

(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
28 juin 2012 (28.06.2012)

(10) Numéro de publication internationale

WO 2012/084945 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B60C 15/06 (2006.01) **D07B 1/16** (2006.01)

DOMINGO, Alain [FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **NOEL, Sébastien** [FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/073406

(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).

(22) Date de dépôt international :
20 décembre 2011 (20.12.2011)

(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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(25) Langue de dépôt : français
(26) Langue de publication : français

(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, MD, RU,

(30) Données relatives à la priorité :
1060881 21 décembre 2010 (21.12.2010) FR

(71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*) : **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) Inventeurs; et

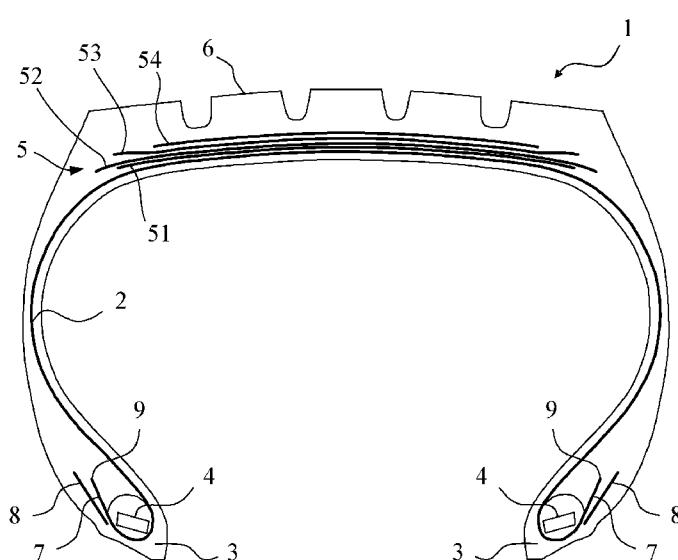
(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **SALLAZ, Gilles** [FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **DEGEORGES, Agnès** [FR/FR]; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TYRE, THE CARCASS REINFORCEMENT OF WHICH IS REINFORCED WITH A LAYER OF REINFORCING ELEMENTS IN THE BEAD REGION

(54) Titre : PNEUMATIQUE DONT L'ARMATURE DE CARCASSE EST RENFORCEE PAR UNE COUCHE D'ELEMENTS DE RENFORCEMENT DANS LA ZONE DU BOURRELET

FIG. 1



(57) **Abstract** : The invention relates to a tyre with a radial carcass reinforcement which is made up of at least one layer of reinforcing elements which is anchored in each of the beads by being wrapped around a bead wire, said wrapped-around portion of carcass reinforcement being reinforced by at least one layer of reinforcing elements or stiffener. According to the invention, the reinforcing elements of at least one stiffener are unwrapped metal chords with saturated layers which in the test known as the permeability test return a flowrate of less than $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ and the thickness of the polymer compounds separating the stiffener from the end of the wrapped-around portion of carcass reinforcement is strictly less than 3.5 mm.

(57) **Abrégé** : L'invention concerne un pneumatique à armature de carcasse radiale, constituée d'au moins une couche d'éléments de renforcement ancrée dans chacun des bourrelets par retournement autour d'une tringle, ledit retournement d'armature de carcasse étant renforcé par au moins une couche d'éléments de renforcement ou raidisseur. Selon l'invention, les éléments de renforcement d'au moins

[Suite sur la page suivante]



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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

- 1 -

**PNEUMATIQUE DONT L'ARMATURE DE CARCASSE EST RENFORCEE
PAR UNE COUCHE D'ELEMENTS DE RENFORCEMENT DANS LA ZONE
DU BOURRELET**

[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 et roulant à vitesse soutenue, 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] De tels pneumatiques comportent encore usuellement au niveau des bourrelets une ou plusieurs couches d'éléments de renforcement appelés raidisseurs. Ces couches sont le plus souvent constituées d'éléments de renforcement orientés par rapport à la direction circonférentielle d'un angle inférieur à 45°, et le plus souvent inférieur à 25°. Ces couches d'éléments de renforcements ont notamment pour fonction de limiter les déplacements longitudinaux des matériaux constitutifs du bourrelet par rapport à la jante de la roue pour limiter une usure prématuée dudit bourrelet. Elles permettent également de limiter la

- 2 -

déformation permanente du bourrelet sur le crochet de jante, due au phénomène de fluage dynamique des matériaux élastomériques ; Cette déformation du bourrelet peut empêcher le rechapage des pneumatiques lorsqu'elle est excessive. Elles contribuent encore à la protection des zones basses du pneumatique contre les agressions subies lors du montage et
5 du démontage des pneumatiques sur les jantes.

[0004] Par ailleurs, dans le cas d'ancrage de l'armature de carcasse réalisé autour d'une tringle, qui consiste à enrouler au moins en partie l'armature de carcasse autour d'une tringle dans chacun des bourrelets en formant un retournement s'étendant plus ou moins haut dans le flanc, les couches d'éléments de renforcement ou raidisseur permettent encore d'éviter ou de retarder le déroulement de l'armature de carcasse lors d'échauffements accidentels et excessifs de la jante.
10

[0005] Ces couches d'éléments de renforcement ou raidisseurs sont le plus souvent disposées axialement à l'extérieur du retournement de l'armature de carcasse et s'étendent sur une hauteur dans le flanc supérieure à celle du retournement notamment pour couvrir les
15 extrémités libres des éléments de renforcement dudit retournement.

[0006] Bien que les pneumatiques ne soient pas prévus pour ces cas, il est connu que dans certains pays les pneumatiques sont utilisés en dehors des conditions normales notamment en termes de charges portées et de pression de gonflage. La présence de couches d'éléments de renforcement ou raidisseurs permet encore d'améliorer la résistance des pneumatiques à de telles sollicitations. En effet, il semble que le raidisseur va protéger
20 l'armature de carcasse dans la zone du bourrelet du pneumatique contre ces sollicitations correspondant à des usages excessifs. Cette protection ne se fait toutefois pas sans risque d'endommagement dudit raidisseur ; on observe notamment lors de tels usages des cassures des éléments de renforcement du raidisseur dans les zones de mise en compression et/ou des
25 endommagements par fissuration des mélanges polymériques environnant l'extrémité radialement extérieure du raidisseur.

[0007] Afin d'éviter des dégradations plus importantes de la zone du bourrelet et notamment une propagation des fissures en direction du retournement de l'armature de carcasse, il est usuel de décaler les extrémités du retournement de l'armature de carcasse et

- 3 -

du raidisseur selon la direction radiale, le décalage étant suffisamment important pour éviter ces propagations.

[0008] Il est par ailleurs usuel de recouvrir l'extrémité radialement extérieure du raidisseur avec une couche de mélange polymérique, que l'on qualifie de bordage, présentant un module égal à celui du calandrage du raidisseur et avantageusement de même nature que celui-ci. Un tel bordage contribue à la bonne cohésion, après vulcanisation, des différents constituants du pneumatique dans cette zone proche de l'extrémité radialement extérieure du raidisseur.

[0009] Il est encore connu d'intercaler une couche de mélange polymérique entre au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse et le raidisseur, éventuellement bordé, dont le module d'élasticité est relativement faible, inférieur au module du calandrage du raidisseur, et habituellement inférieur à 4 MPa. Il apparaît ainsi un gradient de module au travers des différents mélanges polymériques séparant l'extrémité du retournement d'armature de carcasse et le raidisseur. Ce gradient retarde l'initiation de fissures à l'extrémité du raidisseur et limite leur propagation notamment en direction de l'extrémité du retournement de l'armature de carcasse. Ce gradient peut par exemple permettre de limiter le décalage entre les extrémités du retournement de l'armature de carcasse et du raidisseur selon la direction radiale. La somme des épaisseurs de mélanges au niveau de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est habituellement supérieure à 3.5 mm et le plus souvent de l'ordre de 4.5 mm. La somme des épaisseurs englobe l'épaisseur des calandrages du raidisseur et du retournement d'armature de carcasse, l'épaisseur de la couche de mélange polymérique au contact du retournement d'armature de carcasse et dont le module d'élasticité est habituellement inférieur à 4 MPa et l'épaisseur de la couche de bordage si elle est présente et vient s'intercaler entre le raidisseur et une partie du retournement de l'armature de carcasse.

[0010] Les contraintes excessives en termes de charges portées et de pression de gonflage accentuent le risque d'un déroulement de l'armature de carcasse. Une solution serait alors de réaliser un retournement de l'armature de carcasse dont l'extrémité est radialement plus éloignée de la tringle mais il ressort de ce qui vient d'être présentée que simultanément, l'extrémité radialement extérieure du raidisseur qui serait radialement encore plus éloignée de la tringle subirait d'avantage de sollicitations lors du roulage du

- 4 -

pneumatique augmentant les risques de fissuration au sein des mélanges polymériques environnants.

[0011] Les inventeurs se sont ainsi donnés pour mission de fournir des pneumatiques pour véhicules lourds de type "Poids Lourds", dont les performances d'endurance sont améliorées lors, notamment, d'un usage excessif en termes de charges portées et de pression de gonflage pouvant conduire notamment à un déroulement de l'armature de carcasse.

[0012] Ce but a été atteint selon l'invention par un pneumatique à armature de carcasse radiale, constituée d'au moins une couche d'éléments de renforcement, ledit pneumatique comprenant une armature de sommet, elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, au moins une couche d'éléments de renforcement de l'armature de carcasse étant ancrée dans chacun des bourrelets par retournement autour d'une tringle, ledit retournement d'armature de carcasse étant renforcé par au moins une couche d'éléments de renforcement ou raidisseur, les éléments de renforcement d'au moins un raidisseur étant des câbles métalliques non frettés à couches saturées présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ et, l'épaisseur des mélanges polymériques séparant le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse étant strictement inférieure à 3.5 mm et de préférence inférieure ou égale à 3 mm.

[0013] Au sens de l'invention, une couche saturée d'un câble à couches est une couche constituée de fils dans laquelle il n'existe pas suffisamment de place pour y ajouter au moins un fil supplémentaire.

[0014] L'épaisseur des mélanges polymériques séparant le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est mesurée entre l'extrémité du retournement d'armature de carcasse et la projection orthogonale de ladite extrémité sur le raidisseur. Plus précisément elle est mesurée de câble à câble, c'est-à-dire entre un câble du retournement d'armature de carcasse et un câble du raidisseur. En d'autres termes, cette épaisseur englobe les épaisseurs respectives des mélanges caoutchouteux de calandrage du raidisseur et du retournement d'armature de carcasse, l'épaisseur d'un mélange polymérique éventuellement présent pour séparer l'extrémité du retournement d'armature de carcasse du raidisseur ainsi que l'épaisseur d'une couche de bordage de l'extrémité radialement

- 5 -

extérieure du raidisseur si elle est présente et s'engage entre le raidisseur et le retournement d'armature de carcasse.

[0015] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, l'extrémité radialement extérieure du raidisseur est radialement extérieure à l'extrémité du retournement.

5 [0016] Selon une première variante de l'invention, au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est séparée du raidisseur par au moins une couche de mélange polymérique. Cette première variante de l'invention reproduit une configuration usuelle avec une épaisseur de ladite au moins une couche de mélange polymérique réduite. Il est possible de retrouver comme expliqué précédemment une combinaison d'une couche 10 de bordage du raidisseur qui vient s'intercaler entre le raidisseur et le retournement d'armature de carcasse et une couche de mélange polymérique au contact du retournement d'armature de carcasse et dont le module d'élasticité permet de créer un gradient de module.

15 [0017] Selon une deuxième variante de l'invention, les couches de calandrage du raidisseur et du retournement de l'armature de carcasse sont au contact l'une de l'autre. Selon cette deuxième variante de l'invention, aucune couche de mélange polymérique n'est présente pour séparer l'extrémité du retournement d'armature de carcasse du raidisseur. Selon cette deuxième variante de l'invention, une couche de bordage coiffant l'extrémité 20 radialement extérieure du raidisseur peut être présente mais elle ne s'engage pas entre le raidisseur et le retournement de l'armature de carcasse.

[0018] Selon une troisième variante de l'invention, au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est séparée du raidisseur par une couche de bordage coiffant l'extrémité radialement extérieure du raidisseur.

25 [0019] 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.

[0020] La direction transversale ou axiale du pneumatique est parallèle à l'axe de rotation du pneumatique.

- 6 -

[0021] La direction radiale est une direction coupant l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire à celui-ci.

[0022] L'axe de rotation du pneumatique est l'axe autour duquel il tourne en utilisation normale.

5 [0023] Un plan radial ou méridien est un plan qui contient l'axe de rotation du pneumatique.

[0024] 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.

10 [0025] 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.

15 [0026] 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. Dans le cas de câbles frettés, on réalise le test après avoir enlevé le filé retordu ou non utilisé comme brin de frette.

20 [0027] 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 cm³/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.

25 [0028] 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

- 7 -

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 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).

[0029] 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.

[0030] Des câbles présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $20 \text{ cm}^3/\text{mn}$ présentent un taux de pénétration supérieure à 66%.

[0031] Des câbles présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $2 \text{ cm}^3/\text{mn}$ présentent un taux de pénétration supérieure à 90%.

[0032] 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 périphérie de l'échantillon et répétées sur cinq échantillons de câbles.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] Les inventeurs ont su mettre en évidence qu'un pneumatique ainsi réalisé selon l'invention conduit à des améliorations en termes d'endurance notamment lorsque celui-ci est soumis à des contraintes excessives. En effet, les essais réalisés avec des charges portées excessives, le pneumatique étant gonflé à une pression supérieure à la pression

- 8 -

recommandée, ont montré que celui-ci ne présentait pas d'endommagements trop prononcés au niveau de la zone des bourrelets et que l'on n'observe pas de déroulement de l'armature de carcasse lors des roulages. Un pneumatique de conception plus usuel utilisé dans les mêmes conditions montre soit un endommagement beaucoup plus prononcé, des fissurations se propageant jusqu'au retournement d'armature de carcasse, soit un déroulement de l'armature de carcasse lors du roulage, notamment dans des situations de freinage intensif et prolongé.

[0036] Les inventeurs interprètent ces résultats par la présence d'un raidisseur constitué de câbles non frettés à couches saturées présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ qui permet de limiter les risques d'apparition de fissure dans les mélanges polymériques aux extrémités du raidisseur. L'épaisseur des mélanges polymériques inférieure au cas de pneumatiques de conception plus usuelle, entre le raidisseur et l'extrémité du retournement de l'armature de carcasse n'est ainsi pas pénalisante bien qu'une telle épaisseur réduite soit plus favorable à la propagation des fissures ; une épaisseur inférieure au cas de pneumatiques de conception plus usuelle semble en outre permettre d'améliorer la tenue dudit retournement notamment en ce qui concerne les risques de déroulement de l'armature de carcasse dans des cas de freinage intensif et prolongé plus particulièrement en cas de surcharge sur le pneumatique. En effet, il est ainsi possible d'améliorer la tenue de l'armature carcasse et d'éviter son déroulement sans pénaliser les extrémités radialement extérieures du raidisseur et du retournement de l'armature de carcasse du fait d'une conception plus favorable à la propagation de fissures.

[0037] Une moindre apparition de phénomènes de fissuration à l'extrémité radialement intérieure du raidisseur, sans doute liée à la présence de câbles du raidisseur présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ semble également contribuer à lutter contre le déroulement de l'armature de carcasse.

[0038] Les câbles du raidisseur selon l'invention conduisent encore à une amélioration de l'endurance du raidisseur. En effet, les éléments de renforcement du raidisseur sont notamment soumis à des contraintes de flexion et compression lors des roulages qui vont à l'encontre de leur endurance. Les câbles qui constituent les éléments de renforcement des raidisseurs sont en effet soumis à des contraintes importantes lors du roulage des pneumatiques, notamment à des flexions ou variations de courbure répétées induisant au

- 9 -

niveau des fils des frottements, et donc de l'usure, ainsi que de la fatigue ; Ce phénomène est qualifié de "fretting-fatigue".

[0039] Pour remplir leur fonction de renforcement du raidisseur, lesdits câbles doivent tout d'abord présenter une bonne flexibilité et une endurance élevée en flexion, ce qui implique notamment que leurs fils présentent un diamètre relativement faible, de préférence inférieur à 0,28 mm, plus préférentiellement inférieur à 0,25 mm, plus petit généralement que celui des fils utilisés dans les câbles conventionnels par exemple pour les armatures de sommet des pneumatiques.

[0040] Les câbles du raidisseur sont également sujets à des phénomènes dits de "fatigue-corrosion" dus à la nature même des câbles qui favorisent le passage voire drainent des agents corrosifs tels que l'oxygène et l'humidité. En effet, l'air ou l'eau qui pénètrent dans le pneumatique par exemple lors d'une dégradation lors d'une coupure ou plus simplement du fait de la perméabilité, même faible de la surface intérieur du pneumatique, peuvent être conduits par les canaux formés au sein des câbles du fait même de leur structure.

[0041] Tous ces phénomènes de fatigue que l'on regroupe généralement sous le terme générique de "fretting-fatigue-corrosion" sont à l'origine d'une dégénérescence progressive des propriétés mécaniques des câbles et peuvent affecter, pour les conditions de roulage les plus sévères, la durée de vie de ces derniers.

[0042] Les câbles selon l'invention vont donc permettre aux raidisseurs de mieux résister à ces phénomènes de "fretting-fatigue-corrosion".

[0043] De préférence encore selon l'invention, les câbles d'au moins un raidisseur présentent au test dit de perméabilité un débit inférieur à $2 \text{ cm}^3/\text{mn}$.

[0044] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, lesdits éléments de renforcement métalliques présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ d'au moins un raidisseur sont des câbles à au moins deux couches, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

- 10 -

[0045] 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 cm³/mn.

[0046] Les câbles de l'armature de carcasse qui sont soumis de la même façon aux phénomènes de "fretting-fatigue-corrosion" peuvent ainsi présenter également une meilleure résistance à ces phénomène d'usure et de fatigue et donc contribuer à améliorer l'endurance du pneumatique notamment utilisée dans des conditions extrêmes.

[0047] Dans le cas d'une armature de carcasse comportant plusieurs couches d'éléments de renforcement, chacune desdites couches peut être conforme à l'invention. Avantageusement au moins la couche radialement extérieure comporte des câbles métalliques présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur 20 cm³/mn.

[0048] De préférence encore selon l'invention, les câbles d'au moins une couche 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.

[0049] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, lesdits éléments de renforcement métalliques présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles à au moins deux couches, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

[0050] L'invention propose encore un pneumatique à armature de carcasse radiale, constituée d'au moins une couche d'éléments de renforcement, ledit pneumatique comprenant une armature de sommet, elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, au moins une couche d'éléments de renforcement de l'armature de carcasse étant ancrée dans chacun des bourrelets par retournement autour d'une tringle, ledit retournement d'armature de carcasse étant renforcé par au moins une couche d'éléments de renforcement ou raidisseur, au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse étant séparé du raidisseur par une couche de mélange polymérique, les éléments de

- 11 -

renforcement d'au moins un raidisseur étant des câbles métalliques non frettés à au moins deux couches saturées, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique et l'épaisseur des 5 mélanges polymériques séparant le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse étant strictement inférieure à 3.5 mm et de préférence inférieure ou égale à 3 mm.

[0051] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, l'extrémité radialement extérieure du raidisseur est radialement extérieure à l'extrémité du retournement.

[0052] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les éléments de renforcement d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont alors des câbles métalliques à au moins deux couches, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

[0053] Au sens de l'invention, des câbles métalliques non frettés à au moins deux couches saturées, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition polymérique telle qu'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée présentent au test dit de perméabilité un débit quasi nul et donc inférieur à 5 cm³/min.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] On notera également que la composition de caoutchouc de cette gaine est 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

- 12 -

qualifiée d'infusible, du fait qu'elle ne peut pas être fondue par chauffage à quelque température que ce soit.

[0057] 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 monomères diènes (monomères porteurs de deux doubles liaisons carbone-carbone, conjuguées ou non).

[0058] Les élastomères diéniques peuvent être classés de manière connue en deux catégories : ceux dits "essentiellement insaturés" et ceux dits "essentiellement saturés". De manière générale, on entend ici par élastomère diénique "essentiellement insaturé" un élastomère diénique issu au moins en partie de monomères diènes conjugués, ayant un taux de motifs ou unités d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 15% (% en moles). C'est ainsi, par exemple, que des élastomères diéniques tels que les caoutchoucs butyle ou les copolymères de diènes et d'alpha-oléfines type EPDM n'entrent pas dans la définition précédente et peuvent être notamment qualifiés d'élastomères diéniques "essentiellement saturés" (taux de motifs d'origine diénique faible ou très faible, toujours inférieur à 15%). Dans la catégorie des élastomères diéniques "essentiellement insaturés", on entend en particulier par élastomère diénique "fortement insaturé" un élastomère diénique ayant un taux de motifs d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 50%.

[0059] Ces définitions étant données, on entend plus particulièrement par élastomère diénique susceptible d'être utilisé dans le câble de l'invention :

- (a) tout homopolymère obtenu par polymérisation d'un monomère diène conjugué ayant de 4 à 12 atomes de carbone;
- (b) tout copolymère obtenu par copolymérisation d'un ou plusieurs diènes conjugués entre eux ou avec un ou plusieurs composés vinyle aromatique ayant de 8 à 20 atomes de carbone;
- (c) un copolymère ternaire obtenu par copolymérisation d'éthylène, d'une α-oléfine ayant 3 à 6 atomes de carbone avec un monomère diène non conjugué ayant de 6 à 12 atomes de carbone, comme par exemple les élastomères obtenus à partir d'éthylène, de propylène avec un monomère diène non conjugué du type

- 13 -

précité tel que notamment l'hexadiène-1,4, l'éthylidène norbornène, le dicyclopentadiène;

(d) un copolymère d'isobutène et d'isoprène (caoutchouc butyle), ainsi que les versions halogénées, en particulier chlorées ou bromées, de ce type de copolymère.

5

[0060] Bien qu'elle s'applique à tout type d'élastomère diénique, la présente invention est en premier lieu mise en œuvre avec des élastomères diéniques essentiellement insaturés, en particulier du type (a) ou (b) ci-dessus.

10 **[0061]** Ainsi, l'élastomère diénique est préférentiellement choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes (BR), le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères de butadiène, les différents copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères. De tels copolymères sont plus préférentiellement choisis dans le groupe constitué par les copolymères de butadiène-styrène (SBR), les copolymères d'isoprène-butadiène (BIR), les copolymères d'isoprène-styrène (SIR) et les copolymères d'isoprène-butadiène-styrène (SBIR).

15 **[0062]** De préférence encore selon l'invention, l'élastomère diénique choisi est majoritairement (c'est-à-dire pour plus de 50 pce) constitué d'un élastomère isoprénique. Par "élastomère isoprénique", on entend de manière connue un homopolymère ou un copolymère d'isoprène, en d'autres termes un élastomère diénique choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.

20 **[0063]** Selon un mode avantageux de l'invention, l'élastomère diénique choisi est exclusivement (c'est-à-dire pour 100 pce) constitué de caoutchouc naturel, de polyisoprène de synthèse ou d'un mélange de ces élastomères, le polyisoprène de synthèse ayant un taux (% molaire) de liaisons cis-1,4 de préférence supérieur à 90%, plus préférentiellement encore supérieur à 98%.

25 **[0064]** On pourrait aussi utiliser, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, des coupages (mélanges) de ce caoutchouc naturel et/ou ces polyisoprènes de synthèse avec

- 14 -

d'autres élastomères diéniques fortement insaturés, notamment avec des élastomères SBR ou BR tels que précités.

[0065] La gaine de caoutchouc du câble de l'invention peut contenir un seul ou plusieurs élastomère(s) diénique(s), ce(s) dernier(s) pouvant être utilisé(s) en association avec tout type d'élastomère synthétique autre que diénique, voire avec des polymères autres que des élastomères, par exemple des polymères thermoplastiques, ces polymères autres qu'élastomères étant alors présents à titre de polymère minoritaire.

[0066] Bien que la composition de caoutchouc de ladite gaine soit préférentiellement dépourvue de tout plastomère et qu'elle ne comporte qu'un élastomère (ou mélange d'élastomères) diénique(s) comme base polymérique, ladite composition pourrait aussi comprendre au moins un plastomère selon une fraction massique x_p inférieure à la fraction massique x_e du(des) élastomère(s). Dans un tel cas, on a de préférence la relation suivante : $0 < x_p < 0,5 \cdot x_e$, et plus préférentiellement : $0 < x_p < 0,1 \cdot x_e$.

[0067] 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. Le soufre est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 1 et 8 pce, l'accélérateur primaire de vulcanisation, par exemple un sulfénamide, est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 0,5 et 5,0 pce.

[0068] La composition de caoutchouc de la gaine selon l'invention comprend, 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-vieillissement, 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.

- 15 -

[0069] De préférence, la composition de la gaine de caoutchouc présente, à l'état réticulé, un module sécant en extension à 10% d'allongement (noté M10), mesuré selon la norme ASTM D 412 de 1998, inférieur à 20 MPa et plus préférentiellement inférieur à 12 MPa, en particulier entre 4 et 11 MPa.

5 **[0070]** 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.

10 **[0071]** De préférence, ladite composition est à base de caoutchouc naturel et elle comprend du noir de carbone à titre de charge renforçante, par exemple un noir de carbone de grade (ASTM) 300, 600 ou 700 (par exemple N326, N330, N347, N375, N683, N772).

15 **[0072]** Selon une variante de l'invention, les éléments de renforcement, d'au moins un raidisseur, présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 5 cm³/mn et avantageusement encore les éléments de renforcement, d'au moins une couche de l'armature de carcasse, présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn sont des câbles métalliques à couches de construction [L+M] ou [L+M+N], comportant une première couche C1 à L fils de diamètre d₁ avec L allant de 1 à 4, entourée d'au moins une couche intermédiaire C2 à M fils de diamètre d₂ enroulés ensemble en hélice selon un pas p₂ avec M allant de 3 à 12, ladite couche C2 étant éventuellement entourée d'une couche externe C3 de N fils de diamètre d₃ enroulés ensemble en hélice selon un pas p₃ avec N allant de 8 à 20, une gaine constituée d'une composition de caoutchouc 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.

20 **[0073]** De préférence, le diamètre des fils de la première couche de la couche interne (C1) est compris entre 0.10 et 0.5 mm et le diamètre des fils des couches externes (C2, C3) est compris entre 0.10 et 0.5 mm.

[0074] De préférence encore, le pas d'hélice d'enroulement desdits fils de la couche externe (C3) est compris entre 8 et 25 mm.

- 16 -

[0075] Au sens de l'invention, le pas 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.

[0076] Avantageusement, le câble présente l'une, et plus préférentiellement encore l'ensemble des caractéristiques suivantes qui est vérifié(e) :

- 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 ;
- 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.

[0077] Dans la construction L+M+N selon l'invention, la couche intermédiaire C2 comporte de préférence six ou sept fils, et le câble conforme à l'invention présente alors les caractéristiques préférentielles suivantes (d_1 , d_2 , d_3 , p_2 et p_3 en mm) :

- (i) $0,10 < d_1 < 0,28$;
- (ii) $0,10 < d_2 < 0,25$;
- (iii) $0,10 < d_3 < 0,25$;
- (iv) $M = 6$ ou $M = 7$;
- (v) $5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 \leq p_3 < 5 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3)$;
- (vi) les fils desdites couches C2, C3 sont enroulés dans le même sens de torsion (S/S ou Z/Z).

[0078] De préférence, la caractéristique (v) est telle que $p_2 = p_3$, de telle sorte que le câble est dit compact compte tenu par ailleurs de la caractéristique (vi) (fils des couches C2 et C3 enroulés dans le même sens).

- 17 -

[0079] Selon la caractéristique (vi), tous les fils des couches C2 et C3 sont enroulés dans le même sens de torsion, c'est-à-dire soit dans la direction S (disposition "S/S"), soit dans la direction Z (disposition "Z/Z"). L'enroulement dans le même sens des couches C2 et C3 permet avantageusement, dans le câble conforme à l'invention, de minimiser les frottements entre ces deux couches C2 et C3 et donc l'usure des fils qui les constituent (puisque'il n'y a plus de contact croisé entre les fils).

[0080] De préférence, lesdits câbles métalliques d'au moins un raidisseur présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ et avantageusement encore lesdits câbles métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $20 \text{ cm}^3/\text{mn}$ sont des câbles à couches de construction notée 1+M+N, c'est-à-dire que la couche interne C1 est constituée d'un seul fil.

[0081] Avantageusement encore, les rapports (d_1/d_2) sont de préférence fixés dans des limites données, selon le nombre M (6 ou 7) de fils de la couche C2, comme suit :

$$\begin{aligned} \text{pour } M = 6 : \quad & 0,9 < (d_1 / d_2) < 1,3 ; \\ \text{pour } M = 7 : \quad & 1,3 < (d_1 / d_2) < 1,6 . \end{aligned}$$

[0082] Une valeur trop faible du rapport d_1 / d_2 peut être préjudiciable à l'usure entre la couche interne et les fils de la couche C2. Une valeur trop élevée peut quant à elle nuire à la compacité du câble, pour un niveau de résistance en définitive peu modifié, ainsi qu'à sa flexibilité ; la rigidité accrue de la couche interne C1 due à un diamètre d_1 trop élevé pourrait être par ailleurs préjudiciable à la faisabilité elle-même du câble, lors des opérations de câblage.

[0083] Les fils des couches C2 et C3 peuvent avoir un diamètre identique ou différent d'une couche à l'autre. On utilise de préférence des fils de même diamètre ($d_2=d_3$), notamment pour simplifier le procédé de câblage et abaisser les coûts.

[0084] Le nombre maximal N_{\max} de fils enroulables en une couche unique saturée C3 autour de la couche C2 est bien entendu fonction de nombreux paramètres (diamètre d_1 de la couche interne, nombre M et diamètre d_2 des fils de la couche C2, diamètre d_3 des fils de la couche C3).

- 18 -

[0085] Lesdits câbles métalliques d'au moins un raidisseur présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 5 cm³/mn et avantageusement encore lesdits câbles métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn sont de préférence choisis parmi les câbles de structure 1+6+10, 1+6+11, 1+6+12, 1+7+11, 1+7+12 ou 1+7+13.

[0086] Pour un meilleur compromis entre résistance, faisabilité et tenue en flexion du câble, d'une part, et pénétrabilité par le caoutchouc, d'autre part, on préfère que les diamètres des fils des couches C2 et C3, identiques ou non, soient inférieurs à 0,22 mm et de préférence supérieur à 0,12 mm.

[0087] Dans un tel cas, on a plus préférentiellement les relations suivantes qui sont vérifiées :

$$0,14 < d_1 < 0,22 ;$$

$$0,12 < d_2 \leq d_3 < 0,20 ;$$

$$5 < p_2 \leq p_3 < 12 \text{ (pas en mm réduits) ou bien } 20 < p_2 \leq p_3 < 30 \text{ (pas en mm élevés).}$$

[0088] Un diamètre inférieur à 0,19 mm permet de réduire le niveau des contraintes subies par les fils lors des variations importantes de courbure des câbles, alors qu'on choisit de préférence des diamètres supérieurs à 0,16 mm pour des raisons notamment de résistance des fils et de coût industriel.

[0089] Un mode de réalisation avantageux consiste par exemple à choisir p₂ et p₃ compris entre 8 et 12 mm, avantageusement avec des câbles de structure 1+6+12.

[0090] De préférence, la gaine de caoutchouc présente une épaisseur moyenne allant de 0,010 mm à 0,040 mm.

[0091] D'une manière générale, lesdits câbles métalliques d'au moins un raidisseur présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 5 cm³/mn et avantageusement encore lesdits câbles métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à 20 cm³/mn selon l'invention peuvent être réalisés avec tout type de fils métalliques, notamment en acier, par exemple des

- 19 -

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.

[0092] 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 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.

[0093] Lesdits câbles métalliques d'au moins un raidisseur et avantageusement encore d'au moins une couche de l'armature de carcasse selon l'invention pourront être obtenus 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 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.

[0094] Selon une première variante de réalisation de l'invention, lorsqu'au moins une couche de mélange polymérique est présente pour séparer le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse le module d'élasticité de la couche de mélange au contact du retournement d'armature de carcasse est supérieur à 4 MPa. La présence d'une couche de mélange polymérique, présentant un module d'élasticité supérieur au cas de pneumatique de conception plus usuelle, entre le raidisseur et l'extrémité du retournement de l'armature de carcasse est apparu comme n'étant pas pénalisante bien que ladite couche de mélange polymérique soit plus favorable à la propagation des fissures ; en outre, un tel mélange polymérique présentant un module d'élasticité supérieur au cas de pneumatiques de conception plus usuelle semble permettre de contribuer à améliorer la tenue dudit retournement notamment en ce qui concerne les risques de déroulement de l'armature de

- 20 -

carcasse dans des cas de freinage intensif et prolongé plus particulièrement en cas de surcharge sur le pneumatique.

[0095] Selon une deuxième variante de réalisation de l'invention, le module d'élasticité de la couche de mélange polymérique séparant le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse et au contact dudit retournement d'armature de carcasse est strictement inférieur à 4 MPa.

[0096] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le retournement de l'armature de carcasse étant séparé de l'armature de carcasse par un mélange polymérique positionné radialement à l'extérieur de la tringle, ledit mélange polymérique présente un module d'élasticité supérieur à 4 MPa. Une telle valeur du module d'élasticité de ce mélange polymérique séparant le retournement de l'armature de carcasse de l'armature elle-même contribue encore à une meilleure résistance au déroulement du pneumatique.

[0097] De préférence encore, le mélange polymérique séparant le retournement de l'armature de carcasse de l'armature de carcasse présente le même module d'élasticité que celui de la couche de mélange polymérique au contact du retournement d'armature de carcasse et séparant au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse du raidisseur lorsque cette dernière est présente. Avantageusement les deux mélanges polymériques sont identiques en termes de composition.

[0098] Une réalisation avantageuse de l'invention prévoit que le module d'élasticité des mélanges polymériques des couches de calandrage de l'armature de carcasse est inférieur ou égal à 8 MPa. De tels mélanges polymériques peuvent être utilisés en combinaison avec les caractéristiques du raidisseur selon l'invention sans nuire au risque de déroulement de l'armature de carcasse. Il est en effet usuel d'utiliser des mélanges polymériques présentant des modules plus importants pour améliorer la résistance au déroulement de l'armature de carcasse ; de tels modules sont habituellement de l'ordre de 12 MPa. L'utilisation de mélanges dont les modules d'élasticité sont inférieurs ou égaux à 8 MPa va permettre d'améliorer les propriétés du pneumatique en matière de résistance au roulement. Plus exactement, 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.

- 21 -

[0099] Selon une variante de réalisation de l'invention, le module d'élasticité des mélanges polymériques des couches de calandrage de l'armature de carcasse est identique aux modules d'élasticité du mélange polymérique séparant le retournement de l'armature de carcasse de l'armature de carcasse et de la couche de mélange polymérique au contact du
5 retournement d'armature de carcasse et séparant au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse du raidisseur lorsque cette dernière est présente.

[00100] Les module d'élasticité sont les modules sécants en extension à 10% d'allongement (noté M10), mesurés selon la norme ASTM D 412 de 1998.

[00101] Selon une variante de réalisation de l'invention, l'armature de sommet du
10 pneumatique est formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45°.

[00102] Selon d'autres variantes de réalisation de l'invention, l'armature de sommet comporte encore au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

15 [00103] 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 inextensibles de la couche de travail qui lui est radialement
20 adjacente.

[00104] La couche de protection peut avoir une largeur axiale inférieure à la largeur axiale de la couche de travail la moins large. Ladite couche de protection peut aussi avoir une largeur axiale supérieure à la largeur axiale de la couche de travail la moins large, telle qu'elle recouvre les bords de la couche de travail la moins large et, dans le cas de la couche radialement supérieure comme étant le moins large, telle qu'elle soit couplée, dans le prolongement axial de l'armature additionnelle, avec la couche de sommet de travail la plus large sur une largeur axiale, pour être ensuite, axialement à l'extérieur, découpée de ladite couche de travail la plus large par des profilés d'épaisseur au moins égale à 2 mm. La couche de protection formée d'éléments de renforcement élastiques peut, dans le cas cité ci-

- 22 -

dessus, être d'une part éventuellement découpée des bords de ladite couche de travail la moins large par des profilés d'épaisseur sensiblement moindre que l'épaisseur des profilés séparant les bords des deux couches de travail, et avoir d'autre part une largeur axiale inférieure ou supérieure à la largeur axiale de la couche de sommet la plus large.

5 [00105] 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 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 inextensibles métalliques en acier faisant, avec la direction circonférentielle, un angle supérieur à 60° 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.

10 [00106] D'autres détails et caractéristiques avantageux de l'invention ressortiront ci-après de la description des exemples de réalisation de l'invention notamment en référence aux figures 1 à 5 qui représentent :

- 15 - figure 1, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un mode de réalisation de l'invention,
- figure 2, une représentation schématique agrandie de la zone du bourrelet du pneumatique de la figure 1,
- figure 3, une représentation schématique d'une vue en coupe d'un premier exemple de câble métallique d'au moins un raidisseur du pneumatique de la figure 1,
- 20 - figure 4, une représentation schématique d'une vue en coupe d'un deuxième exemple de câble métallique d'au moins un raidisseur du pneumatique de la figure 1,
- figure 5, une représentation schématique d'une vue en coupe d'un troisième exemple de câble métallique d'au moins un raidisseur du pneumatique de la figure 1.

25 [00107] Les figures ne sont pas représentées à l'échelle pour en simplifier la compréhension.

[00108] Sur la figure 1, le pneumatique 1, de dimension 315/70 R 22.5, comprend une armature de carcasse radiale 2 ancrée dans deux bourrelets 3, autour de tringles 4. L'armature de carcasse 2 est formée d'une seule couche de câbles métalliques. L'armature

- 23 -

de carcasse 2 est frettée par une armature de sommet 5, elle-même coiffée d'une bande de roulement 6. L'armature de sommet 5 est formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- d'une couche de triangulation 51 formée de câbles métalliques inextensibles non frettés $2+7\times 0.28$, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 65° ,
- d'une première couche de travail 52 formée de câbles métalliques inextensibles non frettés $0.12+3+8\times 0.35$, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 18° ,
- d'une seconde couche de travail 53 formée de câbles métalliques inextensibles non frettés $0.12+3+8\times 0.35$, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 18° et croisés avec les câbles métalliques de la première couche de travail,
- d'une couche de protection 54 formées de câbles métalliques élastiques $3\times 2\times 0.35$.

[00109] La couche d'armature de carcasse 2 est enroulée autour d'une tringle 4 pour former un retournement 7. Le retournement 7 est encore renforcé par une couche 15 d'éléments de renforcement ou raidisseur 8 qui vient coiffer l'extrémité 9 du retournement 7.

[00110] La figure 2 illustre plus en détail une représentation schématique en coupe d'un bourrelet 3 du pneumatique dans lequel on retrouve une partie de la couche d'armature de carcasse 2 enroulée autour d'une tringle 4 pour former un retournement 7 dont l'extrémité 9 est coiffée par le raidisseur 8.

[00111] L'extrémité 10 du raidisseur 8 est ainsi radialement extérieure à l'extrémité 9 du retournement 7 de l'armature de carcasse. L'extrémité radialement extérieure du raidisseur est coiffée d'une couche de bordage 13 qui vient s'intercaler entre le raidisseur 8 et le retournement 7 d'armature de carcasse.

[00112] L'épaisseur E des mélanges polymériques entre l'extrémité 9 du retournement 7 de l'armature de carcasse et le point P du raidisseur 8 est égale à 3 mm. Conformément à l'invention une telle épaisseur est inférieure à 3.5 mm.

- 24 -

[00113] Dans le cas de l'exemple illustré sur la figure 2, une couche de mélange polymérique 11 est au contact du retournement 7 d'armature de carcasse et sépare l'extrémité 9 du retournement 7 d'armature de carcasse du raidisseur 8.

[00114] L'épaisseur E des mélanges polymériques séparant le raidisseur de l'extrémité 5 du retournement d'armature de carcasse est, conformément à l'invention, mesurée entre l'extrémité 9 du retournement 7 d'armature de carcasse et la projection orthogonale P de ladite extrémité 9 sur le raidisseur 8.

[00115] Cette épaisseur E se compose de la somme des épaisseurs respectives des calandrages du raidisseur et du retournement de l'armature de carcasse égale à 0.7 mm, de 10 l'épaisseur de la couche de bordage 13 égale à 1.2 mm et de celle de la couche de mélange polymérique 11 égale à 1.1 mm.

[00116] Un mélange polymérique 12 radialement extérieur à la tringle 4 sépare le retournement 7 de la couche 2 d'armature de carcasse.

[00117] La figure 3 illustre une représentation schématique de la section d'un câble 31 des raidisseurs 8 du pneumatique 1 de la figure 1. Ce câble 7a est un câble à couche de 15 structure 1+6+12, non fretté, constitué d'un noyau central formée d'un fil 32, d'une couche intermédiaire formée de six fils 33 et d'une couche externe formée de douze fils 35.

[00118] Il présente les caractéristiques suivantes (d et p en mm) :

- structure 1+6+12 ;
- $d_1 = 0.20$ (mm);
- $d_2 = 0.18$ (mm);
- $p_2 = 10$ (mm)
- $d_3 = 0.18$ (mm);
- $p_3 = 10$ (mm),
- $(d_2 / d_3) = 1$;

20 avec d_2 , p_2 , respectivement le diamètre et le pas d'hélice de la couche intermédiaire et d_3 et p_3 , respectivement le diamètre et le pas de d'hélice des fils de la couche externe.

[00119] L'âme du câble constitué du noyau central formé du fil 32 et de la couche 25 intermédiaire formée des six fils 33 est gainé par une composition de caoutchouc 34 à base d'élastomère diénique non vulcanisé (à l'état cru). Le gainage est obtenu via une tête

- 25 -

d'extrusion de l'âme constituée du fil 32 entouré des six fils 33, suivi d'une opération finale de retordage ou câblage des 12 fils 35 autour de l'âme ainsi gainée.

[00120] Le câble 31 présente au test dit de perméabilité, tel que décrit précédemment un débit égal à 0 cm³/mn et donc inférieur à 2 cm³/mn. Sa pénétration par la composition de caoutchouc est égale à 95 %.

[00121] Le câble 31 présente un diamètre égal à 0.95 mm.

[00122] La composition élastomérique constituant la gaine de caoutchouc 34 est réalisée à partir d'une composition telle que décrite précédemment à base de caoutchouc naturel et de noir de carbone.

[00123] La figure 4 illustre une représentation schématique de la section d'un autre câble 41 des raidisseurs 8 du pneumatique 1 selon l'invention en remplacement du câble de la figure 3. Ce câble 41 est un câble à couche de structure 3+9, non fretté, constitué d'une âme centrale formée d'un câble constitué de trois fils 42 retordus entre eux et d'une couche externe formée de neuf fils 43.

[00124] Il présente les caractéristiques suivantes (d et p en mm) :

- structure 3+9 ;
- $d_1 = 0.18$ (mm);
- $p_1 = 5$ (mm)
- $(d_1 / d_2) = 1$;
- $d_2 = 0.18$ (mm);
- $p_2 = 10$ (mm),

avec d_1 , p_1 , respectivement le diamètre et le pas d'hélice des fils de l'âme centrale et d_2 et p_2 , respectivement le diamètre et le pas de d'hélice des fils de la couche externe.

[00125] L'âme centrale constituée d'un câble formé des trois fils 42 a été gainée par une composition de caoutchouc 44 à base d'élastomère diénique non vulcanisé (à l'état cru). Le gainage est obtenu via une tête d'extrusion du câble 42, suivi d'une opération finale de câblage des 9 fils 43 autour de l'âme ainsi gainée.

- 26 -

[00126] Le câble 41 présente au test dit de perméabilité, tel que décrit précédemment un débit égal à 0 cm³/mn et donc inférieur à 2 cm³/mn. Sa pénétration par la composition de caoutchouc est égale à 95 %.

[00127] Le câble 41 présente un diamètre égal à 0.8 mm.

5 [00128] La figure 5 illustre une représentation schématique de la section d'un autre câble 51 des raidisseurs 8 du pneumatique 1 selon l'invention en remplacement du câble de la figure 3. Ce câble 51 est un câble à couche de structure 1+6, non fretté, constitué d'un noyau central formé d'un fil 52 et d'une couche externe formée de six fils 53.

10 [00129] Il présente les caractéristiques suivantes (d et p en mm) :

- structure 1+6 ;
- $d_1 = 0,200$ (mm);
- $(d_1 / d_2) = 1,14$;
- $d_2 = 0,175$ (mm);
- $p_2 = 10$ (mm),

15 avec d_1 , le diamètre du noyau et d_2 et p_2 , respectivement le diamètre et le pas d'hélice des fils de la couche externe.

20 [00130] Le noyau central constitué du fil 52 a été gainé par une composition de caoutchouc 54 à base d'élastomère diénique non vulcanisé (à l'état cru). Le gainage est obtenu via une tête d'extrusion du fil 52, suivi d'une opération finale de câblage des 6 fils 53 autour du noyau ainsi gainé.

[00131] Le câble 51 présente au test dit de perméabilité, tel que décrit précédemment un débit égal à 0 cm³/mn et donc inférieur à 2 cm³/mn. Sa pénétration par la composition de caoutchouc est égale à 95 %.

[00132] Le câble 51 présente un diamètre égal à 0.6 mm.

25 [00133] L'invention telle qu'elle vient d'être décrite notamment en référence aux exemples de réalisation ne doit pas être comprise comme étant limitée à ces exemples. Comme énoncé précédemment, les câbles de l'armature de carcasse peuvent également être choisis parmi des câbles gainés tels que ceux représentés sur les figures 3 à 5. Les pneumatiques peuvent encore comporter une armature de carcasse plus complexe,

- 27 -

notamment constitué de deux couches, une seule pouvant former un retournement autour d'une tringle. Le raidisseur a été représenté avec une extrémité radialement intérieure au contact du retournement de l'armature de carcasse mais le raidisseur peut également être retourné autour de la tringle pour épouser la couche d'armature de carcasse sur une plus grande longueur. Le renforcement de l'armature de carcasse dans la zone du bourrelet peut encore être obtenu par plusieurs raidisseurs et par exemple par une combinaison d'un raidisseur retourné autour de la tringle, l'autre étant parallèle au retournement.

5

10

[00134] Des essais ont été réalisés avec des pneumatiques réalisés selon l'invention conformément à la représentation des figures 1, 2 et 3, et d'autres avec des pneumatiques dits de référence.

[00135] Les premiers pneumatiques de référence R1 diffèrent des pneumatiques selon l'invention par des raidisseurs identiques à ceux illustrés sur les figures 1 et 2 et dont les éléments de renforcement sont des câbles tels que ceux représentés sur la figure 3 mais qui ne comportent pas de couche de gainage.

15

20

[00136] Les deuxièmes pneumatiques de référence R2 diffèrent des pneumatiques selon l'invention par des raidisseurs dont les éléments de renforcement sont des câbles tels que ceux représentés sur la figure 3 mais qui ne comportent pas de couche de gainage et l'épaisseur des mélanges polymériques entre le raidisseur et l'extrémité du retournement de l'armature de carcasse, mesurée à l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est égale à 4.5 mm.

[00137] Des essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de test imposant aux pneumatiques des flèches de 25 à 35 % pour des vitesses de roulage de 60 à 20 Km/h.

25

[00138] Avant d'effectuer les essais, les pneumatiques subissent un vieillissement accéléré en étuve dans des conditions de teneur en oxygène du gaz de gonflage et de température, adaptées pour produire un état de thermo-oxydation des matériaux représentatif d'un usage moyen durant une vie en clientèle.

[00139] Les essais ont été réalisés pour les pneumatiques selon l'invention avec des conditions identiques à celles appliquées aux pneumatiques de référence.

- 28 -

[00140] Les essais réalisés conduisent pour les pneumatiques R2 à des performances établissant la base 100. Les tests sont arrêtés lors de l'apparition d'une dégradation de la zone basse du pneumatique.

[00141] Selon les différentes conditions imposées, les pneumatiques R1 ont parcourus 5 des distances inférieures dans une plage de valeurs équivalentes allant de 65 à 75.

[00142] Les pneumatiques selon l'invention ont parcouru des distances au moins équivalentes à celle des pneumatiques R2.

[00143] Ces résultats montrent que la combinaison d'un raidisseur comportant des câbles selon l'invention avec une épaisseur de mélanges polymériques entre l'extrémité du 10 retournement et le raidisseur conforme à l'invention permet d'obtenir une performance en termes d'endurance de la zone basse du pneumatique semblable à celle d'un pneumatique de configuration plus usuelle dont le raidisseur comporte des éléments de renforcement non gainé et dont l'épaisseur de mélanges polymériques séparant l'extrémité du retournement du raidisseur est plus importante.

[00144] Par ailleurs, des essais de déroulement de la couche d'armature de carcasse ont 15 été réalisés sur une machine de test imposant aux pneumatiques un échauffement progressif de la jante par paliers.

[00145] De même que précédemment, une valeur 100 est attribuée aux pneumatiques R2 alors que les pneumatiques selon l'invention se voient attribuer une valeur d'au moins 20 130.

[00146] D'autres essais de déroulement de la couche d'armature de carcasse ont alors été réalisés avec des pneumatiques conformes à l'invention, le module du calandrage de l'armature de carcasse étant égale à 8 MPa, ainsi qu'avec des pneumatiques de référence R2 dont le module du calandrage de l'armature de carcasse est égal à 8 MPa. Dans les essais précédents, le module d'élasticité du calandrage de l'armature de carcasse était égal à 25 12 MPa.

[00147] Les pneumatiques R2 avec un module d'élasticité du calandrage de l'armature de carcasse égal à 8 MPa ont conduit à des valeurs toutes proches de 70.

- 29 -

[00148] Les pneumatiques conformes à l'invention dont le module d'élasticité du calandrage de l'armature de carcasse est égal à 8 MPa ont conduit à des valeurs très voisines de 100.

[00149] Ces derniers essais montrent que la conception des pneumatiques selon
5 l'invention autorise une diminution du module d'élasticité du calandrage de l'armature de carcasse sans engendrer de risques de déroulement de l'armature de carcasse.

[00150] Des mesures de résistance au roulement ont montré que cette diminution du module d'élasticité du calandrage de l'armature de carcasse conduit à un gain de l'ordre de 0.1 Kg/T.

- 30 -

REVENDICATIONS

1 – Pneumatique à armature de carcasse radiale, constituée d'au moins une couche d'éléments de renforcement, ledit pneumatique comprenant une armature de sommet, elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, au moins une couche d'éléments de renforcement de l'armature de carcasse étant ancrée dans chacun des bourrelets par retournement autour d'une tringle, ledit retournement d'armature de carcasse étant renforcé par au moins une couche d'éléments de renforcement ou raidisseur, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement d'au moins un raidisseur sont des câbles métalliques non frettés à couches saturées présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ et **en ce que** l'épaisseur des mélanges polymériques séparant le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est strictement inférieure à 3.5 mm.

2 - Pneumatique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les câbles métalliques non frettés à couches saturées présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $5 \text{ cm}^3/\text{mn}$ 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 réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

3 - Pneumatique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** lesdits câbles métalliques non frettés à couches saturées d'au moins un raidisseur présentent au test dit de perméabilité un débit inférieur à $2 \text{ cm}^3/\text{mn}$.

4 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** 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 $20 \text{ cm}^3/\text{mn}$.

25 5 - Pneumatique selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les câbles métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse présentant au test dit de perméabilité un débit inférieur à $20 \text{ cm}^3/\text{mn}$ 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

- 31 -

composition de caoutchouc réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

6 - Pneumatique selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** lesdits câbles métalliques d'au moins une couche de l'armature de carcasse présentent au test dit de perméabilité un débit inférieur à $10 \text{ cm}^3/\text{mn}$ et de préférence inférieur à $2 \text{ cm}^3/\text{mn}$.

7 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** lesdits éléments de renforcement d'au moins un raidisseur sont des câbles métalliques non frettés à couches saturées de construction $[L+M]$ ou $[L+M+N]$, 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, et **en ce qu'**une gaine constituée d'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée à base d'au moins un élastomère diénique, recouvre, dans la construction $[L+M]$, ladite première couche C1 et, dans la construction $[L+M+N]$, au moins ladite couche C2.

8 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits éléments de renforcement d'au moins une couche de l'armature de carcasse sont des câbles métalliques à couches de construction $[L+M]$ ou $[L+M+N]$, 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, et **en ce qu'**une gaine constituée d'une composition de caoutchouc réticulable ou réticulée à base d'au moins un élastomère diénique, recouvre, dans la construction $[L+M]$, ladite première couche C1 et, dans la construction $[L+M+N]$, au moins ladite couche C2.

9 - Pneumatique selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** le diamètre des fils de la première couche C1 est compris entre 0.10 et 0.5 mm, et **en ce que** le diamètre des fils des couches C2, C3 est compris entre 0.10 et 0.5 mm.

- 32 -

10 - Pneumatique selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le diamètre des fils des couches C2, C3 est inférieur à 0.22 mm.

11 - Pneumatique selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce que** le pas d'hélice d'enroulement desdits fils de la couche externe C3 est compris entre 8 et 25 mm.

5 **12** - Pneumatique selon l'une des revendications 2 à 11, **caractérisé en ce que** ledit au moins un élastomère diénique est choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, le caoutchouc naturel, les polyisoprènes de synthèse, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères.

10 **13** - Pneumatique selon l'une des revendications 2 à 12, **caractérisé en ce que** la composition de caoutchouc réticulable ou réticulée à base d'au moins un élastomère diénique présente à l'état réticulé un module sécant en extension inférieur à 20 MPa et de préférence, inférieur à 12 MPa.

15 **14** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'extrémité radialement extérieure du raidisseur est radialement extérieure à l'extrémité du retournement.

15 - Pneumatique selon l'une des revendication précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est séparée du raidisseur par au moins une couche de mélange polymérique.

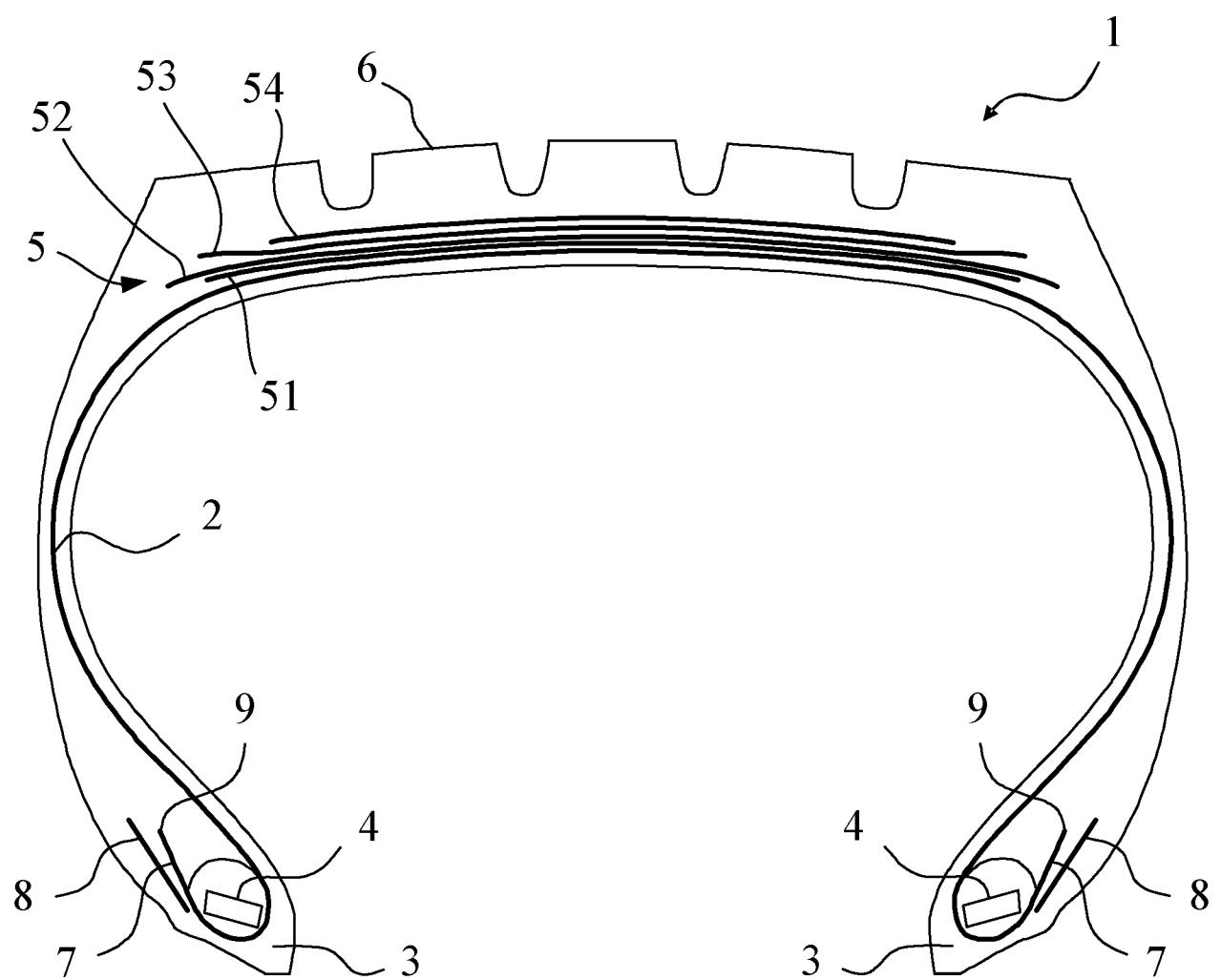
20 **16** - Pneumatique selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le module d'élasticité du mélange polymérique au contact du retournement d'armature de carcasse et séparant le raidisseur de l'extrémité du retournement d'armature de carcasse est supérieur à 4 MPa.

25 **17** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, le retournement de l'armature de carcasse étant séparé de l'armature de carcasse par un mélange polymérique positionné radialement à l'extérieur de la tringle, **caractérisé en ce que** ledit mélange polymérique présente un module d'élasticité supérieur 4 MPa.

18 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le module d'élasticité des mélanges polymériques des couches de calandrage de l'armature de carcasse est inférieur ou égal à 8 MPa.

1/3

FIG. 1



2/3

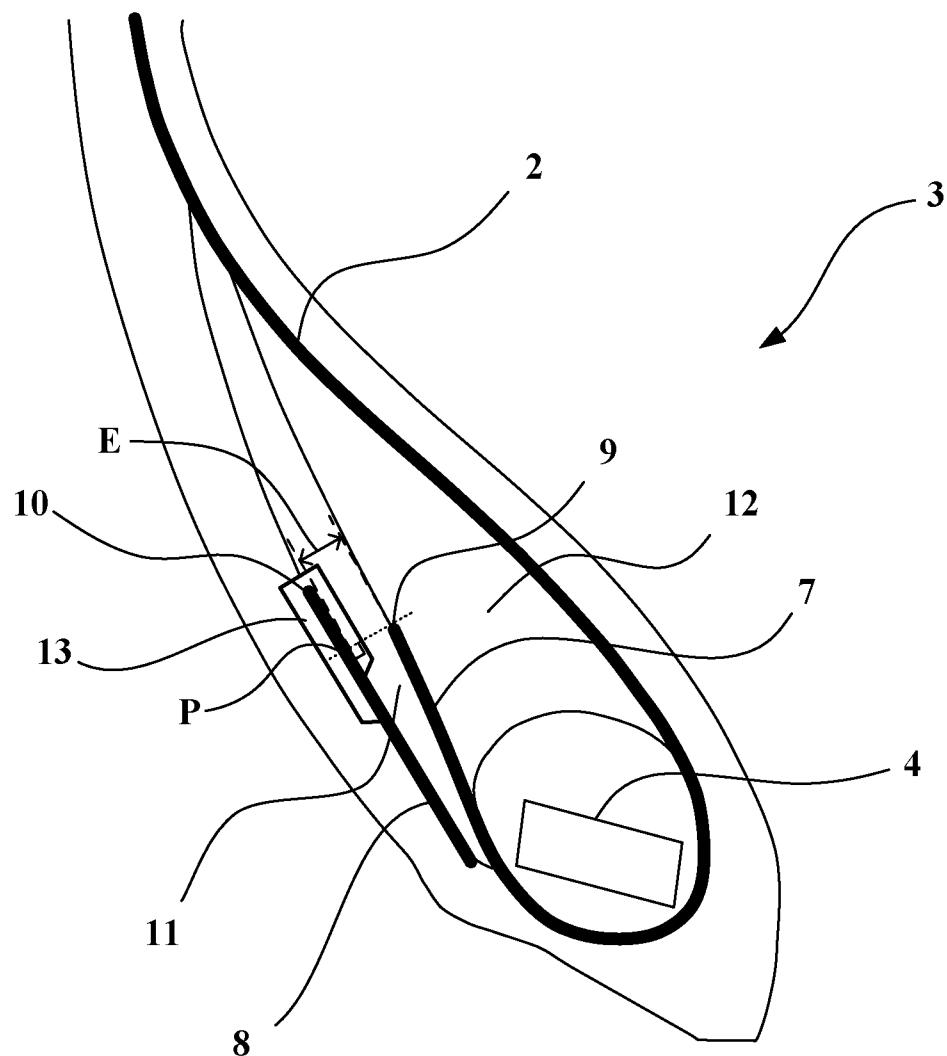
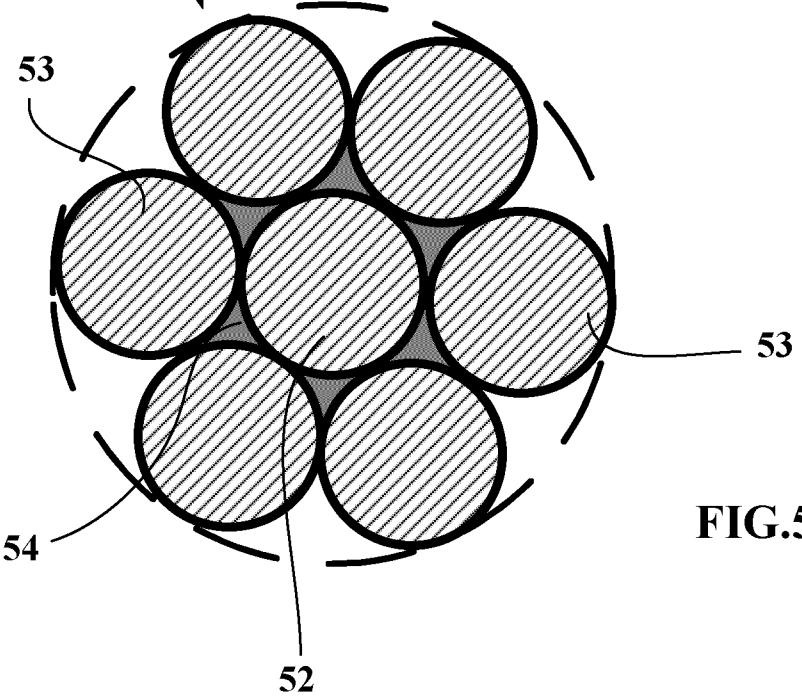
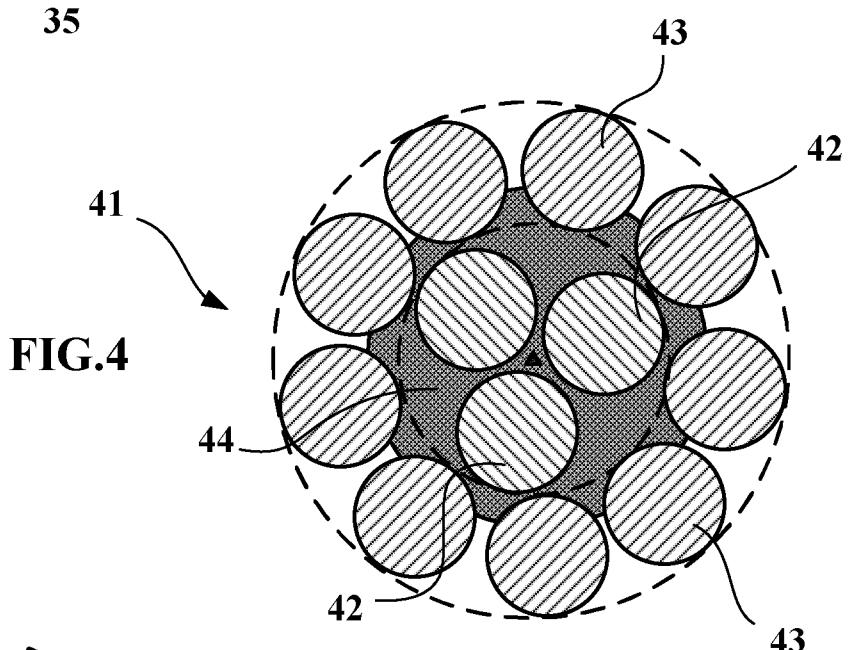
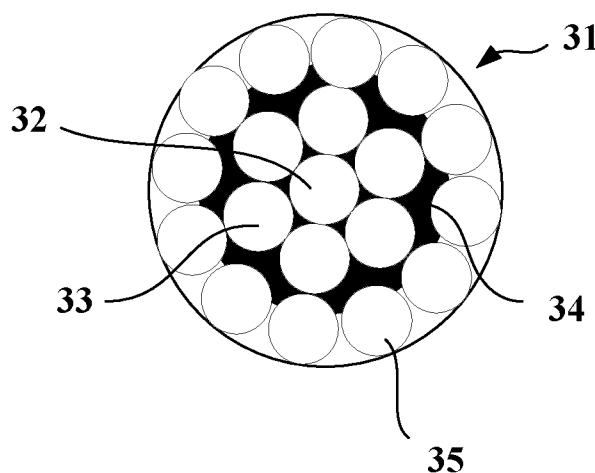


FIG. 2

3/3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/073406

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C15/06 D07B1/16
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 D07B

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 779 387 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 10 December 1999 (1999-12-10) page 7, lines 8-22; figure 1 -----	1-18
Y	WO 2010/139583 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; GAUTHIER JACQUES [FR]) 9 December 2010 (2010-12-09) page 1, line 31 - page 2, line 10; figure 1 page 9, lines 1-6 -----	1-18
Y	FR 2 940 184 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 25 June 2010 (2010-06-25) paragraphs [0028], [0047] - [0056]; figures 3-5 -----	4-12,15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document 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	Date of mailing of the international search report
13 March 2012	27/03/2012
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/EP2011/073406

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
FR 2779387	A1	10-12-1999	BR CA CN DE DE EP ES FR HU JP JP RU US WO	9910922 A 2334098 A1 1304364 A 69905037 D1 69905037 T2 1084047 A1 2190218 T3 2779387 A1 0103130 A2 4357746 B2 2002517347 A 2223872 C2 2001000388 A1 9964259 A1		06-03-2001 16-12-1999 18-07-2001 27-02-2003 25-09-2003 21-03-2001 16-07-2003 10-12-1999 28-12-2001 04-11-2009 18-06-2002 20-02-2004 26-04-2001 16-12-1999

WO 2010139583	A1	09-12-2010	EP FR WO	2438233 A1 2946366 A1 2010139583 A1		11-04-2012 10-12-2010 09-12-2010

FR 2940184	A1	25-06-2010	CN EP FR US WO	102257210 A 2379796 A1 2940184 A1 2011315296 A1 2010072464 A1		23-11-2011 26-10-2011 25-06-2010 29-12-2011 01-07-2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2011/073406

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. B60C15/06 D07B1/16
 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 D07B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 779 387 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 10 décembre 1999 (1999-12-10) page 7, ligne 8-22; figure 1 -----	1-18
Y	WO 2010/139583 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; GAUTHIER JACQUES [FR]) 9 décembre 2010 (2010-12-09) page 1, ligne 31 - page 2, ligne 10; figure 1 page 9, ligne 1-6 -----	1-18
Y	FR 2 940 184 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 25 juin 2010 (2010-06-25) alinéas [0028], [0047] - [0056]; figures 3-5 -----	4-12,15



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



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

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

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

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

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13 mars 2012

27/03/2012

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

Buergo, Javier

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2011/073406

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2779387	A1 10-12-1999	BR 9910922 A CA 2334098 A1 CN 1304364 A DE 69905037 D1 DE 69905037 T2 EP 1084047 A1 ES 2190218 T3 FR 2779387 A1 HU 0103130 A2 JP 4357746 B2 JP 2002517347 A RU 2223872 C2 US 2001000388 A1 WO 9964259 A1	06-03-2001 16-12-1999 18-07-2001 27-02-2003 25-09-2003 21-03-2001 16-07-2003 10-12-1999 28-12-2001 04-11-2009 18-06-2002 20-02-2004 26-04-2001 16-12-1999
WO 2010139583	A1 09-12-2010	EP 2438233 A1 FR 2946366 A1 WO 2010139583 A1	11-04-2012 10-12-2010 09-12-2010
FR 2940184	A1 25-06-2010	CN 102257210 A EP 2379796 A1 FR 2940184 A1 US 2011315296 A1 WO 2010072464 A1	23-11-2011 26-10-2011 25-06-2010 29-12-2011 01-07-2010