

(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 2016/184755 A1

(43) Date de la publication internationale
24 novembre 2016 (24.11.2016)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
B60C 9/20 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/060595
- (22) Date de dépôt international :
11 mai 2016 (11.05.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1554393 18 mai 2015 (18.05.2015) 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) Inventeurs : NAVARRO-LOSADA, Claudia; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). LARDJANE, Aurore; MANUFAC-

TURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). PARMENTIER, Jean-François; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). MARTIN, Vincent; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). SALGUES, Nathalie; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : LE CAM, Stéphane; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/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, 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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TYRE COMPRISING WORKING LAYERS FORMED BY INDIVIDUAL WIRES

(54) Titre : PNEUMATIQUE COMPORTANT DES COUCHES DE TRAVAIL CONSTITUEES DE FILS UNITAIRES

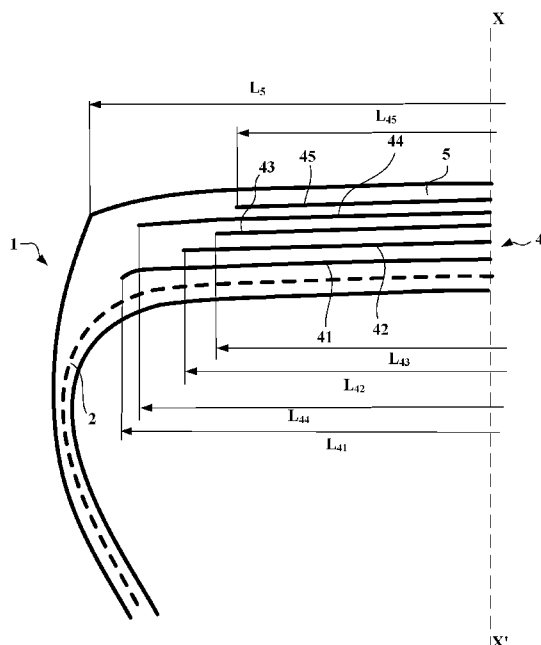


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a tyre comprising a crown ply formed by at least three working crown layers of reinforcing elements. According to the invention, in a meridian plane, the thickness of the layers, measured in the equatorial plane, is less than 5 mm; the reinforcing elements are individual metal wires having a diameter of less than 0.50 mm; the distance between the reinforcing elements, measured along the normal to the direction of the centre line of the wire, is strictly less than 1 mm; the axial width of each of the layers is greater than 60% of the axial width of the tread; the tensile modulus of elasticity at 10% elongation of at least one skim coat of at least one working crown layer is less than 8.5 MPa; and the maximum $\tan(\delta)$ value, denoted $\tan(\delta)_{\max}$, of the skim coat is less than 0.100.

(57) Abrégé : Pneumatique comprenant une armature de sommet formée d'au moins trois couches de sommet de travail d'éléments de renforcement. Dans un plan méridien, l'épaisseur desdites couches mesurée dans le plan équatorial est < 5 mm, les éléments de renforcements étant des fils métalliques unitaires de diamètre < 0.50 mm, la distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du fil, étant strictement < 1 mm et la largeur axiale de chacune desdites couches étant $> 60\%$ de la largeur axiale de la bande de roulement, le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement d'au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail étant < 8.5 MPa et la valeur maximale de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, de ladite couche de calandrage étant < 0.100 .

WO 2016/184755 A1



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.

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).

(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,

Publiée :

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

PNEUMATIQUE COMPORTANT DES COUCHES DE TRAVAIL CONSTITUEES
DE FILS UNITAIRES

[0001] La présente invention concerne un pneumatique, à armature de carcasse radiale et plus particulièrement un pneumatique destiné à équiper des véhicules portant de lourdes charges, tels que, par exemple les camions, tracteurs, remorques ou bus routiers.

[0002] D'une manière générale dans les pneumatiques de type poids-lourds, l'armature de carcasse est ancrée de part et d'autre dans la zone du bourrelet et est surmontée radialement par une armature de sommet constituée d'au moins deux couches, superposées et formées de fils 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°. Lesdites couches de travail, formant l'armature de travail, peuvent encore être recouvertes d'au moins une couche dite de protection et formée d'éléments de renforcement avantageusement métalliques et extensibles, dits élastiques. Elle peut également comprendre une couche de fils ou câbles métalliques à faible extensibilité faisant avec la direction circonférentielle un angle compris entre 45° et 90°, cette nappe, dite de triangulation, étant radialement située entre l'armature de carcasse et la première nappe de sommet dite de travail, formées de fils ou câbles parallèles présentant des angles au plus égaux à 45° en valeur absolue. La nappe de triangulation forme avec au moins ladite nappe de travail une armature triangulée, qui présente, sous les différentes contraintes qu'elle subit, peu de déformations, la nappe de triangulation ayant pour rôle essentiel de reprendre les efforts de compression transversale dont est l'objet l'ensemble des éléments de renforcement dans la zone du sommet du pneumatique.

[0003] Des câbles sont dits inextensibles lorsque lesdits câbles présentent sous une force de traction égale à 10% de la force de rupture un allongement relatif au plus égal à 0,2%.

[0004] Des câbles sont dits élastiques lorsque lesdits câbles présentent sous une force de traction égale à la charge de rupture un allongement relatif au moins égal à 3% avec un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

- 2 -

[0005] Des éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement qui font avec la direction circonférentielle des angles compris dans l'intervalle $+ 2,5^\circ, - 2,5^\circ$ autour de 0° .

5 [0006] La direction circonférentielle du pneumatique, ou direction longitudinale, est la direction correspondant à la périphérie du pneumatique et définie par la direction de roulement du pneumatique.

[0007] La direction transversale ou axiale du pneumatique est parallèle à l'axe de rotation du pneumatique.

10 [0008] La direction radiale est une direction coupant l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire à celui-ci.

[0009] L'axe de rotation du pneumatique est l'axe autour duquel il tourne en utilisation normale.

[0010] Un plan radial ou méridien est un plan qui contient l'axe de rotation du pneumatique.

15 [0011] Le plan médian circonférentiel, ou plan équatorial, est un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneu et qui divise le pneumatique en deux moitiés.

20 [0012] En ce qui concerne les fils ou câbles métalliques, les mesures de force à la rupture (charge maximale en N), de résistance à la rupture (en MPa) et d'allongement à la rupture (allongement total en %) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892 de 1984.

[0013] En ce qui concerne les compositions de caoutchouc, les mesures de module sont effectuées en traction selon la norme AFNOR-NFT-46002 de septembre 1988 : on mesure en seconde élongation (i.e., après un cycle d'accommodation) le module sécant nominal (ou contrainte apparente, en MPa) à 10% d'allongement (conditions normales de température et
25 d'hygrométrie selon la norme AFNOR-NFT-40101 de décembre 1979).

[0014] Certains pneumatiques actuels, dits "routiers", sont destinés à rouler à des vitesses moyennes élevées et sur des trajets de plus en plus longs, du fait de l'amélioration

- 3 -

du réseau routier et de la croissance du réseau autoroutier dans le monde. L'ensemble des conditions, sous lesquelles un tel pneumatique est appelé à rouler, permet sans aucun doute un accroissement du nombre de kilomètres parcourus, l'usure du pneumatique étant moindre. Cette augmentation de la durée de vie en termes kilométriques, conjuguée au fait
5 que de telles conditions d'usage sont susceptibles de se traduire, sous forte charge, par des températures sommet relativement élevées, nécessite une augmentation au moins proportionnelle du potentiel d'endurance de l'armature sommet des pneumatiques.

[0015] Il existe en effet des contraintes au niveau de l'armature de sommet et plus particulièrement des contraintes de cisaillement entre les couches de sommet qui, dans le cas
10 d'une trop forte élévation de la température de fonctionnement au niveau des extrémités de la couche de sommet axialement la plus courte, ont pour conséquence l'apparition et la propagation de fissures dans la gomme au niveau desdites extrémités. Le même problème existe dans le cas de bords de deux couches d'éléments de renforcement, ladite autre couche n'étant pas obligatoirement radialement adjacente à la première.

[0016] Dans le but d'améliorer l'endurance de l'armature sommet des pneumatiques, la
15 demande française FR 2 728 510 propose de disposer, d'une part entre l'armature de carcasse et la nappe de travail d'armature de sommet, radialement la plus proche de l'axe de rotation, une nappe axialement continue, formée de câbles métalliques inextensibles faisant avec la direction circonférentielle un angle au moins égal à 60° , et dont la largeur axiale est
20 au moins égale à la largeur axiale de la nappe de sommet de travail la plus courte, et d'autre part entre les deux nappes de sommet de travail une nappe additionnelle formée d'éléments métalliques, orientés sensiblement parallèlement à la direction circonférentielle.

[0017] En complément, la demande française WO 99/24269 propose notamment, de
part et d'autre du plan équatorial et dans le prolongement axial immédiat de la nappe
25 additionnelle d'éléments de renforcement sensiblement parallèles à la direction circonférentielle, de coupler, sur une certaine distance axiale, les deux nappes de sommet de travail formées d'éléments de renforcement croisés d'une nappe à la suivante pour ensuite les découpler par des profilés de mélange de caoutchouc au moins sur le restant de la largeur commune aux dites deux nappes de travail.

- 4 -

[0018] La couche d'éléments de renforcement circonférentiels est usuellement constituée par au moins un câble métallique enroulé pour former une spire dont l'angle de pose par rapport à la direction circonférentielle est inférieur à 8°. Les câbles initialement fabriqués sont enduits d'un mélange caoutchouteux avant d'être mis en place. Ce mélange caoutchouteux vient ensuite pénétrer le câble sous l'effet de la pression et de la température lors de la cuisson du pneumatique.

[0019] Les résultats ainsi obtenus en termes d'endurance et d'usure lors de roulages prolongés sur routes à grande vitesse sont le plus souvent satisfaisants. Toutefois, il apparaît que dans certaines conditions de roulage, certains pneumatiques présentent parfois une usure plus prononcée sur une partie de leur bande de roulement. Ce phénomène s'accroît lorsque la largeur de la bande de roulement augmente.

[0020] En outre, quelles que soient les solutions envisagées telles que présentées précédemment, la présence d'une couche d'éléments de renforcement supplémentaire conduit à une masse plus importante du pneumatique et à des coûts de fabrication des pneumatiques plus importants.

[0021] Le document WO 10/069676 propose une couche d'éléments de renforcement circonférentiels répartis selon un pas variable. Selon les pas choisis, plus espacés dans les parties centrale et intermédiaires de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels, il est possible de réaliser des pneumatiques dont les performances en termes d'endurance sont satisfaisantes avec des performances en termes d'usure améliorées. En outre, par rapport à un pneumatique comportant une couche d'éléments de renforcement circonférentiels répartis selon un pas constant, il est possible de diminuer la masse et le coût de tels pneumatiques bien qu'il soit nécessaire de combler l'absence d'éléments de renforcement par des masses polymériques.

[0022] Un but de l'invention est de fournir des pneumatiques pour véhicules "Poids-Lourds", dont les performances d'endurance et d'usure sont conservées, voire améliorées, pour des usages routiers quelles que soient les conditions d'usage, dont la masse est encore réduite par rapport à celle des pneumatiques tels que décrits précédemment et dont les performances en termes de résistance au roulement sont améliorées pour contribuer à une moindre consommation de carburant par les véhicules équipés de tels pneumatiques.

- 5 -

[0023] Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique à armature de carcasse radiale pour véhicule de type poids lourd comprenant une armature de sommet comportant au moins trois couches de sommet de travail, chacune formée d'éléments de renforcement insérés entre deux couches de calandrage de mélange caoutchouteux, croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45° , elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, dans un plan méridien, l'épaisseur desdites au moins trois couches de sommet de travail mesurée dans le plan équatorial étant inférieure à 5 mm, les éléments de renforcements desdites au moins trois couches de sommet de travail étant des fils métalliques unitaires de diamètre inférieur à 0.50 mm, la distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du fil, étant strictement inférieure à 1 mm, la largeur axiale de chacune desdites au moins trois couches de sommet de travail étant supérieure à 60 % de la largeur axiale de la bande de roulement, le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement d'au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est inférieure à 8.5 MPa et la valeur maximale de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, de ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est inférieure à 0.100.

[0024] De préférence, selon l'invention, dans un plan méridien, l'épaisseur desdites au moins trois couches de sommet de travail mesurée dans le plan équatorial est inférieure à 3.5 mm.

[0025] De préférence également selon l'invention, la distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du fil, est inférieure à 0.5 mm.

[0026] De préférence encore selon l'invention, la largeur axiale de chacune desdites au moins trois couches de sommet de travail est supérieure à 80 et de préférence inférieure à 95 % de la largeur axiale de la bande de roulement.

[0027] Les largeurs axiales des couches d'éléments de renforcement sont mesurées sur une coupe transversale d'un pneumatique, le pneumatique étant donc dans un état non gonflé.

[0028] La largeur axiale de la bande de roulement est mesurée entre deux extrémités d'épaulement lorsque le pneumatique est monté sur sa jante de service et gonflé à sa pression nominale.

[0029] Une extrémité d'épaulement est définie, dans la zone de l'épaule du pneumatique, par la projection orthogonale sur la surface extérieure du pneumatique de l'intersection des tangentes aux surfaces d'une extrémité axialement extérieure de la bande de roulement (sommet des sculptures) d'une part et de l'extrémité radialement extérieure d'un flanc d'autre part.

[0030] Le facteur de perte $\tan(\delta)$ est une propriété dynamique de la couche de mélange caoutchouteux. Il est mesuré sur un viscoanalyseur, connu sous le nom commercial « Metravib VA4000 », selon la norme ASTM D 5992-96. On enregistre la réponse d'un échantillon de composition vulcanisée (éprouvette cylindrique de 2 mm d'épaisseur et de 78 mm² de section), soumis à une sollicitation sinusoïdale en cisaillement simple alterné, à la fréquence de 10Hz, à une température de 100°C. On effectue un balayage en amplitude de déformation de 0,1 à 50% (cycle aller), puis de 50% à 1% (cycle retour). Pour le cycle retour, on indique la valeur maximale de $\tan(\delta)$ observée, noté $\tan(\delta)_{\max}$.

[0031] La résistance au roulement est la résistance qui apparaît lorsque le pneumatique roule. Elle est représentée par les pertes hystérétiques liées à la déformation du pneumatique durant une révolution. Les valeurs de fréquence liées à la révolution du pneumatique correspondent à des valeurs de $\tan(\delta)$ mesurée entre 30 et 100°C. La valeur de $\tan(\delta)$ à 100 °C correspond ainsi à un indicateur de la résistance au roulement du pneumatique en roulage.

[0032] Il est encore possible d'estimer la résistance au roulement par la mesure des pertes d'énergie par rebond des échantillons à énergie imposée à des températures de 60 °C et exprimées en pourcentage.

[0033] Avantagusement selon l'invention, la perte à 60 °C, notée P60, de ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est inférieure à 20 %.

[0034] Habituellement, les modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des calandrages des couches de sommet sont supérieurs à 8.5 MPa et le plus souvent supérieurs à 10 MPa. De tels modules d'élasticité sont notamment requis pour permettre de limiter les mises en compression des éléments de renforcement des couches de sommet de travail
5 notamment lorsque le véhicule suit un parcours sinueux, lors de manœuvres sur les parkings ou bien lors du passage de ronds-points. En effet, les cisaillements selon la direction axiale qui s'opèrent sur la bande de roulement dans la zone de la surface de contact avec le sol conduisent à la mise en compression des éléments de renforcement d'une couche de sommet de travail.

10 [0035] De préférence selon l'invention, l'armature de sommet comporte quatre couches de sommet de travail d'éléments de renforcement, l'épaisseur desdites quatre couches de sommet de travail mesurée dans le plan équatorial étant inférieure à 5 mm.

[0036] De préférence encore selon l'invention, les modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des deux couches de calandrage de chacune des quatre couches de
15 sommet de travail sont inférieurs à 8.5 MPa et les valeurs maximales de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, desdites deux couches de calandrage de chacune des quatre couches de sommet de travail sont inférieures à 0.100.

[0037] Les résultats obtenus avec des pneumatiques conformes à l'invention ont effectivement mis en évidence qu'à performances au moins équivalentes en termes
20 d'endurance et d'usure, les pneumatiques selon l'invention présentent une masse inférieure et donc des coûts de fabrication réduits.

[0038] Les inventeurs ont su mettre en évidence que cet allègement du pneumatique est liée à une diminution de l'épaisseur de l'armature de sommet du fait de la réduction du diamètre des éléments de renforcement des couches de travail. Cette diminution du diamètre
25 des éléments de renforcement s'associe à des épaisseurs de mélange polymérique réduites par rapport à celles des pneumatiques usuels et ainsi une épaisseur globale de l'armature sommet inférieure à celle des pneumatiques usuels malgré la présence de quatre couches de sommet de travail.

[0039] Les inventeurs ont notamment su mettre en évidence qu'il était possible de réduire les distances entre les éléments de renforcement au sein d'une même couche de sommet de travail par rapport à des conceptions plus usuelles sans nuire aux propriétés d'endurance du pneumatique. Il est en effet usuel de maintenir une distance minimum entre les éléments de renforcement d'une même couche de travail pour limiter les phénomènes de propagation de fissures d'un élément à l'autre.

[0040] Les inventeurs pensent que la présence d'au moins trois couches de travail diminue les risques d'apparition de fissures au niveau des extrémités des couches de travail du fait de la répartition des contraintes entre les différentes paires de couches de travail soumises à des effets de clivage. Cette diminution de l'amorce de fissure conduit ainsi à la possibilité de réduire les distances entre les éléments de renforcement.

[0041] Cette diminution des distances entre les éléments de renforcement d'une même couche de travail contribue à la diminution du volume de mélange polymérique et donc favorise la diminution de la masse du pneumatique.

[0042] Par ailleurs, la distance entre les éléments de renforcement, définie selon l'invention, associée au nombre de couches de sommet de travail permettent de conserver des propriétés de rigidité circonférentielle semblables à celles d'un pneumatique de conception plus usuelle.

[0043] Au niveau des épaules du pneumatique, la rigidité circonférentielle conférée par l'armature de sommet est même supérieure à celle obtenue avec des pneumatiques usuels. Les inventeurs pensent qu'encore une fois la présence d'au moins trois couches de travail, conduisant à une répartition des contraintes entre les différentes paires de couches de travail soumises à des effets de clivage et donc à une diminution des contraintes entre chaque paire de couches de travail, permet de limiter les déplacements relatifs de deux couches de travail formant une paire adjacente et ainsi assure un couplage efficient au plus près des extrémités desdites couches de travail.

[0044] Les inventeurs ont su mettre en évidence que la présence d'au moins trois couches de travail autorise des choix de modules d'élasticité des mélanges caoutchouteux des couches de calandrage des couches de sommet de travail plus faibles sans nuire aux

propriétés d'endurance du pneumatique du fait des mises en compression des éléments de renforcement desdites couches de sommet de travail telles que décrites précédemment.

[0045] Les inventeurs ont encore su mettre en évidence que la cohésion de ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail, lorsqu'elle présente un module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement inférieur à 8.5 MPa, reste satisfaisante.

[0046] Au sens de l'invention, un mélange caoutchouteux cohésif est un mélange caoutchouteux notamment robuste à la fissuration. La cohésion d'un mélange est ainsi évaluée par un test de fissuration en fatigue réalisé sur une éprouvette « PS » (pure shear). Il consiste à déterminer, après entaillage de l'éprouvette, la vitesse de propagation de fissure « V_p » (nm/cycle) en fonction du taux de restitution d'énergie « E » (J/m²). Le domaine expérimental couvert par la mesure est compris dans la plage -20°C et +150°C en température, avec une atmosphère d'air ou d'azote. La sollicitation de l'éprouvette est un déplacement dynamique imposé d'amplitude comprise entre 0.1mm et 10mm sous forme de sollicitation de type impulsif (signal « haversine » tangent) avec un temps de repos égal à la durée de l'impulsion ; la fréquence du signal est de l'ordre de 10Hz en moyenne.

[0047] La mesure comprend 3 parties :

- Une accommodation de l'éprouvette « PS », de 1000 cycles à 27% de déformation.
- une caractérisation énergétique pour déterminer la loi « E » = f (déformation). Le taux de restitution d'énergie « E » est égal à $W_0 \cdot h_0$, avec W_0 = énergie fournie au matériau par cycle et par unité de volume et h_0 = hauteur initiale de l'éprouvette. L'exploitation des acquisitions « force / déplacement » donne ainsi la relation entre « E » et l'amplitude de la sollicitation.
- La mesure de fissuration, après entaillage de l'éprouvette « PS ». Les informations recueillies conduisent à déterminer la vitesse de propagation de la fissure « V_p » en fonction du niveau de sollicitation imposé « E ».

[0048] Les inventeurs ont notamment mis en évidence que la présence d'au moins trois couches de travail contribue à une moindre évolution de la cohésion de ladite au moins une

couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail. En effet, les conceptions de pneumatiques plus usuelles comportant notamment des couches de calandrage des couches de sommet de travail avec des modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement supérieurs à 8.5 MPa, conduisent à une évolution de la cohésion desdites couches de calandrage des couches de sommet de travail, celle-ci tendant à s'affaiblir. Les inventeurs constatent que la présence d'au moins trois couches de travail limite d'une part les mises en compression des éléments de renforcement des couches de sommet de travail notamment lorsque le véhicule suit un parcours sinueux. Et d'autre part, la présence d'au moins trois couches de travail qui limite les déplacements entre les extrémités des couches de sommet de travail associée à une valeur maximale de $\tan(\delta)$ d'au moins une couche de calandrage inférieure à 0.100 conduit à une faible évolution de la cohésion de ladite au moins une couche de calandrage du fait d'une limitation des augmentations de température. Les inventeurs considèrent ainsi que la cohésion d'au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail, plus faible que ce qui existe dans les conceptions de pneumatiques plus usuelles, est satisfaisante dans la conception du pneumatique selon l'invention.

[0049] Les inventeurs constatent encore que lorsque les deux couches de calandrage des quatre couches de sommet de travail présentent un module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement inférieur à 8.5 MPa et une valeur maximale de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, inférieure à 0.100, les performances en termes de résistance au roulement sont améliorées en conservant des propriétés d'endurance et d'usure satisfaisantes.

[0050] Les inventeurs ont encore mis en évidence que la rigidité circonférentielle plus importante aux épaules permet d'améliorer les propriétés du pneumatique en termes d'usure. En effet, l'apparition d'inhomogénéités d'usure entre le centre et le bord de la bande de roulement apparaissant dans certaines conditions de roulage est diminuée par rapport à ce que l'on peut observer sur des conceptions plus usuelles. La diminution des diamètres des éléments de renforcement des couches de travail permet encore de diminuer la sensibilité du pneumatique aux agressions de la bande de roulement, l'architecture sommet étant selon l'invention globalement plus souple qu'avec des pneumatiques plus usuels.

[0051] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est un mélange élastomérique à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés et d'une charge renforçante constituée :

- a) soit par du noir de carbone de surface spécifique BET supérieure à 60 m²/g,
 - i. employé à un taux compris entre 20 et 40 pce lorsque l'indice de structure du noir (COAN) est supérieur à 85,
 - ii. employé à un taux compris entre 20 et 60 pce lorsque l'indice de structure du noir (COAN) est inférieur à 85,
- b) soit par du noir de carbone de surface spécifique BET inférieure à 60 m²/g, quelle que soit son indice de structure, employé à un taux compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 30 et 50 pce,
- c) soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminés ou les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g employée à un taux compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 30 et 50 pce,
- d) soit par un coupage de noir de carbone décrit en (a) et/ou de noir de carbone décrit en (b) et/ou une charge blanche décrite en (c), dans lequel le taux global de charge est compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce.

[0052] La mesure de surface spécifique BET est effectuée selon la méthode de BRUNAUER, EMMET et TELLER décrite dans "The Journal of the American Chemical Society", vol. 60, page 309, février 1938, correspondant à la norme NFT 45007 de novembre 1987.

- 12 -

[0053] L'indice de structure du noir COAN (Compressed Oil Absorption Number) est mesuré selon la norme ASTM D3493.

[0054] Dans le cas d'utilisation de charge claire ou charge blanche, il est nécessaire d'utiliser un agent de couplage et/ou de recouvrement choisi parmi les agents connus de l'homme de l'art. Comme exemples d'agents de couplage préférentiel, on peut citer les alcoxysilanes sulfurés du type polysulfure de bis-(3-trialcoxysilylpropyle), et parmi ceux-ci notamment le tétrasulfure de bis-(3-triéthoxysilylpropyle) commercialisé par la Société DEGUSSA sous les dénominations Si69 pour le produit liquide pur et X50S pour le produit solide (coupage 50/50 en poids avec du noir N330). Comme exemples d'agents de recouvrement on peut citer un alcool gras, un alkylalcoxysilane tel qu'un hexadécyltriméthoxy ou triéthoxysilane respectivement commercialisés par la Société DEGUSSA sous les dénominations Si116 et Si216, la diphénylguanidine, un polyéthylène glycol, une huile silicone éventuellement modifié au moyen des fonctions OH ou alcoxy. L'agent de recouvrement et/ou de couplage est utilisé dans un rapport pondéral par rapport à la charge \geq à 1/100 et \leq à 20/100, et préférentiellement compris entre 2/100 et 15/100 lorsque la charge claire représente la totalité de la charge renforçante et compris entre 1/100 et 20/100 lorsque la charge renforçante est constituée par un coupage de noir de carbone et de charge claire.

[0055] Comme autres exemples de charges renforçantes ayant la morphologie et les fonctions de surface SiOH et/ou AlOH des matières de type silice et/ou alumine précédemment décrites et pouvant être utilisées selon l'invention en remplacement partiel ou total de celles-ci, on peut citer les noirs de carbone modifiés soit au cours de la synthèse par addition à l'huile d'alimentation du four d'un composé du silicium et/ou d'aluminium soit après la synthèse en ajoutant, à une suspension aqueuse de noir de carbone dans une solution de silicate et/ou d'aluminate de sodium, un acide de façon à recouvrir au moins partiellement la surface du noir de carbone de fonctions SiOH et/ou AlOH. Comme exemples non limitatifs de ce type de charges carbonées avec en surface des fonctions SiOH et/ou AlOH, on peut citer les charges type CSDP décrites dans la Conférence N° 24 du Meeting ACS, Rubber Division, Anaheim, Californie, 6-9 mai 1997 ainsi que celles de la demande de brevet EP-A-0 799 854.

[0056] Lorsqu'une charge claire est utilisée comme seule charge renforçante, les propriétés d'hystérèse et de cohésion sont obtenues en utilisant une silice précipitée ou pyrogénée, ou bien une alumine précipitée ou bien encore un aluminosilicate de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g. Comme exemples non limitatifs de ce type de charge, on peut citer les silices KS404 de la Société Akzo, Ultrasil VN2 ou VN3 et BV3370GR de la Société Degussa, Zeopol 8745 de la Société Huber, Zeosil 175MP ou Zeosil 1165MP de la société Rhodia, HI-SIL 2000 de la Société PPG etc...

[0057] Parmi les élastomères diéniques pouvant être utilisés en coupage avec le caoutchouc naturel ou un polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4, on peut citer un polybutadiène (BR) de préférence à majorité d'enchaînements cis-1,4, un copolymère styrène-butadiène (SBR) solution ou émulsion, un copolymère butadiène-isoprène (BIR) ou bien encore un terpolymère styrène-butadiène-isoprène (SBIR). Ces élastomères peuvent être des élastomères modifiés en cours de polymérisation ou après polymérisation au moyen d'agents de ramification comme un divinylbenzène ou d'agents d'étoilage tels que des carbonates, des halogénoétains, des halogénosiliciums ou bien encore au moyen d'agents de fonctionnalisation conduisant à un greffage sur la chaîne ou en bout de chaîne de fonctions oxygénées carbonyle, carboxyle ou bien d'une fonction amine comme par exemple par action de la diméthyl ou de la diéthylamino benzophénone. Dans le cas de coupages de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 avec un ou plusieurs des élastomères diéniques, mentionnés ci-dessus, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique est utilisé de préférence à un taux majoritaire et plus préférentiellement à un taux supérieur à 70 pce.

[0058] Selon ce mode de réalisation préféré de l'invention, un module d'élasticité plus faible s'accompagne généralement d'un module visqueux G'' plus faible, cette évolution s'avérant favorable à une réduction de la résistance au roulement du pneumatique.

[0059] Le pneumatique selon l'invention tel qu'il vient d'être décrit présente donc une résistance au roulement améliorée par rapport aux pneumatiques usuels tout en conservant des performances en termes d'endurance et d'usure comparables.

[0060] En outre, les modules d'élasticité plus faibles des couches de calandrage des couches de sommet de travail permettent encore d'assouplir le sommet du pneumatique et

ainsi de limiter les risques d'agressions du sommet et de corrosion des éléments de renforcement des couches d'armature de sommet lorsque par exemple des cailloux sont retenus dans les fonds de sculpture.

5 [0061] Avantageusement selon l'invention, pour obtenir des rigidités circonférentielles satisfaisantes, quelles que soient les conditions de roulage, le diamètre des fils métalliques unitaires des quatre couches de sommet de travail est supérieur ou égal à 0.25 mm.

[0062] Avantageusement selon l'invention, la rigidité par unité de largeur de chacune des couches de sommet de travail est comprise entre 35 et 70 daN/mm.

10 [0063] La rigidité par unité de largeur d'une couche d'éléments de renforcement est déterminée à partir des mesures effectuées sur les éléments de renforcement et de la densité d'éléments de renforcement de la couche, elle-même définie par le nombre d'éléments de renforcement par unité de largeur.

15 [0064] La mesure de densité s'effectue en comptant visuellement le nombre de fils présents sur un échantillon de tissu non déformé d'une largeur de 10 cm. Le nombre de fils comptés est directement la valeur de densité du tissu en fils/dm.

20 [0065] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, notamment pour optimiser les gains en masse du pneumatique, une couche de sommet de travail d'éléments de renforcement comportant deux couches de calandrage entre lesquelles sont positionnés les éléments de renforcement, l'épaisseur de calandrage mesurée selon une direction radiale de part et d'autre d'un élément de renforcement est inférieure à 0.30 mm. Sur un pneumatique, la mesure de l'épaisseur de calandrage est obtenue en divisant par deux la distance entre les éléments de renforcement de deux couches d'éléments de renforcement au contact l'une de l'autre.

25 [0066] De préférence encore selon l'invention, l'angle moyen formé par les éléments de renforcement desdites au moins deux couches de travail avec la direction circonférentielle est inférieur à 30°. De telles valeurs d'angles permettent de limiter encore les déplacements relatifs de deux couches de travail du fait d'une plus grande rigidité circonférentielle.

[0067] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, une couche de mélange caoutchouteux est disposée entre au moins les extrémités de deux couches de sommet de travail.

5 [0068] La couche de mélange caoutchouteux permet d'obtenir un découplage desdites couches de sommet de travail afin de répartir les contraintes de cisaillement sur une plus grande épaisseur. Ces contraintes de cisaillement apparaissent notamment du fait de tensions circonférentielles lors du passage dans l'aire de contact.

10 [0069] Au sens de l'invention des couches couplées sont des couches dont les éléments de renforcement respectifs sont séparés radialement l'un de l'autre par la seule présence des couches de calandrage desdites couches. En d'autres termes, des couches couplées sont au contact l'une de l'autre.

15 [0070] La présence de cette couche de mélange caoutchouteux permet notamment de limiter les contraintes de cisaillement entre les extrémités des couches de sommet de travail, les rigidités circonférentielles desdites couches de sommet de travail étant nulles à leur extrémité.

20 [0071] Avantageusement encore selon l'invention, une couche de mélange caoutchouteux est disposée entre les extrémités de deux couches de sommet de travail adjacentes. En d'autres termes, selon cette réalisation avantageuse de l'invention et dans le cas de quatre couches de sommet de travail, trois couches de mélange caoutchouteux sont présentes entre les extrémités des quatre couches de sommet de travail.

[0072] Les couches de mélange caoutchouteux disposées entre les extrémités de deux couches de sommet de travail peuvent être identiques ou bien présenter des épaisseurs mesurées selon la direction radiale en extrémité de la couche la plus étroite variant d'une paire de couches de sommet de travail à l'autre.

25 [0073] Selon une première variante de réalisation de l'invention dans le cas de quatre couches de sommet de travail, les deux couches de sommet de travail radialement entre une couche de sommet de travail radialement la plus intérieure et une couche de sommet de travail radialement la plus extérieure sont axialement plus étroites que les deux couches de

sommet de travail radialement la plus intérieure et radialement la plus extérieure. La couche de sommet de travail radialement la plus intérieure est alors avantageusement la couche axialement la plus large. Cette première variante de réalisation favorise une moindre dissipation thermique au niveau de la zone de l'épaule du pneumatique.

5 [0074] Selon une deuxième variante de réalisation de l'invention dans le cas de quatre couches de sommet de travail, les deux couches de sommet de travail radialement la plus intérieure et radialement la plus extérieure sont axialement plus étroites que les deux couches de sommet de travail radialement entre la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure et la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure. Cette
10 deuxième variante de réalisation est particulièrement pertinente pour limiter les dégradations dues à des chocs trottoirs. Soit la couche de sommet de travail adjacente à la couche radialement la plus intérieure est la couche axialement la plus large ; une telle configuration permet d'éloigner les extrémités des couches de travail de la zone de l'impact. Soit la
15 couche de sommet de travail adjacente à la couche radialement la plus extérieure est la couche axialement la plus large ; une telle configuration permet alors d'éloigner les extrémités soumises à l'impact de l'armature de carcasse qui pourrait être impactée.

[0075] Selon d'autres variantes de réalisations de l'invention dans le cas de quatre couches de sommet de travail, une couche de sommet de travail radialement intérieure ou
20 extérieure aux autres couches de sommet de travail et une couche de sommet de travail radialement entre les couches de sommet de travail radialement intérieure et extérieure sont axialement plus larges que les deux autres couches de sommet de travail.

[0076] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'armature de sommet est complétée par une couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

[0077] La présence d'une couche d'éléments de renforcement circonférentiels est
25 contraire à l'allègement du pneumatique et décale alors le compromis de performances entre l'allègement et les propriétés d'endurance du pneumatique ; la couche d'éléments de renforcement circonférentiels peut permettre d'améliorer l'endurance du pneumatique pour des usages particulièrement sollicitant.

[0078] De préférence, au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels est radialement disposée entre deux couches de sommet de travail.

[0079] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des
5 éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 10 et 120 GPa et un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

[0080] Selon une réalisation préférée, le module sécant des éléments de renforcement à 0,7 % d'allongement est inférieur à 100 GPa et supérieur à 20 GPa, de préférence compris entre 30 et 90 GPa et de préférence encore inférieur à 80 GPa.

10 [0081] De préférence également, le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 130 GPa et de préférence encore inférieur à 120 GPa.

[0082] Les modules exprimés ci-dessus sont mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement, la contrainte de traction correspondant à la tension mesurée, avec une pré-tension de 5N, ramenée à la section de métal de l'élément de
15 renforcement.

[0083] Selon un mode de réalisation préféré, les éléments de renforcements d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement relatif ayant des faibles pentes pour les faibles allongements et une pente sensiblement constante et
20 forte pour les allongements supérieurs. De tels éléments de renforcement de la nappe additionnelle sont habituellement dénommés éléments "bi-module".

[0084] Selon une réalisation préférée de l'invention, la pente sensiblement constante et forte apparaît à partir d'un allongement relatif compris entre 0,4% et 0,7%.

[0085] Les différentes caractéristiques des éléments de renforcement énoncées ci-
25 dessus sont mesurées sur des éléments de renforcement prélevés sur des pneumatiques.

[0086] Des éléments de renforcement plus particulièrement adaptés à la réalisation d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels selon l'invention sont par

exemple des assemblages de construction $3x(0.26+6x0.23)$ 5.0/7.5 SS. Un tel câble présente un module sécant à 0,7 % égal à 45 GPa et un module tangent maximum égal à 100 GPa, mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement, la contrainte de traction correspondant à la tension mesurée, avec une pré-tension de 5N, ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, de 0.98 mm² dans le cas de l'exemple considéré.

[0087] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels peuvent être formés d'éléments métalliques et coupés de manière à former des tronçons de longueur très inférieure à la circonférence de la couche la moins longue, mais préférentiellement supérieure à 0,1 fois ladite circonférence, les coupures entre tronçons étant axialement décalées les unes par rapport aux autres. De préférence encore, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche additionnelle est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible. Un tel mode de réalisation permet de conférer, de manière simple, à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels un module pouvant facilement être ajusté (par le choix des intervalles entre tronçons d'une même rangée), mais dans tous les cas plus faible que le module de la couche constituée des mêmes éléments métalliques mais continus, le module de la couche additionnelle étant mesuré sur une couche vulcanisée d'éléments coupés, prélevée sur le pneumatique.

[0088] Selon un troisième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments métalliques ondulés, le rapport a/λ de l'amplitude d'ondulation sur la longueur d'onde étant au plus égale à 0,09. De préférence, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche additionnelle est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible.

[0089] Une réalisation préférée de l'invention prévoit encore que l'armature de sommet est complétée radialement à l'extérieur par au moins une couche supplémentaire, dite de protection, d'éléments de renforcement, orientés par rapport à la direction

circonférentielle avec un angle compris entre 10° et 45° et de même sens que l'angle formé par les éléments de la couche de travail qui lui est radialement adjacente.

5 [0090] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, correspondant à des conceptions usuelles des pneumatiques, les éléments de renforcement de la couche de protection sont des câbles élastiques.

[0091] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement de la couche de protection sont des fils métalliques unitaires de diamètre inférieur à 0.50 mm, la distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du fil, étant strictement inférieure à 1.5 mm.

10 [0092] 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 et 2 qui représentent :

- figure 1, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un mode de réalisation de l'invention,
- 15 - figure 2, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon l'art antérieur.

[0093] Les figures ne sont pas représentées à l'échelle pour en simplifier la compréhension. Les figures ne représentent qu'une demi-vue 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.

20 [0094] Sur les figures 1 et 2, les pneumatiques 1, 21, de dimension 385/55 R 22.5, ont un rapport de forme H/S égal à 0,55, H étant la hauteur du pneumatique 1 sur sa jante de montage et S sa largeur axiale maximale. Lesdits pneumatiques 1, 21 comprennent une armature de carcasse radiale 2, 22 ancrée dans deux bourrelets, non représentés sur les figures. L'armature de carcasse 2, 22 est formée d'une seule couche de câbles métalliques.
25 Ils comportent encore une bande de roulement 5, 25.

[0095] Sur la figure 1, l'armature de carcasse 2 est frettée conformément à l'invention par une armature de sommet 4, formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- 20 -

- d'une première couche de travail 41 formée de fils métalliques orientés d'un angle égal à 18° ,
- d'une deuxième couche de travail 42 formée de fils métalliques orientés d'un angle égal à -18° ,
- 5 - d'une troisième couche de travail 43 formée de fils métalliques orientés d'un angle égal à 18° ,
- d'une quatrième couche de travail 44 formée de fils métalliques orientés d'un angle égal à -18° ,
- d'une couche de protection 45 formées de câbles métalliques élastiques 6.35,
10 parallèles aux fils métalliques de la couche de travail 44.

[0096] Les fils métalliques constituant les éléments de renforcement des quatre couches de travail sont des fils de type UHT présentant un diamètre de 0.35 mm. Des fils de type SHT ou de grades supérieurs pourraient encore être utilisés. Ils sont répartis dans chacune des couches de travail avec une distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon
15 la normale à la direction de la ligne moyenne du fil égale à 0.35 mm.

[0097] La largeur axiale L_{241} de la première couche de travail 241 est égale à 300 mm.

[0098] La largeur axiale L_{242} de la deuxième couche de travail 242 est égale à 320 mm.

[0099] La largeur axiale L_{243} de la troisième couche de travail 243 est égale à 300 mm.

[00100] La largeur axiale L_{244} de la quatrième couche de travail 244 est égale à 280 mm.

20 [00101] La largeur axiale L_{245} de la couche de protection 245 est égale à 220 mm.

[00102] La largeur axiale de la bande de roulement L_{25} est égale à 312 mm.

[00103] L'épaisseur des quatre couches de sommet de travail mesurée dans le plan équatorial est égale à 3.3 mm et donc inférieure à 5 mm.

[00104] Les couches de calandrage des quatre couches de travail 41, 42, 43, 44 sont
25 constituées d'un mélange caoutchouteux conformément à l'invention dont le module

- 21 -

d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement est inférieur à 8.5 MPa et dont la valeur maximale de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, est inférieure à 0.100

[00105] Sur la figure 2, l'armature de carcasse 22 est frettée par une armature de sommet 24, formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- 5 - d'une première couche de triangulation 240 formée de câbles métalliques 9.35 non frettés orientés d'un angle égal à 50° ,
- d'une première couche de travail 241 formée de câbles métalliques 9.35 non frettés, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 18° ,
- d'une seconde couche de travail 242 formée de câbles métalliques 9.35 non frettés,
10 continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 18° et croisés avec les câbles métalliques de la couche 241,
- d'une couche de protection 243 formée de câbles métalliques élastiques 6.35.

[00106] Les câbles métalliques inextensibles 9.35 des couches de travail 241 et 242 sont répartis dans chacune des couches de travail avec une distance entre les éléments de
15 renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du fil égale à 1 mm.

[00107] La largeur axiale L_{240} de la couche de triangulation 240 est égale à 302 mm.

[00108] La largeur axiale L_{241} de la première couche de travail 241 est égale à 318 mm.

[00109] La largeur axiale L_{242} de la deuxième couche de travail 242 est égale à 296 mm.

20 [00110] La largeur axiale L_{243} de la couche de protection 243 est égale à 220 mm.

[00111] La largeur axiale de la bande de roulement L_5 est égale à 312 mm.

[00112] L'épaisseur des trois couches de sommet 240, 241, 242 mesurée dans le plan équatorial est égale à 6.5 mm.

[00113] La masse cumulée des quatre couches de travail 41, 42, 43 et 44, comprenant la
25 masse des fils métalliques et des mélanges de calandrage, se monte ainsi à 6.3 Kg. La masse

du pneumatique selon l'invention réalisé conformément à la représentation de la figure 1 est égale à 61 Kg.

[00114] La masse cumulée des couches de sommet 240, 241, 242 comprenant la masse des câbles métalliques et des mélanges de calandrage, se monte à 12.6 Kg. La masse du pneumatique réalisé conformément à la représentation de la figure 2 est égale à 67 Kg.

[00115] Des essais ont été réalisés avec chacun de ces pneumatiques, le pneumatique réalisé conformément à la figure 2 étant le pneumatique de référence.

[00116] Des premiers essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de test imposant à chacun des pneumatiques un roulage ligne droite à une vitesse égale à l'indice de vitesse maximum prescrit pour ledit pneumatique (speed index) sous une charge initiale de 4000 Kg progressivement augmentée pour réduire la durée du test.

[00117] D'autres essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de tests imposant de façon cyclique un effort transversal et une surcharge dynamique aux pneumatiques. Les essais ont été réalisés pour les pneumatiques selon l'invention avec des conditions identiques à celles appliquées aux pneumatiques de référence.

[00118] Les essais ainsi réalisés ont montré que les distances parcourues lors de chacun de ces tests sont sensiblement identiques pour les pneumatiques selon l'invention et les pneumatiques de référence. Il apparaît donc que les pneumatiques selon l'invention présentent des performances sensiblement équivalentes en termes d'endurance à celles des pneumatiques de référence.

[00119] D'autres tests ont été réalisés pour évaluer, en conditions réelles sur véhicules, les performances en usure des pneumatiques. Les conditions de roulage, notamment le circuit emprunté, sont déterminées pour être représentatives d'un type d'usage particulier, en la circonstance un usage de type autoroutier plus pénalisant vis-à-vis de l'usure irrégulière. A l'issue des roulages, on constate une meilleure régularité de l'usure des pneumatiques selon l'invention qui se traduit par un potentiel de durée de vie supplémentaire.

[00120] Par ailleurs, des mesures de résistance au roulement ont été effectuées.

[00121] Ces essais sont réalisés avec des pneumatiques selon l'invention en faisant varier les caractéristiques des mélanges des couches de calandrage des quatre couches de travail 41, 42, 43, 44, notamment leur module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement et la valeur $\tan(\delta)_{\max}$, conformément à l'invention.

5 [00122] Les différents mélanges utilisés sont listés ci-après, en exprimant pour chacun le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement ainsi que les valeurs $\tan(\delta)_{\max}$ et P60.

	Mélange R1	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3	Mélange 4	Mélange 5
NR	100	100	100	100	100	100
Noir N347	52		33			
Noir N683					44	30
Noir N326		47				
Silice 165G				46		
Antioxydant (6PPD)	1	1.5	1	2	1	1
Acide stéarique	0.65	0.9	0.65	1	0.65	0.65
Oxyde de zinc	9.3	7.5	9.3	8	9.3	9.3
Sel de Cobalt (AcacCo)	1.12	1.12	1.12	1.1	1.12	1.12
Sel de Cobalt (AbietateCo)						
Silane sur noir				8.3		
soufre	6.1	4.5	6.1	4.8	6.1	6.1
Accélérateur DCBS	0.93	0.8	0.93		0.93	0.93
Accélérateur TBBS				1.01		
Co-accélérateur DPG				1.1		
Retardateur CTP PVI)	0.25	0.15	0.25	0.2	0.25	0.25
MA ₁₀ (MPa)	10.4	5.99	5.56	7.25	6.16	4.4
$\tan(\delta)_{\max}$	0.130	0.099	0.074	0.063	0.056	0.030
P60 (%)	22.9	18.7	14.9	13.3	12.2	8.5

- 24 -

[00123] Les valeurs des constituants sont exprimées en pce (parties en poids pour cent parties d'élastomères).

[00124] Concernant le pneumatique de référence, noté T, les couches de calandrages des couches de travail sont constituées du mélange R1.

5 [00125] Différents pneumatiques I selon l'invention ont été testés, les couches de calandrage des couches de travail étant constituées des mélanges 1 à 5.

[00126] Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau suivant ; elles sont exprimées en Kg/t, une valeur de 100 étant attribuée au pneumatique T.

Pneumatique T	Pneumatique I
100	97

REVENDICATIONS

- 1 – Pneumatique (1) à armature de carcasse radiale (2) pour véhicule de type poids lourd comprenant une armature de sommet (4) comportant au moins trois couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44), chacune formée d'éléments de renforcement insérés entre deux couches
5 de calandrage de mélange caoutchouteux, croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45° , elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement (5), ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, **caractérisé en ce que**, dans un plan méridien, l'épaisseur desdites au moins trois couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) mesurée dans le plan
10 équatorial est inférieure à 5 mm, **en ce que** les éléments de renforcements desdites au moins trois couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) sont des fils métalliques unitaires de diamètre inférieur à 0.50 mm, **en ce que** la distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du fil, est strictement inférieure à 1 mm, **en ce que** la largeur axiale (L_{41} , L_{42} , L_{43} , L_{44}) de chacune desdites au moins trois couches
15 de sommet de travail (41, 42, 43, 44) est supérieure à 60 % de la largeur axiale (L_5) de la bande de roulement et **en ce que** le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement d'au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail (41, 42, 43, 44) est inférieur à 8.5 MPa et **en ce que** la valeur maximale de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, de ladite au moins une couche de calandrage est inférieure à 0.100.
- 20 **2** - Pneumatique (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le diamètre des fils métalliques unitaires des quatre couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) est supérieur ou égal à 0.25 mm.
- 3** – Pneumatique (1) selon la revendication 1 ou 2, une couche de sommet de travail d'éléments de renforcement comportant deux couches de calandrage entre lesquelles sont
25 positionnés les éléments de renforcement, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de calandrage mesurée selon une direction radiale de part et d'autre d'un élément de renforcement est inférieure à 0.30 mm.

- 26 -

4 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la rigidité par unité de largeur de chacune des couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) est comprise entre 35 et 70 daN/mm.

5 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet (4) comporte quatre couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) d'éléments de renforcement.

6 - Pneumatique (1) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des deux couches de calandrage de chacune des quatre couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) sont inférieurs à 8.5 MPa et **en ce que** les valeurs maximales de $\tan(\delta)$, noté $\tan(\delta)_{\max}$, des deux couches de calandrage de chacune des quatre couches de sommet de travail (41, 42, 43, 44) sont inférieures à 0.100.

7 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail (41, 42, 43, 44) est un mélange élastomérique à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés et d'une charge renforçante constituée :

- a) soit par du noir de carbone de surface spécifique BET supérieure à 60 m²/g,
 - i. employé à un taux compris entre 20 et 40 pce lorsque l'indice de structure du noir (COAN) est supérieur à 85,
 - ii. employé à un taux compris entre 20 et 60 pce lorsque l'indice de structure du noir (COAN) est inférieur à 85,
- b) soit par du noir de carbone de surface spécifique BET inférieure à 60 m²/g, quelle que soit son indice de structure, employé à un taux compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 30 et 50 pce,
- c) soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou

pyrogénées, les alumines ou les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g employée à un taux compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 30 et 50 pce,

- 5 d) soit par un coupage de noir de carbone décrit en (a) et/ou de noir de carbone décrit en (b) et/ou une charge blanche décrite en (c), dans lequel le taux global de charge est compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce.

8 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet (4) est complétée par une couche d'éléments de renforcement
10 circonférentiel.

9 - Pneumatique (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est radialement disposée entre deux couches de sommet de travail.

10 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que** les éléments
15 de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 10 et 120 GPa et un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

11 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet (4) est complétée radialement à l'extérieur par au moins une nappe
20 supplémentaire (45), dite de protection, d'éléments de renforcement, orientés par rapport à la direction circonférentielle avec un angle compris entre 10° et 45° et de même sens que l'angle formé par les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail (44) qui lui est radialement adjacente.

1/2

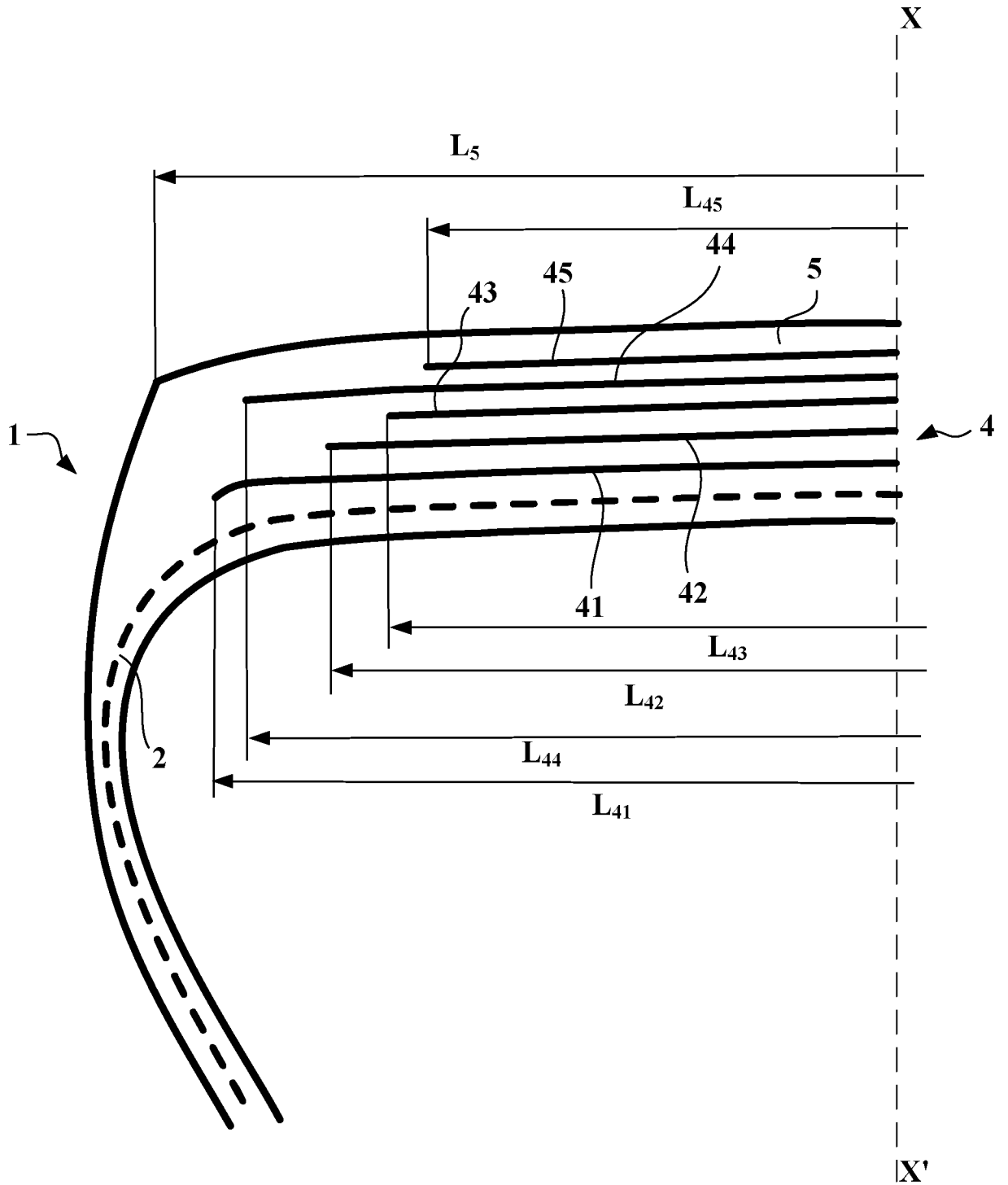


FIG.1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060595

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C9/20
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	WO 2012/017399 A1 (PIRELLI [IT]; ASCANELLI ALESSANDRO [IT]; BREGANTIM ALEXANDRE [IT]; CER) 9 February 2012 (2012-02-09) page 11, line 14 - page 12, line 18; figures 2,3 page 19, lines 7-18	1-11
A	WO 2014/203908 A1 (YOKOHAMA RUBBER CO LTD [JP]) 24 December 2014 (2014-12-24) paragraph [0071]; figures 3,4	1-11
A	US 5 711 829 A (POLLARD ANDREW L [US] ET AL) 27 January 1998 (1998-01-27) column 6, lines 27-50; figure 4	1-11

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

27 July 2016

Date of mailing of the international search report

18/08/2016

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

Buergo, Javier

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/060595

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012017399	A1	09-02-2012	CN 103025543 A
			EP 2601059 A1
			US 2013118668 A1
			WO 2012017399 A1

WO 2014203908	A1	24-12-2014	AU 2014282221 A1
			CN 105263725 A
			JP 2015003666 A
			US 2016144662 A1
			WO 2014203908 A1

US 5711829	A	27-01-1998	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/060595

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60C9/20 ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B60C</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>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</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2012/017399 A1 (PIRELLI [IT]; ASCANELLI ALESSANDRO [IT]; BREGANTIM ALEXANDRE [IT]; CER) 9 février 2012 (2012-02-09) page 11, ligne 14 - page 12, ligne 18; figures 2,3 page 19, lignes 7-18 -----	1-11
A	WO 2014/203908 A1 (YOKOHAMA RUBBER CO LTD [JP]) 24 décembre 2014 (2014-12-24) alinéa [0071]; figures 3,4 -----	1-11
A	US 5 711 829 A (POLLARD ANDREW L [US] ET AL) 27 janvier 1998 (1998-01-27) colonne 6, lignes 27-50; figure 4 -----	1-11
<p><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>	
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p>27 juillet 2016</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>18/08/2016</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Buergo, Javier</p>

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/060595

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2012017399	A1	09-02-2012	CN 103025543 A
			EP 2601059 A1
			US 2013118668 A1
			WO 2012017399 A1

WO 2014203908	A1	24-12-2014	AU 2014282221 A1
			CN 105263725 A
			JP 2015003666 A
			US 2016144662 A1
			WO 2014203908 A1

US 5711829	A	27-01-1998	AUCUN
