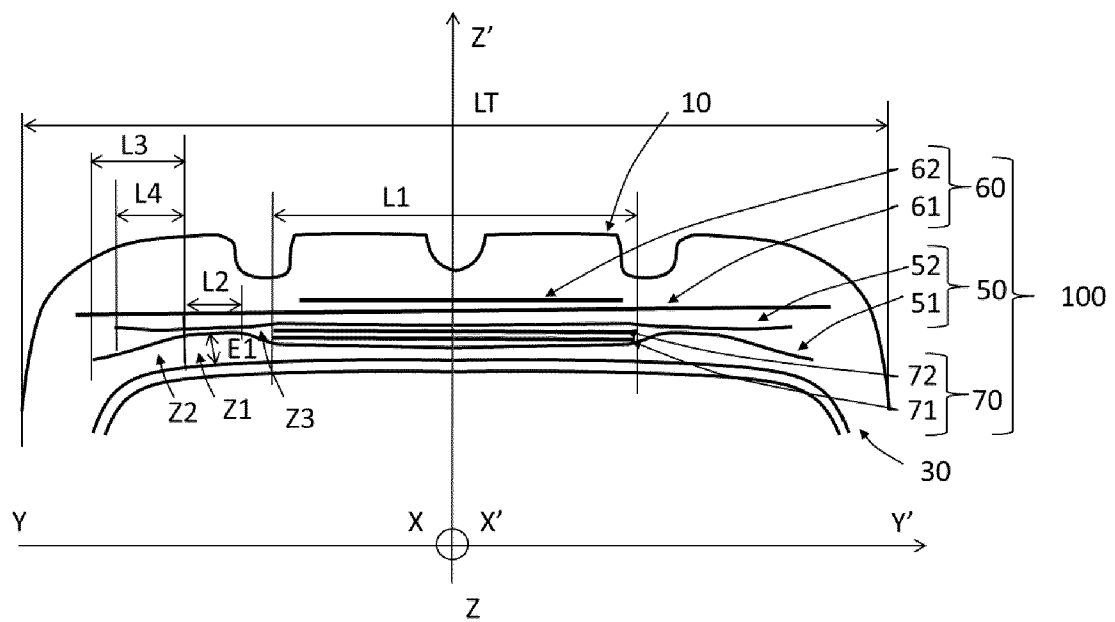


Figure 2

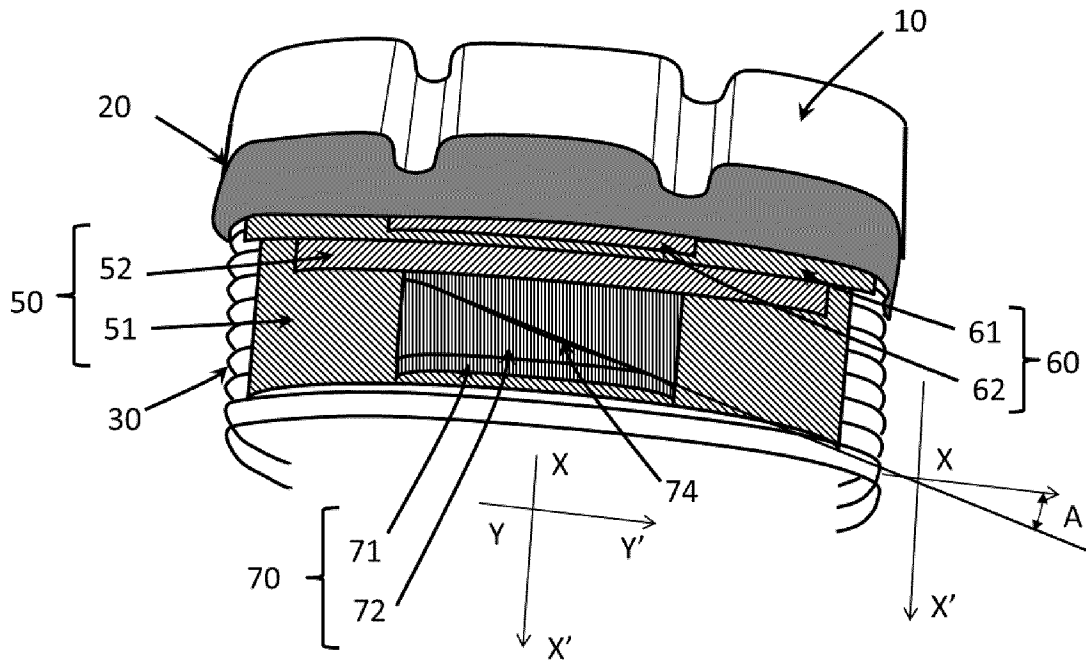


Figure 3

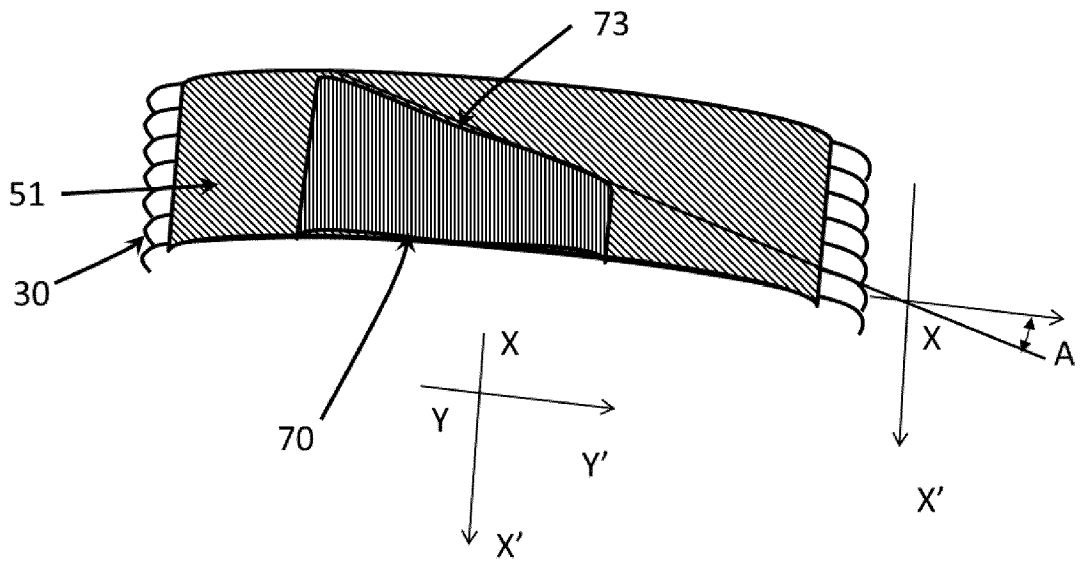


Figure 4

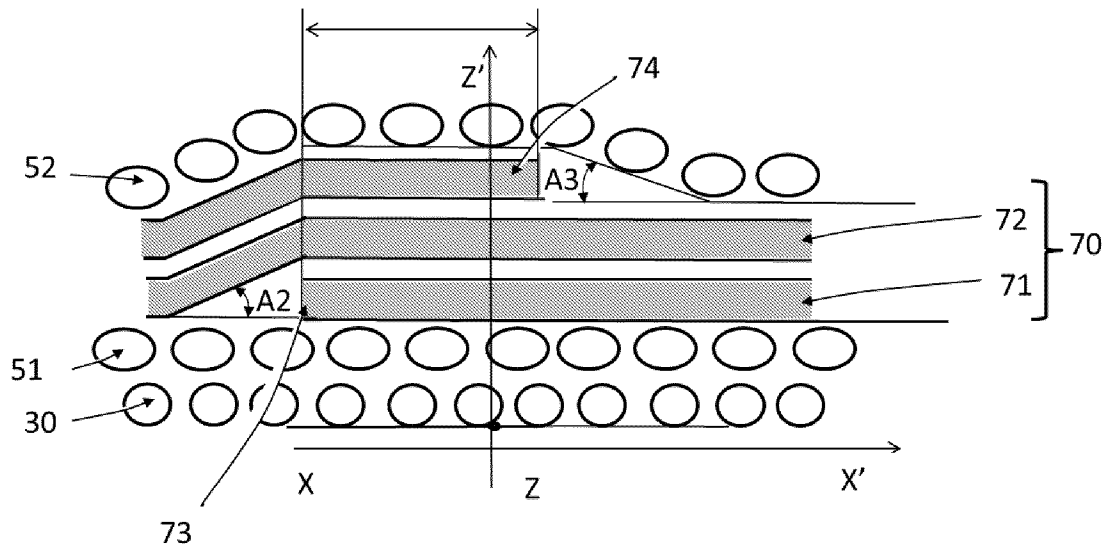


Figure 5

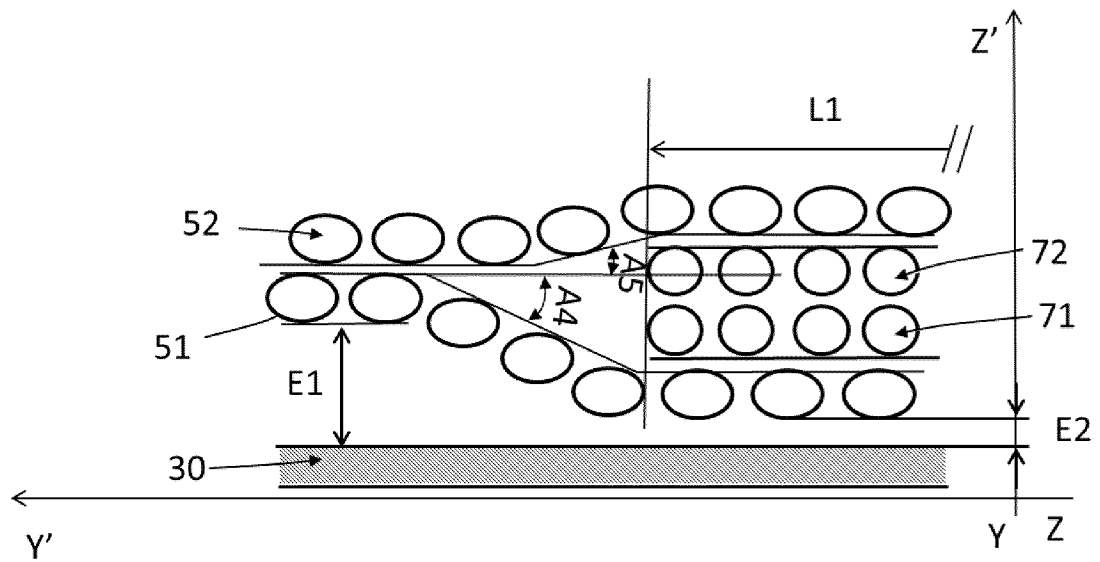


Figure 6

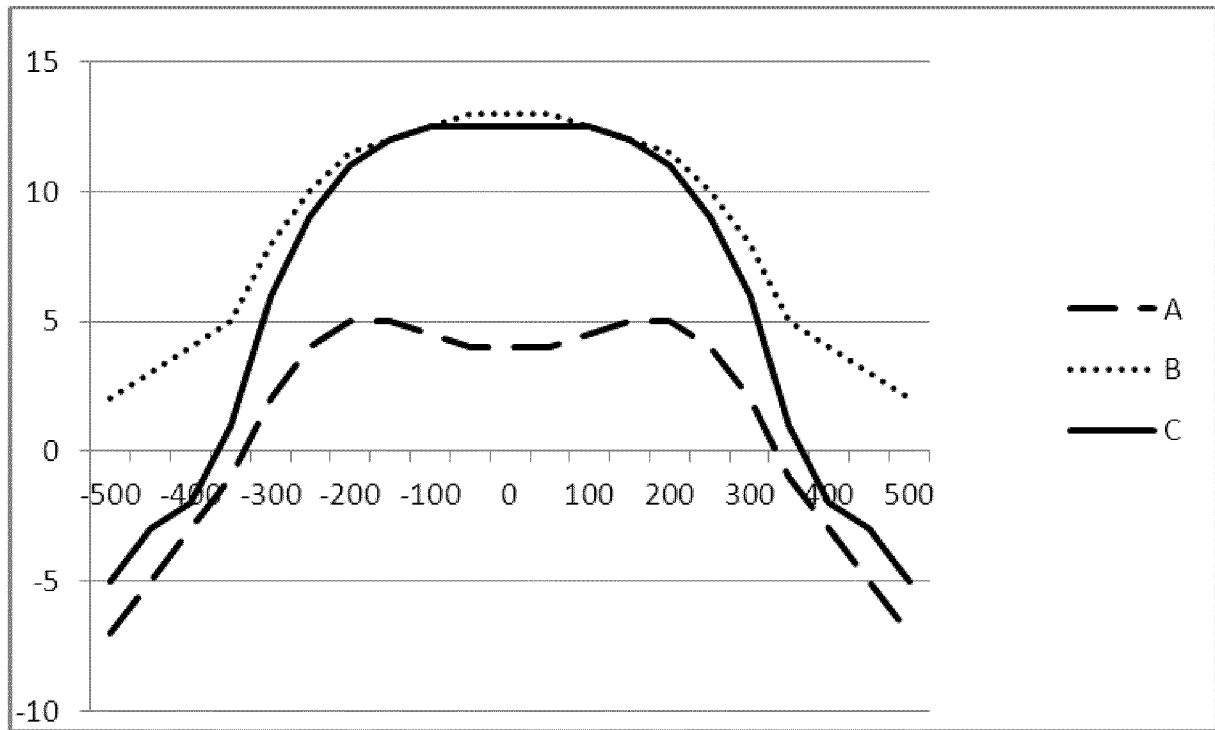


Figure 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/054665

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C9/20 B60C9/22
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.
X	US 2006/169383 A1 (RADULESCU ROBERT [US] ET AL) 3 August 2006 (2006-08-03) page 10, lines 20-25; claims 10,12; figure 2	1-17
X	FR 2 921 015 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 20 March 2009 (2009-03-20) paragraphs [0065], [0066]; claims; figures 1-3	1-17
Y	FR 2 770 458 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 7 May 1999 (1999-05-07) page 8, paragraph 2 - page 13, last paragraph; claims; figure 1	1,7-10, 16,17
A		2-6,11, 14,15
	-/--	

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 23 May 2016	Date of mailing of the international search report 02/06/2016
---	---

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 Peschel, Wolfgang
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/054665

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006 240458 A (BRIDGESTONE CORP) 14 September 2006 (2006-09-14) abstract; figures -----	1,7-10, 16,17
A	US 5 772 810 A (CLUZEL GUY [FR]) 30 June 1998 (1998-06-30) column 3, lines 22-30; figure 2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/054665

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2006169383	A1	03-08-2006	AT 378196 T	15-11-2007
			BR PI0412711 A	26-09-2006
			CN 1826237 A	30-08-2006
			DE 602004010133 T2	11-09-2008
			EP 1648717 A1	26-04-2006
			FR 2857620 A1	21-01-2005
			JP 4663638 B2	06-04-2011
			JP 2006528102 A	14-12-2006
			RU 2337014 C2	27-10-2008
			US 2006169383 A1	03-08-2006
			WO 2005016666 A1	24-02-2005
FR 2921015	A1	20-03-2009	AT 494161 T	15-01-2011
			BR PI0816857 A2	17-03-2015
			CN 101801683 A	11-08-2010
			EA 201070360 A1	29-10-2010
			EP 2200846 A1	30-06-2010
			ES 2359289 T3	20-05-2011
			FR 2921015 A1	20-03-2009
			JP 5186567 B2	17-04-2013
			JP 2010538895 A	16-12-2010
			US 2010294413 A1	25-11-2010
			WO 2009033977 A1	19-03-2009
FR 2770458	A1	07-05-1999	BR 9813963 A	26-09-2000
			CA 2308037 A1	20-05-1999
			CN 1278215 A	27-12-2000
			DE 69803599 D1	14-03-2002
			DE 69803599 T2	19-09-2002
			EP 1028858 A1	23-08-2000
			ES 2172236 T3	16-09-2002
			FR 2770458 A1	07-05-1999
			JP 4354114 B2	28-10-2009
			JP 2001522748 A	20-11-2001
			RU 2205107 C2	27-05-2003
			US 6401778 B1	11-06-2002
			WO 9924269 A1	20-05-1999
JP 2006240458	A	14-09-2006	JP 4592010 B2	01-12-2010
			JP 2006240458 A	14-09-2006
US 5772810	A	30-06-1998	AT 182291 T	15-08-1999
			AU 689703 B2	02-04-1998
			AU 4785296 A	04-09-1996
			BR 9605118 A	07-10-1997
			CA 2187234 A1	22-08-1996
			DE 69603336 D1	26-08-1999
			DE 69603336 T2	18-11-1999
			EP 0771275 A1	07-05-1997
			ES 2134592 T3	01-10-1999
			FR 2730456 A1	14-08-1996
			JP 3841433 B2	01-11-2006
			JP H09512226 A	09-12-1997
			US 5772810 A	30-06-1998
			WO 9625297 A1	22-08-1996

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/054665

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60C9/20 B60C9/22 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
X	US 2006/169383 A1 (RADULESCU ROBERT [US] ET AL) 3 août 2006 (2006-08-03) page 10, lignes 20-25; revendications 10,12; figure 2 -----	1-17
X	FR 2 921 015 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 20 mars 2009 (2009-03-20) alinéas [0065], [0066]; revendications; figures 1-3 -----	1-17
Y	FR 2 770 458 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 7 mai 1999 (1999-05-07)	1,7-10, 16,17
A	page 8, alinéa 2 - page 13, dernier alinéa; revendications; figure 1 ----- -/--	2-6,11, 14,15
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 23 mai 2016	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 02/06/2016	
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 Peschel, Wolfgang	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP 2006 240458 A (BRIDGESTONE CORP) 14 septembre 2006 (2006-09-14) abrégé; figures -----	1,7-10, 16,17
A	US 5 772 810 A (CLUZEL GUY [FR]) 30 juin 1998 (1998-06-30) colonne 3, lignes 22-30; figure 2 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/054665

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication			
US 2006169383	A1	03-08-2006	AT 378196 T	15-11-2007			
			BR PI0412711 A	26-09-2006			
			CN 1826237 A	30-08-2006			
			DE 602004010133 T2	11-09-2008			
			EP 1648717 A1	26-04-2006			
			FR 2857620 A1	21-01-2005			
			JP 4663638 B2	06-04-2011			
			JP 2006528102 A	14-12-2006			
			RU 2337014 C2	27-10-2008			
			US 2006169383 A1	03-08-2006			
			WO 2005016666 A1	24-02-2005			

FR 2921015	A1	20-03-2009	AT 494161 T	15-01-2011			
			BR PI0816857 A2	17-03-2015			
			CN 101801683 A	11-08-2010			
			EA 201070360 A1	29-10-2010			
			EP 2200846 A1	30-06-2010			
			ES 2359289 T3	20-05-2011			
			FR 2921015 A1	20-03-2009			
			JP 5186567 B2	17-04-2013			
			JP 2010538895 A	16-12-2010			
			US 2010294413 A1	25-11-2010			
			WO 2009033977 A1	19-03-2009			

FR 2770458	A1	07-05-1999	BR 9813963 A	26-09-2000			
			CA 2308037 A1	20-05-1999			
			CN 1278215 A	27-12-2000			
			DE 69803599 D1	14-03-2002			
			DE 69803599 T2	19-09-2002			
			EP 1028858 A1	23-08-2000			
			ES 2172236 T3	16-09-2002			
			FR 2770458 A1	07-05-1999			
			JP 4354114 B2	28-10-2009			
			JP 2001522748 A	20-11-2001			
			RU 2205107 C2	27-05-2003			
			US 6401778 B1	11-06-2002			
			WO 9924269 A1	20-05-1999			

JP 2006240458	A	14-09-2006	JP 4592010 B2	01-12-2010			
			JP 2006240458 A	14-09-2006			

US 5772810	A	30-06-1998	AT 182291 T	15-08-1999			
			AU 689703 B2	02-04-1998			
			AU 4785296 A	04-09-1996			
			BR 9605118 A	07-10-1997			
			CA 2187234 A1	22-08-1996			
			DE 69603336 D1	26-08-1999			
			DE 69603336 T2	18-11-1999			
			EP 0771275 A1	07-05-1997			
			ES 2134592 T3	01-10-1999			
			FR 2730456 A1	14-08-1996			
			JP 3841433 B2	01-11-2006			
			JP H09512226 A	09-12-1997			
			US 5772810 A	30-06-1998			
			WO 9625297 A1	22-08-1996			
