

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
15 janvier 2015 (15.01.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/004201 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
B60C 9/26 (2006.01) *B60C 9/00* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/064750
- (22) Date de dépôt international :
9 juillet 2014 (09.07.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1356849 12 juillet 2013 (12.07.2013) FR
- (71) Déposants : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12, Cours Sablon, F-63000 Clermont-Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-Paccot (CH).
- (72) Inventeur : **FOUCHER, Benoît**; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).
- (74) Mandataire : **LE CAM, Stéphane**; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-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, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (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 : AIR TYRE HAVING A SOFTENED CARCASS REINFORCEMENT

(54) Titre : PNEUMATIQUE COMPORTANT UNE ARMATURE DE CARCASSE ASSOULPIE

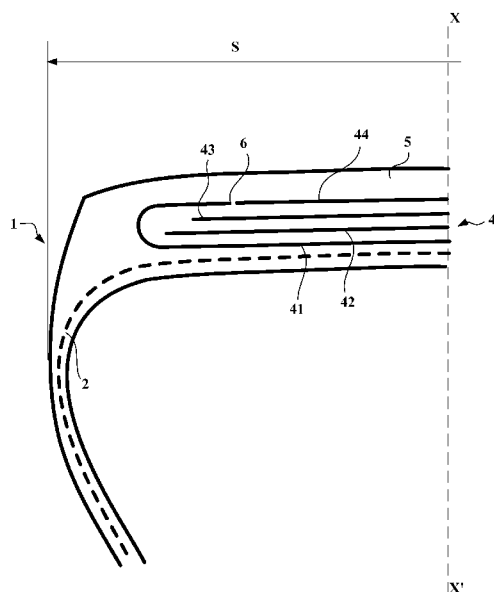


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to an air tyre having a crown reinforcement (4) made of at least two crown working layers (41, 43) of reinforcement elements. The axial ends of the reinforcement element working layer (41) radially closest to the carcass reinforcement are turned out to cover the axial ends of at least one other crown layer, the reinforcement elements of the carcass reinforcement (2) having a diameter of less than 0.85 mm and said reinforcement elements being made of wires with a diameter of less than 0.16 mm.

(57) Abrégé : Pneumatique comprenant une armature de sommet (4) formée d'au moins deux couches de sommet de travail (41, 43) d'éléments de renforcement; les extrémités axiales de la couche de travail (41) d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont retournées pour couvrir les extrémités axiales d'au moins une autre couche de sommet, les éléments de renforcement de l'armature de carcasse (2) présentant un diamètre inférieur à 0.85 mm, et lesdits éléments de renforcement étant composés de fils de diamètre inférieur à 0.16 mm.

- 1 -

PNEUMATIQUE COMPORTANT UNE ARMATURE DE CARCASSE ASSOUPLEE

[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 couche, dite de triangulation, étant radialement située entre l'armature de carcasse et la première couche de sommet dite de travail, formées de fils ou câbles parallèles présentant des angles au plus égaux à 45° en valeur absolue. La couche de triangulation forme avec au moins ladite couche de travail une armature triangulée, qui présente, sous les différentes contraintes qu'elle subit, peu de déformations, la couche 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.

25 [0013] 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 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 que de telles conditions d'usage sont susceptibles de se traduire, sous forte charge, par des

- 3 -

températures sommet relativement élevées, nécessite une augmentation au moins proportionnelle du potentiel d'endurance de l'armature sommet des pneumatiques.

[0014] 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 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.

[0015] Dans le but d'améliorer l'endurance de l'armature sommet des pneumatiques, la 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 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.

[0016] 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 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.

[0017] 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.

- 4 -

[0018] 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, notamment dans le cas de surcharge, certains pneumatiques présentent parfois une usure plus prononcée sur une partie de leur bande de roulement.

[0019] Le document WO 05/113258 propose une couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse dont les extrémités sont repliés pour venir couvrir les bords d'une autre couche de l'armature de sommet. Une telle réalisation permet encore d'éliminer au moins une partie des extrémités des couches qui peuvent être à l'origine des amorces de fissurations précédemment décrites.

[0020] Les résultats obtenus avec ce type de réalisation sont également le plus souvent satisfaisants en termes d'endurance et d'usure lors de roulages prolongés sur routes à grande vitesse. Toutefois, il apparaît que dans certaines conditions de roulage, notamment dans le cas de surcharges, certains pneumatiques présentent parfois des faiblesses en termes d'endurance de l'armature de carcasse.

[0021] 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.

[0022] Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement, 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, les extrémités axiales de la couche de travail d'éléments de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse étant retournées pour couvrir les extrémités axiales d'au moins une autre couche de sommet, les éléments de renforcement de l'armature de carcasse présentant un diamètre inférieur à 0.85 mm, et lesdits éléments de renforcement de l'armature de carcasse étant composés de fils de diamètre inférieur à 0.16 mm.

- 5 -

[0023] Les pneumatiques conformes à l'invention présentent effectivement des performances en termes d'endurance améliorées notamment pour ce qui concerne l'évolution des masses polymériques environnant les extrémités de l'armature de sommet du fait notamment du retournement des extrémités axiales de la couche de travail d'éléments de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse couvrant les extrémités axiales d'au moins une autre couche de sommet.

[0024] Notamment lorsque le retournement des extrémités axiales de la couche de travail d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse couvre les extrémités axiales de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, l'élimination des extrémités libres des couches de travail favorise les performances en termes d'endurance du pneumatique.

[0025] D'autre part, les inventeurs ont su mettre en évidence que la zone de retournement des extrémités axiales de la couche de travail d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse conduit à une augmentation de la rigidité circonférentielle telle qu'elle permet de maintenir une usure régulière notamment lors de roulage en surcharge.

[0026] Par ailleurs, les inventeurs ont su mettre en évidence qu'un tel retournement des extrémités d'une couche de travail confère localement une rigidité circonférentielle formant un point caractéristique dans tout plan méridien du pneumatique. Notamment lors de roulage en surcharge, ce point caractéristique peut conduire à des déformations cycliques de l'armature de carcasse jusqu'à conduire à des fatigues inacceptables des éléments de renforcement de l'armature de carcasse lorsqu'il s'agit d'éléments de renforcement usuels. Les éléments de renforcement usuels d'une armature de carcasse présentent un diamètre en général supérieur à 0.90 mm et sont constitués de fils de diamètre supérieur ou égal à 0.18 mm. Des éléments de renforcement de l'armature de carcasse présentant un diamètre inférieur à 0.85 mm, lesdits éléments de renforcement étant composés de fils de diamètre inférieur à 0.16 mm, conformément à l'invention semblent permettre au pneumatique de supporter les sollicitations cycliques générées du fait de la présence du retournement des extrémités d'une couche de travail, sans voir apparaître aucun signe de fatigue desdits éléments de renforcement de l'armature de carcasse, y compris lors de roulage en surcharge.

- 6 -

[0027] Les résultats obtenus avec les pneumatiques selon l'invention ont donc mis en évidence qu'ils permettent de maintenir des propriétés d'endurance et d'usure satisfaisantes lors de roulages quelles que soient les conditions et notamment en cas de surcharge. De la même façon il apparaît que les pneumatiques selon l'invention utilisés dans des conditions de pression de gonflage réduites présentent des performances en termes d'usure et d'endurance tout à fait satisfaisantes.

[0028] Selon un mode de réalisation préférée de l'invention, les éléments de renforcement d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles métalliques présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur $20 \text{ cm}^3/\text{mn}$.

[0029] Le test dit de perméabilité permet de déterminer la perméabilité longitudinale à l'air des câbles testés, par mesure du volume d'air traversant une éprouvette sous pression constante pendant un temps donné. Le principe d'un tel test, bien connu de l'homme du métier, est de démontrer l'efficacité du traitement d'un câble pour le rendre imperméable à l'air ; il a été décrit par exemple dans la norme ASTM D2692-98.

[0030] Le test est réalisé sur des câbles extraits directement, par décorticage, des nappes de caoutchouc vulcanisées qu'ils renforcent, donc pénétrés par le caoutchouc cuit.

[0031] Le test est réalisé sur 2 cm de longueur de câble, enrobé donc par sa composition de caoutchouc (ou gomme d'enrobage) environnante à l'état cuit, de la manière suivante : on envoie de l'air à l'entrée du câble, sous une pression de 1 bar, et on mesure le volume d'air à la sortie, à l'aide d'un débitmètre (calibré par exemple de 0 à $500 \text{ cm}^3/\text{min}$). Pendant la mesure, l'échantillon de câble est bloqué dans un joint étanche comprimé (par exemple un joint en mousse dense ou en caoutchouc) de telle manière que seule la quantité d'air traversant le câble d'une extrémité à l'autre, selon son axe longitudinal, est prise en compte par la mesure ; l'étanchéité du joint étanche lui-même est contrôlée préalablement à l'aide d'une éprouvette de caoutchouc pleine, c'est-à-dire sans câble.

[0032] Le débit d'air moyen mesuré (moyenne sur 10 éprouvettes) est d'autant plus faible que l'imperméabilité longitudinale du câble est élevée. La mesure étant faite avec une précision de $\pm 0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$, les valeurs mesurées inférieures ou égales à $0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$ sont

- 7 -

considérées comme nulles ; elles correspondent à un câble qui peut être qualifié d'étanche (totalement étanche) à l'air selon son axe (i.e., dans sa direction longitudinale).

5 [0033] Ce test de perméabilité constitue en outre un moyen simple de mesure indirecte du taux de pénétration du câble par une composition de caoutchouc. Le débit mesuré est d'autant plus faible que le taux de pénétration du câble par le caoutchouc est élevé.

[0034] Des câbles présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn présentent un taux de pénétration supérieure à 66%.

10 [0035] Le taux de pénétration d'un câble peut encore être estimé selon la méthode décrite ci-après. Dans le cas d'un câble à couches, la méthode consiste dans un premier temps à éliminer la couche extérieure sur un échantillon d'une longueur comprise entre 2 et 4 cm pour ensuite mesurer selon une direction longitudinale et selon un axe donné la somme des longueurs de mélange caoutchouteux rapporté sur la longueur de l'échantillon. Ces mesures de longueurs de mélange caoutchouteux excluent les espaces non pénétrés sur cet axe longitudinal. Ces mesures sont répétées sur trois axes longitudinaux répartis sur la

15 périphérie de l'échantillon et répétées sur cinq échantillons de câbles.

[0036] Lorsque le câble comporte plusieurs couches, la première étape d'élimination est répétée avec la couche nouvellement extérieure et les mesures de longueurs de mélange caoutchouteux selon des axes longitudinaux.

20 [0037] Une moyenne de tous les rapports de longueurs de mélange caoutchouteux sur les longueurs des échantillons ainsi déterminés est ensuite effectuée pour définir le taux de pénétration du câble.

[0038] Les câbles de l'armature de carcasse qui sont soumis à des phénomènes de fatigue, ainsi définis selon ce mode de réalisation préféré de l'invention, peuvent présenter une meilleure résistance à ces phénomènes d'usure et de fatigue du fait de leur taux de

25 pénétration par les mélanges caoutchouteux et donc contribuer à améliorer l'endurance du pneumatique notamment utilisée dans des conditions extrêmes.

[0039] Selon une variante avantageuse de l'invention, les éléments de renforcement métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles à au moins

- 8 -

deux couches, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc non réticulable, réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

5 **[0040]** Des câbles dits "à couches" ("*layered cords*") ou "multicouches" sont des câbles constitués d'un noyau central et d'une ou plusieurs couches de brins ou fils pratiquement concentriques disposées autour de ce noyau central.

[0041] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les câbles de l'armature de carcasse présentent au test dit de perméabilité un débit inférieur à 10 cm³/mn et de préférence encore inférieur à 2 cm³/mn.

10 **[0042]** Au sens de l'invention, des câbles, à au moins deux couches, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique présentent au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn et avantageusement inférieur à 2 cm³/mn.

15 **[0043]** Par l'expression "composition à base d'au moins un élastomère diénique", on entend de manière connue que la composition comprend à titre majoritaire (i.e. selon une fraction massique supérieure à 50%) ce ou ces élastomères diéniques.

20 **[0044]** On notera que la gaine selon l'invention s'étend d'une manière continue autour de la couche qu'elle recouvre (c'est-à-dire que cette gaine est continue dans la direction "orthoradiale" du câble qui est perpendiculaire à son rayon), de manière à former un manchon continu de section transversale qui est avantageusement pratiquement circulaire.

25 **[0045]** On notera également que la composition de caoutchouc de cette gaine peut être réticulable ou réticulée, c'est-à-dire qu'elle comprend par définition un système de réticulation adapté pour permettre la réticulation de la composition lors de sa cuisson (i.e., son durcissement et non sa fusion); ainsi, cette composition de caoutchouc peut être qualifiée d'infusible, du fait qu'elle ne peut pas être fondue par chauffage à quelque température que ce soit.

[0046] Par élastomère ou caoutchouc "diénique", on entend de manière connue un élastomère issu au moins en partie (i.e. un homopolymère ou un copolymère) de

- 9 -

monomères diènes (monomères porteurs de deux doubles liaisons carbone-carbone, conjuguées ou non).

[0047] De préférence, le système de réticulation de la gaine de caoutchouc est un système dit de vulcanisation, c'est-à-dire à base de soufre (ou d'un agent donneur de soufre) et d'un accélérateur primaire de vulcanisation. A ce système de vulcanisation de base peuvent s'ajouter divers accélérateurs secondaires ou activateurs de vulcanisation connus.

[0048] La composition de caoutchouc de la gaine selon l'invention peut comprendre, outre ledit système de réticulation, tous les ingrédients habituels utilisables dans les compositions de caoutchouc pour pneumatiques, tels que des charges renforçantes à base de noir de carbone et/ou d'une charge inorganique renforçante telle que silice, des agents anti-vieillessement, par exemple des antioxydants, des huiles d'extension, des plastifiants ou des agents facilitant la mise en œuvre des compositions à l'état cru, des accepteurs et donneurs de méthylène, des résines, des bismaléimides, des systèmes promoteurs d'adhésion connus du type "RFS" (résorcinol-formaldéhyde-silice) ou sels métalliques, notamment des sels de cobalt.

[0049] A titre préférentiel, la composition de cette gaine est choisie identique à la composition utilisée pour la matrice de caoutchouc que les câbles selon l'invention sont destinés à renforcer. Ainsi, il n'y a aucun problème d'incompatibilité éventuelle entre les matériaux respectifs de la gaine et de la matrice de caoutchouc.

[0050] Selon une variante de l'invention, les éléments de renforcement métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles métalliques à couches de construction [L+M] ou [L+M+N] utilisable comme élément de renforcement d'une armature de carcasse de pneumatique, comportant une première couche C1 à L fils de diamètre d_1 avec L allant de 1 à 4, entourée d'au moins une couche intermédiaire C2 à M fils de diamètre d_2 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_2 avec M allant de 3 à 12, ladite couche C2 étant éventuellement entourée d'une couche externe C3 de N fils de diamètre d_3 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_3 avec N allant de 8 à 20, une gaine constituée d'une composition de caoutchouc non réticulable, réticulable ou réticulée à base d'au moins un élastomère diénique, recouvrant, dans la construction [L+M], ladite première couche C1 et, dans la construction [L+M+N], au moins ladite couche C2.

- 10 -

[0051] De préférence, le diamètre des fils de la première couche de la couche interne (C1) est compris entre 0.10 et 0.18 mm et le diamètre des fils des couches externes (C2, C3) est compris entre 0.10 et 0.18 mm.

5 [0052] De préférence encore, le pas d'hélice d'enroulement desdits fils de la couche externe (C3) est compris entre 8 et 25 mm.

10 [0053] Au sens de l'invention, le pas d'hélice représente la longueur, mesurée parallèlement à l'axe du câble, au bout de laquelle un fil ayant ce pas effectue un tour complet autour de l'axe du câble ; ainsi, si l'on sectionne l'axe par deux plans perpendiculaires audit axe et séparés par une longueur égale au pas d'un fil d'une couche constitutive du câble, l'axe de ce fil a dans ces deux plans la même position sur les deux cercles correspondant à la couche du fil considéré.

[0054] Avantageusement, le câble présente l'une, et plus préférentiellement encore l'ensemble des caractéristiques suivantes qui est vérifié(e) :

- 15 - la couche C3 est une couche saturée, c'est-à-dire qu'il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un (N+1)^{ème} fil de diamètre d_3 , N représentant alors le nombre maximal de fils enroulables en une couche autour de la couche C2 ;
- la gaine de caoutchouc recouvre en outre la couche interne C1 et/ou sépare les fils deux à deux adjacents de la couche intermédiaire C2 ;
- 20 - la gaine de caoutchouc recouvre pratiquement la demi-circonférence radialement intérieure de chaque fil de la couche C3, de telle sorte qu'elle sépare les fils deux à deux adjacents de cette couche C3.

[0055] De préférence, la gaine de caoutchouc présente une épaisseur moyenne allant de 0,010 mm à 0,040 mm.

25 [0056] D'une manière générale, l'invention peut être mise en œuvre, pour former les câbles de l'armature de carcasse ci-dessus décrits, avec tout type de fils métalliques, notamment en acier, par exemple des fils en acier au carbone et/ou des fils en acier inoxydable. On utilise de préférence un acier au carbone, mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers ou d'autres alliages.

- 11 -

[0057] Lorsqu'un acier au carbone est utilisé, sa teneur en carbone (% en poids d'acier) est de préférence comprise entre 0,1% et 1,2%, plus préférentiellement de 0,4% à 1,0% ; ces teneurs représentent un bon compromis entre les propriétés mécaniques requises pour le pneumatique et la faisabilité du fil. Il est à noter qu'une teneur en carbone comprise entre
5 0,5% et 0,6% rend de tels aciers finalement moins coûteux car plus faciles à tréfiler. Un autre mode avantageux de réalisation de l'invention peut consister aussi, selon les applications visées, à utiliser des aciers à faible teneur en carbone, comprise par exemple entre 0,2% et 0,5%, en raison notamment d'un coût plus bas et d'une plus grande facilité de tréfilage.

[0058] Le câble selon l'invention pourra être obtenu selon différentes techniques connues de l'homme du métier, par exemple en deux étapes, tout d'abord par gainage via une tête d'extrusion de l'âme ou structure intermédiaire L+M (couches C1+C2), étape suivie dans un deuxième temps d'une opération finale de câblage ou retordage des N fils restants (couche C3) autour de la couche C2 ainsi gainée. Le problème de collant à l'état cru posé
15 par la gaine de caoutchouc, lors des opérations intermédiaires éventuelles de bobinage et débobinage pourra être résolu de manière connue par l'homme du métier, par exemple par l'emploi d'un film intercalaire en matière plastique.

[0059] De tels câbles d'au moins une couche d'armature de carcasse sont par exemple choisis parmi les câbles décrits dans les demandes de brevet WO 2005/071157, WO
20 2010/012411, WO 2010/054790 et WO 2010/054791.

[0060] Selon une variante de l'invention, dans un plan radial, le rapport entre les épaisseurs de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et le point d'un élément de renforcement métallique de l'armature de carcasse le plus proche de la dite surface intérieure de la cavité, des deux parties du profil du pneumatique, centrées
25 sur les projections orthogonales respectives, sur la surface intérieure de la cavité du pneumatique, des points axialement les plus extérieurs de la couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse, et des parties du profil du pneumatique présentant les épaisseurs les plus faibles est supérieur à 1.15 et de préférence supérieur à 1.35.

- 12 -

[0061] L'épaisseur de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et le point d'un élément de renforcement le plus proche de la dite surface est égale à la longueur de la projection orthogonale de l'extrémité du point d'un élément de renforcement le plus proche de la dite surface sur la surface intérieure de la cavité du pneumatique.

[0062] Les mesures d'épaisseur de mélange caoutchouteux sont effectuées sur une coupe transversale d'un pneumatique, le pneumatique étant donc dans un état non gonflé.

[0063] Selon cette variante de l'invention, les deux parties du profil du pneumatique, en regard des zones de pliage de la couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse, présentent des surépaisseurs de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et le point d'un élément de renforcement métallique de l'armature de carcasse le plus proche de la dite surface intérieure de la cavité.

[0064] La présence de ces surépaisseurs permet localement de freiner le passage de l'air de gonflage en direction des éléments de renforcement de l'armature de carcasse et de limiter l'usure desdits éléments de renforcement sollicités de manière cyclique, la présence de l'oxygène accentuant ces phénomènes de fatigue.

[0065] Par ailleurs, il semble que la présence de ces surépaisseurs augmente la rigidité de ces zones du pneumatique et peuvent contribuer à limiter les déformations cycliques précédemment évoquées et donc contribuer à améliorer les performances en matière d'endurance.

[0066] Ces surépaisseurs peuvent être obtenues de différentes façons lors de la fabrication du pneumatique. Une première méthode consiste à réaliser la couche de mélange caoutchouteux formant la paroi de la cavité du pneumatique avec le profil souhaité pour former ces surépaisseurs. Ce mélange formant habituellement la couche d'étanchéité du pneumatique, les zones de surépaisseurs constituent d'autant mieux un barrage au passage de l'air de gonflage. Une autre méthode consiste à réaliser ces zones de surépaisseurs par l'ajout de couches de mélanges caoutchouteux supplémentaires localement ; il est alors possible de choisir un matériau semblable à celui formant la paroi de la cavité du pneumatique pour contribuer assurément à la fonction étanchéité ou bien un matériau dont

- 13 -

les propriétés sont différentes et notamment une plus grande rigidité pour augmenter la rigidité de ces zones.

[0067] De préférence, les épaisseurs de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et le point d'un élément de renforcement métallique de l'armature de carcasse le plus proche de la dite surface intérieure de la cavité desdites deux parties du profil du pneumatique, centrées sur les projections orthogonales respectives des points axialement les plus extérieurs de la couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse, sont supérieures à 3.5 mm et de préférence supérieure à 4 mm.

[0068] De préférence encore, les longueurs méridiennes desdites parties du profil du pneumatique dont les épaisseurs de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et le point d'un élément de renforcement métallique de l'armature de carcasse le plus proche de la dite surface intérieure de la cavité sont plus importantes sont comprises entre 10 et 40 mm.

[0069] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement d'au moins ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont des câbles métalliques élastiques.

[0070] De tels câbles permettent une industrialisation plus aisée de la phase de retournement des extrémités de ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

[0071] Pour les mêmes raisons, un deuxième mode de réalisation de l'invention prévoit que les éléments de renforcement d'au moins ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse présentent un diamètre inférieur à 1.1 mm, lesdits éléments de renforcement étant eux-mêmes composés de fils de diamètre inférieur à 0.3 mm.

[0072] Avantageusement selon ce deuxième mode de réalisation, les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont des éléments de renforcements inextensibles.

- 14 -

[0073] De préférence encore, il s'agit de câbles métalliques.

[0074] Avantageusement encore selon ce deuxième mode de réalisation de l'invention, lesdits éléments de renforcement d'au moins ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse satisfont la relation suivante :

5
$$e \times \sin^2(\alpha_1) \leq 0.28 \times \sin^2(25^\circ)$$

avec, α_1 , l'angle formé entre les éléments de renforcement de ladite couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse et la direction circonférentielle au niveau du plan équatorial,

10 e, le diamètre moyen des fils unitaires composant les éléments de renforcement d'au moins ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse, exprimé en mm.

[0075] Selon une variante de l'invention, l'armature de sommet comporte au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels, avantageusement entre lesdites au moins deux couches de sommet de travail.

15 [0076] 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 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.

20 [0077] 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.

[0078] De préférence également, le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 130 GPa et de préférence encore inférieur à 120 GPa.

25 [0079] 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 renforcement.

- 15 -

[0080] 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 forte pour les allongements supérieurs. De tels éléments de renforcement de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont habituellement dénommés éléments "bi-module".

[0081] 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%.

[0082] Les différentes caractéristiques des éléments de renforcement énoncées ci-dessus sont mesurées sur des éléments de renforcement prélevés sur des pneumatiques.

[0083] 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 $3 \times (0.26 + 6 \times 0.23)$ 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.

[0084] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels peuvent être formées 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 d'éléments de renforcement circonférentiels 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

- 16 -

module de la couche constituée des mêmes éléments métalliques mais continus, le module de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels étant mesuré sur une couche vulcanisée d'éléments coupés, prélevée sur le pneumatique.

[0085] 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 d'éléments de renforcement circonférentiels est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible.

[0086] Lorsque l'armature de sommet du pneumatique selon l'invention comporte entre lesdites au moins deux couches de sommet de travail au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels et selon le mode de réalisation selon lequel les éléments de renforcement d'au moins ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse présentent un diamètre inférieur à 1.1 mm, lesdits éléments de renforcement étant eux-mêmes composés de fils de diamètre inférieur à 0.3 mm, lesdits éléments de renforcement satisfont la relation suivante :

$$(Fr \times 4 \cos^2 \alpha) / (P \times 0.75 P_g \times \varnothing) < 5.5,$$

avec, Fr, la force rupture des éléments de renforcement mesurée sur des éléments de renforcement extraits du pneumatique, exprimée en daN,

α , l'angle moyen formé entre les éléments de renforcement desdites au moins deux couches de sommet de travail et la direction circonférentielle au niveau du plan équatorial,

P, le pas de répartition moyen, au niveau du plan équatorial, des éléments de renforcement desdites au moins deux couches de sommet de travail, exprimé en mm,

P_g , la pression de gonflage nominale du pneumatique, exprimée en daN/mm²,

$\varnothing$, le diamètre interne du pneumatique mesuré dans le plan équatorial, exprimé en mm.

[0087] Au sens de l'invention, l'angle moyen α correspond à la moyenne des valeurs absolues des angles α_i formés entre les éléments de renforcement desdites au moins deux couches de sommet de travail et la direction circonférentielle dans le plan équatorial. Les angles α_i sont mesurés sur un pneumatique non monté.

- 17 -

[0088] Au sens de l'invention, le pas dans une partie de la couche d'éléments de renforcement est la distance entre deux éléments de renforcement consécutifs. Elle est mesurée entre les axes longitudinaux desdits éléments de renforcement selon une direction perpendiculaire à au moins l'un desdits axes longitudinaux. Les pas P_i desdites au moins deux couches de sommet de travail sont mesurés sur un pneumatique non monté.

[0089] Le diamètre interne $\emptyset$ est mesuré sur un pneumatique monté et gonflé à la pression de gonflage nominale P_g .

[0090] Le diamètre d des éléments de renforcement desdites au moins deux couches de travail est mesuré sur des éléments de renforcements extraits du pneumatique et préalablement dégagés de tout résidu polymérique externe.

[0091] La relation $(Fr \times 4 \cos^2 \alpha) / (P \times 0.75 P_g \times \emptyset) < 5.5$ traduit une condition selon laquelle les inventeurs jugent suffisant l'apport en termes de rigidité circonférentielle par les couches de travail notamment au sommet du pneumatique en prenant en compte la présence d'au moins une couche d'éléments de renforcement orientés circonférentiellement et celle des retournements des extrémités de la couche de travail d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

[0092] Avantageusement encore selon l'invention, l'angle moyen α formé par les éléments de renforcement desdites au moins deux couches de travail avec la direction circonférentielle est supérieur à 20° . De telles valeurs d'angles permettent de limiter les contraintes de cisaillement au sein des mélanges polymériques notamment au niveau des extrémités desdites au moins deux couches de travail et donc de diminuer les dissipations thermiques lors des roulages des pneumatiques. Les pneumatiques selon l'invention présentent ainsi une résistance au roulement plus faible et une température épaule réduite qui contribue aux performances en termes d'endurance.

[0093] Selon une réalisation avantageuse de l'invention, les extrémités axiales de la couche d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse couvrent les extrémités axiales de la couche de sommet de travail radialement la plus à l'extérieur. Selon cette réalisation préférée de l'invention, quel que soit le nombre de couches de travail, aucune extrémité desdites couches n'est laissée libre.

- 18 -

[0094] Une réalisation avantageuse de l'invention prévoit, lorsqu'une couche d'éléments de renforcement circonférentiels est présente, que les extrémités axiales de la couche d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont axialement intérieures aux extrémités axiales de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels. Selon cette réalisation avantageuse de l'invention, les extrémités retournées de la couche d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse couvrent radialement les extrémités de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels pour une meilleure endurance de l'armature de sommet et notamment de ladite couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

[0095] 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 dits élastiques, 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.

[0096] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la couche de protection coiffe les extrémités retournées de la couche de travail radialement intérieure, notamment lorsque celles-ci sont radialement extérieures à la couche de travail radialement la plus à l'extérieur.

[0097] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la couche de protection est positionnée axialement entre les extrémités retournées de la couche de travail radialement intérieure, et avantageusement ses extrémités axiales sont contiguës, ou axialement juxtaposées, aux extrémités retournées de la couche de travail radialement intérieure, notamment lorsque celles-ci sont radialement extérieures à la couche de travail radialement la plus à l'extérieur.

[0098] Selon un dernier mode de réalisation de l'invention, les extrémités retournées de la couche de travail radialement intérieure sont radialement extérieures à la couche de protection, et de préférence recouvrent les extrémités de ladite couche de protection.

[0099] Selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention évoqué précédemment, l'armature de sommet peut encore être complétée, radialement à l'intérieur

- 19 -

entre l'armature de carcasse et la couche de travail radialement intérieure la plus proche de ladite armature de carcasse, par une couche de triangulation d'éléments de renforcement métalliques en acier faisant, avec la direction circonférentielle, un angle supérieur à 50° et de même sens que celui de l'angle formé par les éléments de renforcement de la couche radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

[00100] 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 4 qui représentent :

- figure 1, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un mode de réalisation de l'invention,
- figure 2, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention
- figure 3, une vue partielle agrandie d'une partie du schéma de la figure 2,
- figure 4, une vue partielle agrandie d'une autre partie du schéma de la figure 2.

[00101] 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.

[00102] Sur la figure 1, le pneumatique 1, de dimension 315/70 R 22.5, a un rapport de forme H/S égal à 0,70, H étant la hauteur du pneumatique 1 sur sa jante de montage et S sa largeur axiale maximale. Ledit pneumatique 1 comprend une armature de carcasse radiale 2 ancrée dans deux bourrelets, non représentés sur la figure. L'armature de carcasse est formée d'une seule couche de câbles métalliques. Cette armature de carcasse 2 est frettée par une armature de sommet 4, formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- d'une première couche de travail 41 formée de câbles métalliques en acier de type "bi-module", de construction 3x(0.26+6x0.23) 5/7.5 SS, formant avec la direction circonférentielle au niveau du plan équatorial un angle égal à 25°.
- d'une couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42 formée de câbles métalliques en acier de type "bi-module", de construction 3x(0.26+6x0.23) 5/7.5 SS,

- 20 -

- d'une seconde couche de travail 43 formée de câbles métalliques inextensibles non frettés, de construction $1 \times 0.12 + 3 \times 0.35 + 8 \times 0.35$ 7.7/15.4 SS, formant avec la direction circonférentielle au niveau du plan équatorial un angle égal à 25° et croisés avec les câbles métalliques de la couche 41,
- 5 - d'une couche de protection 44 formées de câbles métalliques élastiques de construction $3 \times 2 \times 0.35$ 4/6 SS.

[00103] L'armature de sommet est elle-même coiffée d'une bande de roulement 5.

10 **[00104]** Selon cette réalisation de l'invention représentée sur la figure 1, les éléments de renforcement de la couche de travail 41 radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont des câbles élastiques de type bi-module permettant de plier les extrémités de la couche de travail 41 sans risque d'altérer lesdits câbles lors de la fabrication du pneumatique. En outre de tels câbles favorisent les performances en termes d'endurance lors de l'utilisation du pneumatique.

15 **[00105]** Selon une variante de réalisation de l'invention, la première couche de travail 41 peut être formée de câbles métalliques de construction $1 \times 0.20 + 6 \times 0.18 + 12 \times 0.18$ 10/10 ZZ, formant avec la direction circonférentielle au niveau du plan équatorial un angle égal à 25° .

[00106] Selon cette variante de réalisation de l'invention, les câbles de la couche de travail 41 sont des assemblages présentant un diamètre d de 0.95 mm.

[00107] La force rupture F_r des câbles de la couche de travail 41 est égale à 125 daN.

20 **[00108]** Le pas de répartition P des câbles de la couche de travail 41 est égal à 1.6 mm.

[00109] L'angle moyen α formé entre les éléments de renforcement des couches 41 et 43 et la direction circonférentielle est égal à 25° .

[00110] La pression de gonflage P_g du pneumatique est égale à 0.072 daN/mm².

25 **[00111]** Le diamètre interne $\varnothing$ du pneumatique mesuré dans le plan équatorial est égal à 954 mm.

- 21 -

[00112] Le pneumatique selon cette variante de réalisation de l'invention auquel on applique la relation $(Fr \times 4 \cos^2 \alpha) / (P \times 0.75 P_g \times \emptyset)$ conduit à une valeur de 4.98 et donc inférieure à 5.5.

5 [00113] En outre, le pneumatique selon l'invention auquel on applique $e \times \sin^2(\alpha_1)$, e étant égal à 0.18 et α_1 étant égal à 25° , satisfait la relation $e \times \sin^2(\alpha_1) \leq 0.2 \times \sin^2(30^\circ)$.

[00114] Les câbles de la couche de travail 41 de cette variante de réalisation de l'invention permettent de plier les extrémités de la couche de travail 41 sans risque d'altérer lesdits câbles lors de la fabrication du pneumatique. De même, de tels câbles favorisent les performances en termes d'endurance lors de l'utilisation du pneumatique.

10 [00115] La couche 42 d'éléments de renforcement circonférentiels qui contribue aux performances d'endurance participe en outre à l'amélioration notamment de la résistance à l'usure du pneumatique, en association avec le retournement de la couche de travail 41, du fait de l'augmentation des rigidités. Elle permet encore d'améliorer la stabilité du sommet du pneumatique lors du gonflage. En outre, les retournements de la couche de travail 41
15 couvre les extrémités de ladite couche 42 d'éléments de renforcement circonférentiels et améliore ainsi l'endurance des éléments de renforcement circonférentiels du fait notamment de la participation des parties retourné de la couche de travail 41 à la rigidité de l'armature notamment dans les parties axialement extrêmes de la couche 42. La largeur de recouvrement est avantageusement supérieure à quatre fois le pas des éléments de
20 renforcement circonférentiels de la couche 42.

[00116] Conformément à l'invention, la couche de travail 41 est retournée et ses extrémités 6 sont disposées radialement à l'extérieur de la couche de travail 43 et radialement adjacentes à celle-ci.

25 [00117] Selon cette réalisation conforme à la figure 1, la couche de protection 44 est axialement intercalée entre les extrémités 6 des retournements de la couche de travail 41.

[00118] Concernant l'armature de carcasse, conformément à l'invention, les éléments de renforcement sont des câbles métalliques de construction $1 \times 0.15 + 6 \times 0.15 + 12 \times 0.15$ 10/10 ZZ.

- 22 -

[00119] De tels câbles présentent un diamètre égal à 0.76 mm.

[00120] Conformément à l'invention, les câbles de l'armature de carcasse qui présente un diamètre inférieur à 0.85 mm, et qui sont composés de fils de diamètre inférieur à 0.16 mm, permettent de réaliser des pneumatiques dont les performances en termes d'endurance sont satisfaisantes quelles que soient les conditions de roulage et notamment en cas de surcharge ou bien lors de roulage en mode sous-gonflé.

[00121] La figure 2 illustre une variante de réalisation de l'invention selon laquelle les parties du profil du pneumatique, en regard des zones de retournement de la couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse, présentent des surépaisseurs de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et l'armature de carcasse.

[00122] La figure 3 illustre un agrandissement d'une zone de la figure 2 ne comportant pas de surépaisseur et indique notamment l'épaisseur E de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure 10 de la cavité 8 du pneumatique et le point 12 d'un élément de renforcement 11 le plus proche de ladite surface 10. Cette épaisseur E correspond à une zone du pneumatique dont l'épaisseur de mélange caoutchouteux est la plus faible. Cette épaisseur E est égale à la longueur de la projection orthogonale du point 12 d'un élément de renforcement 11 le plus proche de ladite surface 10 sur la surface 10. Cette épaisseur E est la somme des épaisseurs des différents mélanges caoutchouteux mis en place entre ledit élément de renforcement 11 de l'armature de carcasse 2 ; il s'agit d'une part de l'épaisseur de la couche de calandrage 13 radialement intérieure de l'armature de carcasse et d'autre part, de l'épaisseur du ou des mélanges caoutchouteux 14 formant la paroi interne du pneumatique 1.

[00123] Les mesures d'épaisseur sont effectuées sur une coupe transversale du pneumatique, celui-ci étant par conséquent non monté et non gonflé.

[00124] La valeur de E mesurée est égale à 3.6 mm.

[00125] La figure 4 illustre une zone de la figure 2 comportant une surépaisseur et indique notamment l'épaisseur D de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure 10 de la cavité 8 du pneumatique et le point 17 d'un élément de renforcement 11 le plus proche

- 23 -

de ladite surface 10 au niveau de la surépaisseur 15. Cette épaisseur D est égale à la longueur de la projection orthogonale du point 17 d'un élément de renforcement 11 le plus proche de ladite surface 10 sur la surface 10 au lieu de la plus grande épaisseur au niveau de la surépaisseur 15. Cette épaisseur D est la somme des épaisseurs des différents mélanges caoutchouteux mis en place entre ledit élément de renforcement 11 de l'armature de carcasse 2 ; il s'agit d'une part de l'épaisseur de la couche de calandrage 13 radialement intérieure de l'armature de carcasse et d'autre part, de l'épaisseur du ou des mélanges caoutchouteux 14 formant la paroi interne du pneumatique 1.

[00126] L'épaisseur D au niveau de la partie 15 est égale à 4.3 mm et donc supérieure à 4 mm.

[00127] Le rapport des épaisseurs D sur E est égal à 1.20 et donc supérieur à 1.15.

[00128] La longueur L correspondant à la longueur méridienne de la surépaisseur 15 est égale à 20 mm et donc comprise entre 10 et 40 mm.

[00129] Des essais ont été réalisés avec le pneumatique réalisé selon l'invention conformément à la représentation de la figure 1, les câbles de la couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse étant du type 1x0.20+6x0.18+12x0.18 10/10 ZZ et comparés avec un pneumatique de référence identique en dimension, comportant la même armature de sommet et comportant une armature de carcasse dont les câbles sont de formule 1x0.20+6x0.18+12x0.18 10/10 ZZ.

[00130] Les essais réalisés ont consisté en des tests de roulage destructif sur volant ; ce type de tests sur volant simule des essais sur circuit en ligne droite et de longue durée.

[00131] L'essai consiste en un test de roulage sur un volant, le pneu suivant un parcours en ligne droite. Les conditions de charge et de pressions sont les mêmes pour le pneumatique selon l'invention et le pneumatique de référence.

[00132] Le pneumatique selon l'invention a parcouru un kilométrage sensiblement supérieur à celui parcouru par le pneumatique de référence.

[00133] En outre, le pneumatique de référence a mis en évidence que l'altération subie se situe au niveau de l'armature de carcasse, dans la zone correspondant aux sollicitations

- 24 -

cycliques évoquées précédemment en regard de l'extrémité axialement extérieure des parties repliées de la couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

REVENDICATIONS

1 – Pneumatique pour véhicule de type poids lourd, à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement, 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, **caractérisé en ce que** les extrémités axiales de la couche de travail d'éléments de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont retournées pour couvrir les extrémités axiales d'au moins une autre couche de sommet, **en ce que** les éléments de renforcement de l'armature de carcasse présentent un diamètre inférieur à 0.85 mm, et **en ce que** lesdits éléments de renforcement de l'armature de carcasse sont composés de fils de diamètre inférieur à 0.16 mm.

2 - Pneumatique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles, avantageusement non frettés, présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn.

3 - Pneumatique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles à au moins deux couches et **en ce qu'**au moins une couche interne est gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc non réticulable, réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

4 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, dans un plan radial, le rapport entre les épaisseurs de mélange caoutchouteux entre la surface intérieure de la cavité du pneumatique et le point d'un élément de renforcement métallique de l'armature de carcasse le plus proche de la dite surface intérieure de la cavité, des deux parties du profil du pneumatique, centrées sur les projections orthogonales respectives, sur la surface intérieure de la cavité du pneumatique, des points axialement les plus extérieurs de la couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse, et des parties du profil du pneumatique présentant les épaisseurs les plus faibles est supérieur à 1.15

- 26 -

5 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement de la couche de travail d'éléments de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont élastiques.

6 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement desdites au moins deux couches de travail présentent un diamètre inférieur à 1.1 mm, **en ce que** lesdits éléments de renforcement sont composés de fils de diamètre inférieur à 0.3 mm.

7 - Pneumatique selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement d'au moins ladite couche de sommet de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont des éléments de renforcements inextensibles.

8 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet comporte entre deux couches de sommet de travail au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

9 - Pneumatique selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les extrémités axiales de la couche d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse sont axialement intérieures aux extrémités axiales de ladite au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

10 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les extrémités axiales de la couche d'élément de renforcement radialement la plus proche de l'armature de carcasse couvrent les extrémités axiales de la couche de sommet de travail radialement la plus à l'extérieur.

11 - Pneumatique selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement de ladite 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.

12 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet comporte en outre une couche de triangulation formée d'éléments de renforcement

- 27 -

métalliques faisant avec la direction circonférentielle des angles supérieurs à 50° en valeur absolue.

- 5 **13** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet est complétée radialement à l'extérieur par au moins une couche supplémentaire, dite de protection, d'éléments de renforcement dits élastiques, 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 inextensibles de la couche de travail qui lui est radialement adjacente.

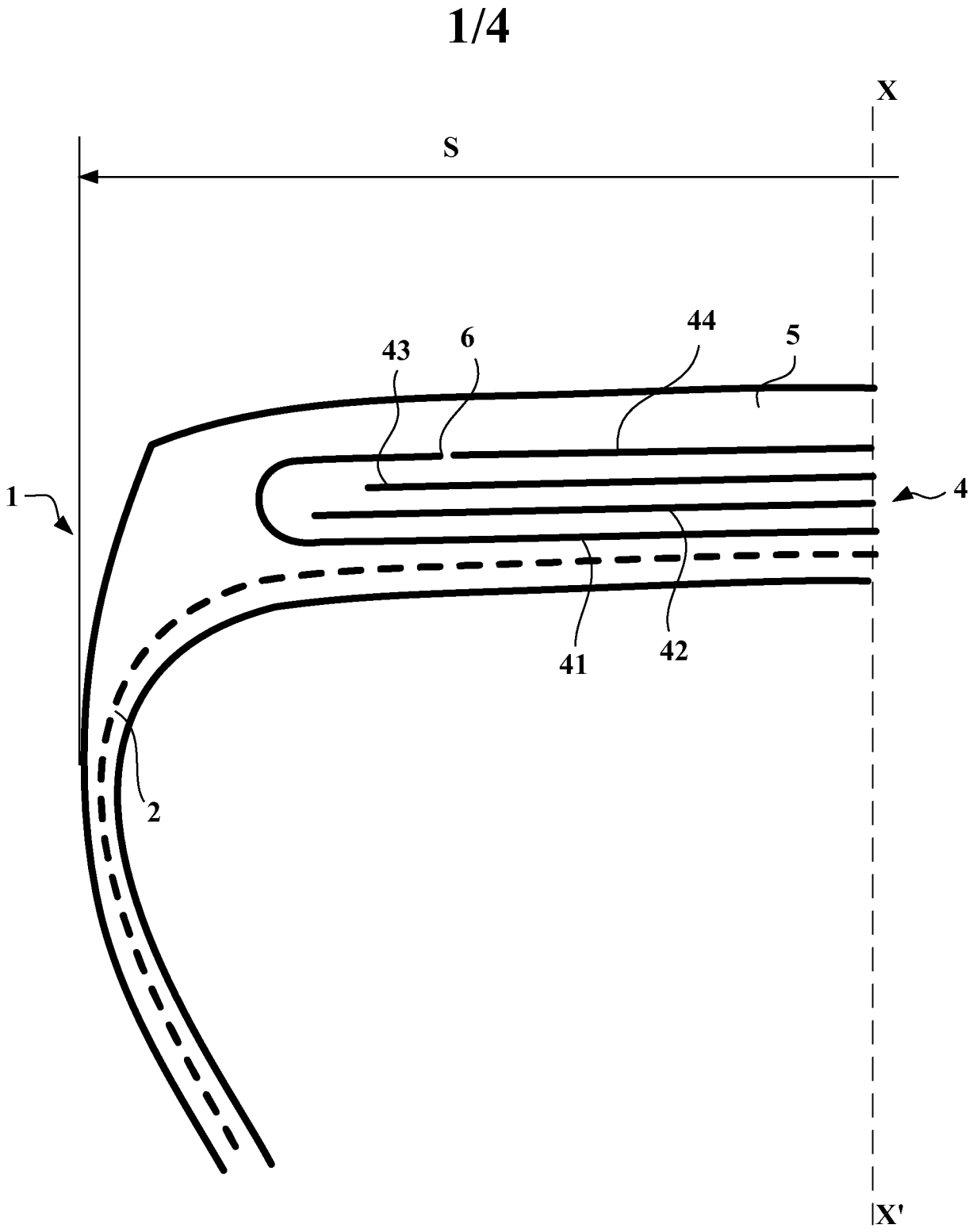


FIG.1

2/4

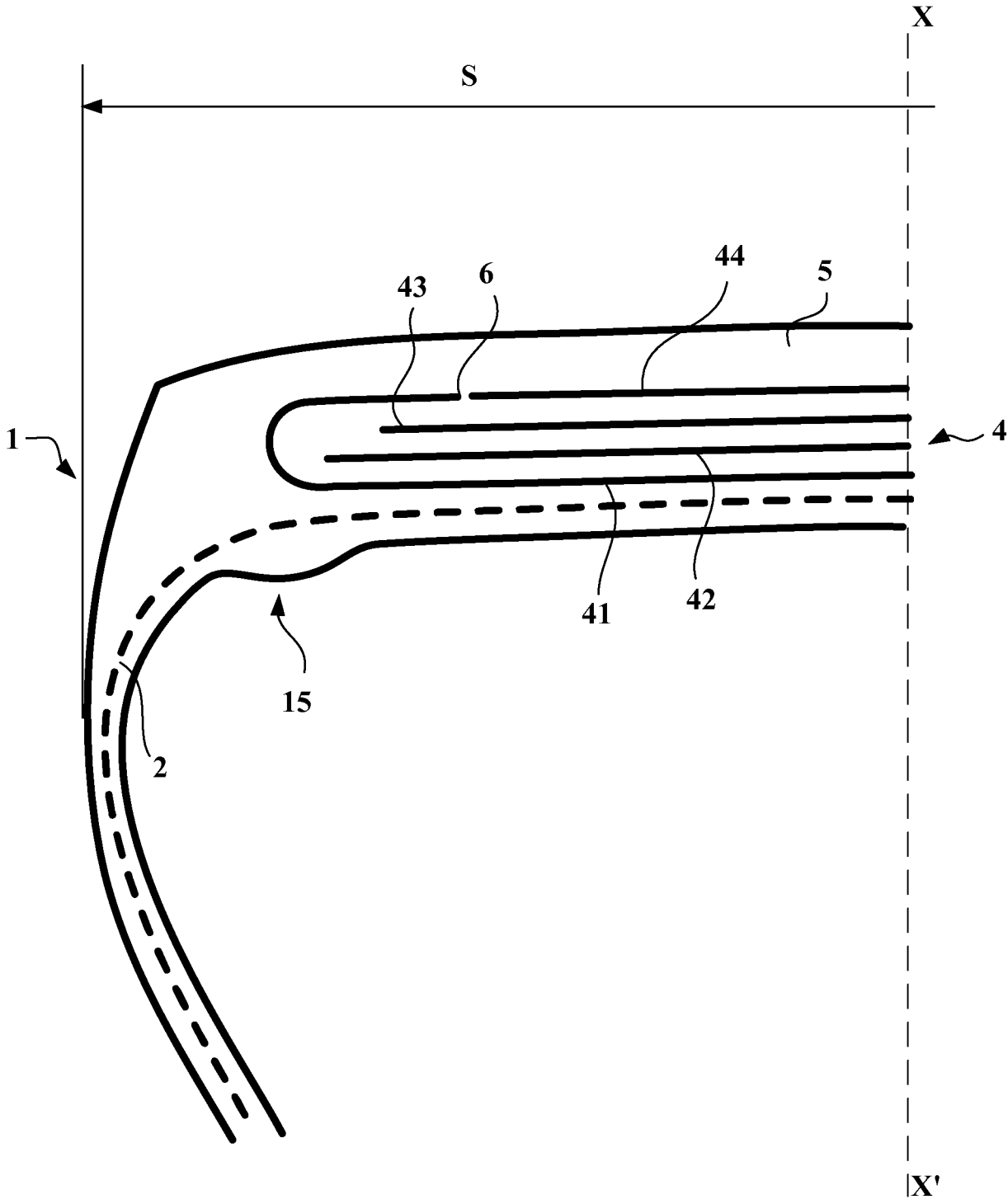


FIG.2

3/4

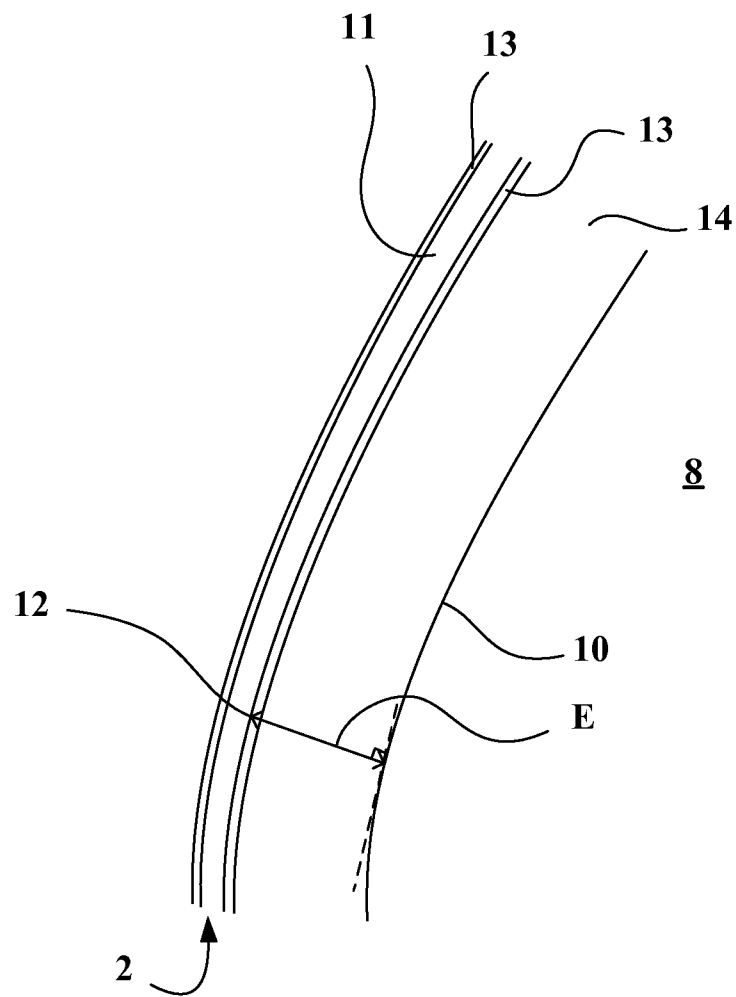


FIG. 3

4/4

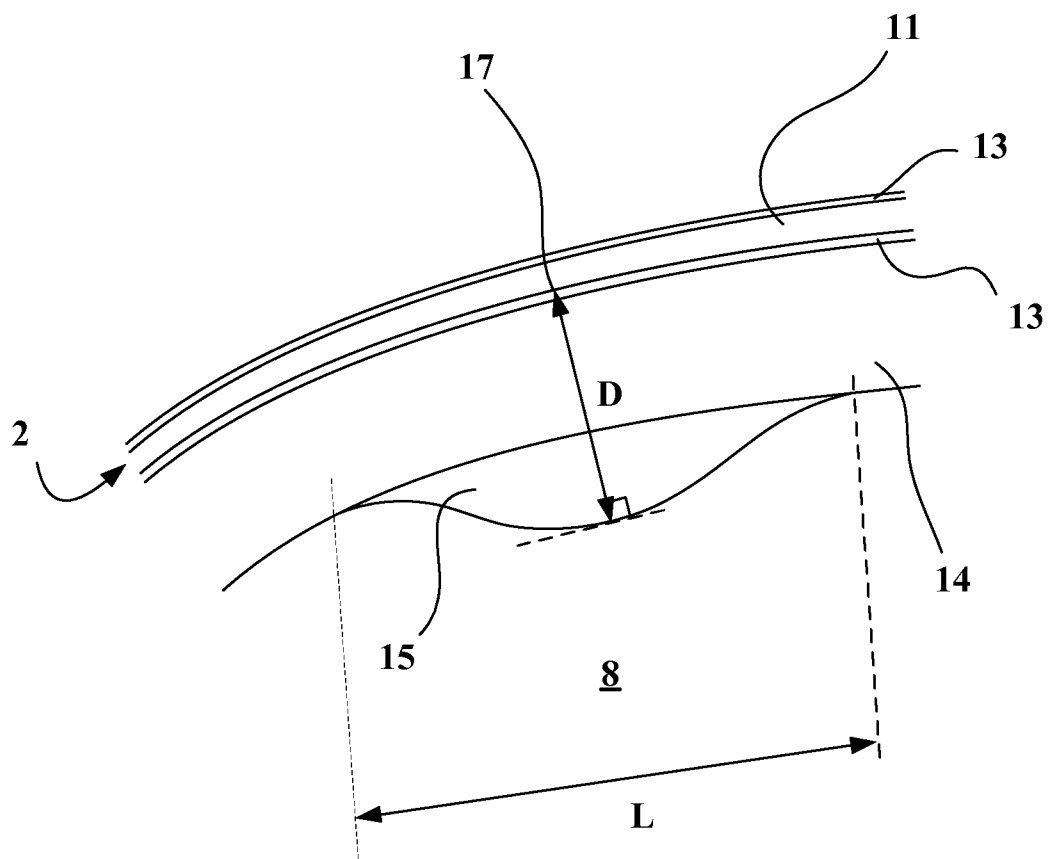


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/064750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B60C9/26 B60C9/00
 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.
Y	WO 2005/113258 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; CLUZEL GUY [FR]) 1 December 2005 (2005-12-01) cited in the application	1-11,13
A	page 10, line 16 - page 11, line 25; claims; figure 1	12
Y	FR 2 950 838 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 8 April 2011 (2011-04-08) paragraphs [0120] - [0126]; claims 1-3; figures 3,4	1-11,13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2014

Date of mailing of the international search report

10/09/2014

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

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/064750

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2005113258	A1	01-12-2005	AT 393036 T 15-05-2008
		BR PI0510968 A 27-11-2007	
		CN 1953879 A 25-04-2007	
		DE 602005006272 T2 16-07-2009	
		EP 1750954 A1 14-02-2007	
		FR 2870163 A1 18-11-2005	
		JP 4813466 B2 09-11-2011	
		JP 2007537081 A 20-12-2007	
		US 2008115873 A1 22-05-2008	
		WO 2005113258 A1 01-12-2005	

FR 2950838	A1	08-04-2011	CN 102574423 A 11-07-2012
		EP 2485903 A1 15-08-2012	
		FR 2950838 A1 08-04-2011	
		JP 2013507288 A 04-03-2013	
		RU 2012118659 A 20-11-2013	
		US 2012261046 A1 18-10-2012	
		WO 2011042435 A1 14-04-2011	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/064750

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B60C9/26 B60C9/00
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
Y	WO 2005/113258 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; CLUZEL GUY [FR]) 1 décembre 2005 (2005-12-01) cité dans la demande	1-11,13
A	page 10, ligne 16 - page 11, ligne 25; revendications; figure 1	12
Y	FR 2 950 838 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 8 avril 2011 (2011-04-08) alinéas [0120] - [0126]; revendications 1-3; figures 3,4	1-11,13



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



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 août 2014

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10/09/2014

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

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/064750

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2005113258	A1	01-12-2005	AT 393036 T 15-05-2008
		BR PI0510968 A 27-11-2007	
		CN 1953879 A 25-04-2007	
		DE 602005006272 T2 16-07-2009	
		EP 1750954 A1 14-02-2007	
		FR 2870163 A1 18-11-2005	
		JP 4813466 B2 09-11-2011	
		JP 2007537081 A 20-12-2007	
		US 2008115873 A1 22-05-2008	
		WO 2005113258 A1 01-12-2005	

FR 2950838	A1	08-04-2011	CN 102574423 A 11-07-2012
		EP 2485903 A1 15-08-2012	
		FR 2950838 A1 08-04-2011	
		JP 2013507288 A 04-03-2013	
		RU 2012118659 A 20-11-2013	
		US 2012261046 A1 18-10-2012	
		WO 2011042435 A1 14-04-2011	
