

(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  
14 mars 2019 (14.03.2019)



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2019/048760 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
B60C 15/06 (2006.01) B60C 9/20 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2018/052142

(22) Date de dépôt international :  
03 septembre 2018 (03.09.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1758225 06 septembre 2017 (06.09.2017) FR

(71) Déposant : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR] ; 23 place des Carmes-Déchaux, 63000 Clermont-Ferrand (FR).

(72) Inventeurs : **LICENSE, William** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR). **FOURNIER, Orel** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR). **GUERBERT-JU-**

**BERT, Jean-Luc** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : **LE CAM, Stéphane** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),

(54) Title: LIGHTWEIGHT TYRE

(54) Titre : PNEUMATIQUE ALLEGE

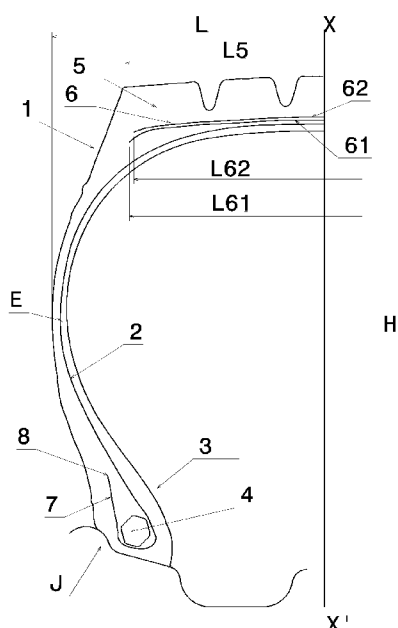


Figure 1

(57) Abstract: The invention relates to a tyre (1) for a heavy goods vehicle, which is designed to be mounted on a hollow wheel rim (J) (15° drop centre). According to the invention, the two working crown layers (61, 62) are all that are provided to form the crown reinforcement over at least 40% of the width of the tread (5), the absolute value of the difference between the absolute values of the angles  $\alpha_2$  and  $\alpha_1$  being greater than  $4^\circ$ ,  $\alpha_2$  being greater than  $\alpha_1$  in terms of absolute value, the mean angle  $\alpha$  satisfying the relationship  $14+131 \cdot \exp(-L/100) < \alpha < 20+164 \cdot \exp(-L/100)$  and, in a meridian section of the said tyre, the turn-up (7) of the carcass reinforcing layer and the main part (2) of the carcass reinforcing layer being the only layers of reinforcing elements with an elongation at break of less than 6% present in the sidewall.

(57) Abrégé : L'invention concerne un pneumatique (1) de type poids lourd, destiné à être monté sur une jante (J) creuse (15° drop centre). Selon l'invention, les deux couches de sommet de travail (61, 62) sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur au moins 40% de la largeur de la bande de roulement (5), la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles  $\alpha_2$  et  $\alpha_1$  étant supérieure à  $4^\circ$ ,  $\alpha_2$  étant plus grand que  $\alpha_1$  en valeur absolue, l'angle moyen  $\alpha$  satisfaisant la relation  $14+131 \cdot \exp(-L/100) < \alpha < 20+164 \cdot \exp(-L/100)$ , et dans une coupe méridienne dudit pneumatique, le retournement (7) de la couche d'armature de carcasse et la partie principale (2) de la couche d'armature de carcasse sont les seules couches d'éléments de renforcement dont l'allongement à rupture est inférieur à 6 % présentes dans le flanc.

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))

- 1 -

**PNEUMATIQUE ALLEGE**

[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  $10^\circ$  et  $45^\circ$ . 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 faisant avec la direction circonférentielle un angle compris entre  $45^\circ$  et  $90^\circ$ , cette nappe, dite de triangulation, étant radialement située entre l'armature de carcasse et la première nappe de sommet dite de travail, formée de fils ou câbles parallèles présentant des angles au plus égaux à  $45^\circ$  en valeur absolue. La nappe de triangulation forme avec au moins ladite nappe de travail une armature triangulée, qui présente, sous les différentes contraintes qu'elle subit, peu de déformations, la nappe de triangulation ayant pour rôle essentiel de reprendre les efforts de compression transversale dont est l'objet l'ensemble des éléments de renforcement dans la zone du sommet du pneumatique.

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

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

- 2 -

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

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), d'allongement à la rupture (allongement total en %) et de module (en GPa) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892 de 1984.

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

[0014] Lors de la fabrication de tels pneumatiques, la dernière étape consiste à cuire le pneumatique pour permettre la réticulation et/ou vulcanisation des différents mélanges

- 3 -

polymériques constitutifs du pneumatique. Cette étape de cuisson du pneumatique est une étape qui immobilise le pneumatique pendant plusieurs minutes et est considérée à ce titre comme une étape pertinente au regard de la productivité relative à la fabrication d'un pneumatique. En outre, cette étape qui se fait à une température élevée est consommatrice d'énergie. Ces temps de cuisson peuvent également conduire à devoir augmenter le nombre d'outils pour éviter de devoir créer des stocks temporaires de produits attendant leur cuisson, ces stocks ne faisant qu'augmenter si le nombre d'outils n'est pas adapté. Une augmentation du nombre d'outils de cuisson conduit nécessairement à des coûts supplémentaires du fait des machines, de la consommation énergétique et de l'encombrement.

**[0015]** La durée de la cuisson est notamment imposée par le temps nécessaire pour obtenir des matériaux constitutifs avec les propriétés recherchées sachant que la réticulation et/ou vulcanisation ne se déroule pas de la même façon pour des mélanges radialement ou axialement apparents que pour des mélanges internes. De la même façon, la réticulation et/ou vulcanisation varie selon la nature et les épaisseurs des mélanges.

**[0016]** Les parties du pneumatique qui présentent les épaisseurs les plus importantes sont d'une part le sommet et plus particulièrement les épaules du pneumatique et d'autre part les zones des bourrelets du pneumatique.

**[0017]** L'épaisseur du sommet du pneumatique est notamment définie par le nombre de couches d'éléments de renforcements qui forme l'armature sommet du pneumatique, les épaisseurs des différentes couches de mélanges polymériques environnantes étant adaptées.

**[0018]** L'épaisseur des zones des bourrelets est définie par l'ensemble des constituants desdites zones qui sont des couches d'éléments de renforcement et des couches de mélanges polymériques, l'augmentation du nombre de couches d'éléments de renforcement conduisant le plus souvent à une augmentation du nombre de couches de mélanges polymériques. La dimension de la tringle, et plus précisément sa section, est plus habituellement définie par la dimension et l'usage du pneumatique et est peu variable pour un pneumatique donné quelle que soit l'orientation choisie en termes de conception de ces zones des bourrelets.

- 4 -

[0019] Il est connu que ces zones du pneumatique qui sont parmi les plus épaisses sont constituées des mélanges polymériques dont les temps de vulcanisation de certains vont être parmi les plus longs du fait de leur éloignement des sources de chaleur. Ces zones du pneumatique qui sont parmi les plus épaisses imposent ainsi des temps de vulcanisation minimum pour la cuisson globale du pneumatique.

[0020] D'autre part, 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, de la croissance du réseau autoroutier dans le monde et de l'apparition de véhicules à conduite de plus en plus autonome. 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 températures sommet relativement élevées, nécessite une augmentation au moins proportionnelle du potentiel d'endurance de l'armature sommet des pneumatiques.

[0021] 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 ces couches de sommet, ont pour conséquence l'apparition et la propagation de fissures dans la gomme au niveau desdites extrémités.

[0022] 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  $60^\circ$ , 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.

[0023] En complément, la demande WO 99/24269 propose notamment, de part et d'autre du plan équatorial et dans le prolongement axial immédiat de la nappe additionnelle

- 5 -

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.

**[0024]** Par ailleurs, certains usages de pneumatiques sur des véhicules pour poids-lourds par exemple de type « approche chantier » conduit les pneumatiques à subir des chocs lors de roulages sur des sols caillouteux. Ces chocs sont bien entendu néfastes quant aux performances en termes d'endurance.

**[0025]** Il est encore connu de l'homme du métier d'augmenter le nombre de nappes constituant l'armature sommet pour améliorer l'endurance du pneumatique à l'égard de tels chocs.

**[0026]** 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 prématurée dudit bourrelet. Elles permettent également de limiter la 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 bourrelets du pneumatique contre les agressions subies lors du montage et du démontage des pneumatiques sur les jantes.

**[0027]** 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.

- 6 -

[0028] 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 extrémités libres des éléments de renforcement dudit retournement.

5 [0029] De telles conceptions de pneumatiques sont par exemples décrites dans les documents FR 2779387 ou US 2006/0000199.

[0030] La présence de ces couches d'éléments de renforcement ou raidisseurs complexifient la conception de ces zones des bourrelets du pneumatique. La présence d'une couche supplémentaire d'une part et son agencement par rapport notamment au  
10 retournement de l'armature de carcasse et à la tringle d'autre part conduisent à une conception nécessitant des mélanges caoutchouteux supplémentaires pour séparer les extrémités de couches et assurer le positionnement souhaité des différentes extrémités.

[0031] Quelle que soit l'une de ces solutions telles que présentées précédemment, la présence d'une ou plusieurs couches d'éléments de renforcement supplémentaires conduit à  
15 une masse plus importante du pneumatique et à des coûts de fabrication des pneumatiques plus importants, d'une part du fait des couches supplémentaires et d'autre part du fait de temps de cuisson plus important.

[0032] Il est par ailleurs connu de l'homme du métier qu'il peut être souhaitable de modifier les conceptions de pneumatiques notamment en vue de l'amélioration de  
20 performances en termes de résistance au roulement conduisant à un allègement du pneumatique.

[0033] Un tel allègement peut concerner le sommet mais alors il faut veiller à conserver des performances du pneumatique en termes d'endurance acceptables.

[0034] La demande WO2013053879 décrit par exemple un pneumatique dont  
25 l'armature sommet comporte une couche d'éléments de renforcement circonférentiels dont la présence peut permettre de diminuer le nombre de couches d'éléments de renforcement et en conséquence le volume de mélanges polymériques ou bien la dimension des éléments de renforcement de certaines couches d'éléments de renforcement, notamment leur diamètre, et donc les épaisseurs des mélanges polymériques formant ces couches.

- 7 -

[0035] L'allègement du pneumatique peut encore concerner les zones du bourrelet mais là encore il faut veiller à conserver des performances du pneumatique en termes d'endurance acceptables.

[0036] Il est par exemple connu de la demande de brevet WO 10/055118 d'utiliser des câbles d'armature de carcasse fortement pénétrés par des mélanges polymériques, ceux-ci étant avantageusement positionnées au sein du câble lors de sa fabrication, pour diminuer les volumes de certains mélanges polymériques constitutifs du pneumatique ou bien supprimer des couches de mélanges polymériques prévues habituellement pour protéger les éléments de renforcement de l'armature de carcasse lors de l'utilisation du pneumatique. De telles réalisations peuvent permettre d'alléger les pneumatiques.

[0037] De telles conceptions de pneumatiques peuvent conduire à diminuer les temps de cuisson du pneumatique pour aboutir à la bonne vulcanisation des mélanges polymériques assurant les propriétés souhaitées du pneumatique. Cette diminution du temps de cuisson conduit par ailleurs à des coûts énergétiques pour la production de pneumatiques qui peuvent être diminués voire à une productivité améliorée du fait de temps d'occupation des moules de cuisson réduits.

[0038] Lorsque les diminutions d'épaisseur concernent à la fois la zone du sommet du pneumatique et la zone des bourrelets du pneumatique, il faut veiller à ce que les temps de cuisson souhaités soient bien respectés dans chacune des zones.

[0039] Il est ainsi par exemple connu du document US 4568259 des structures de moules de cuisson de pneumatiques complexes pour permettre des transferts de chaleur différents selon les zones du pneumatiques. De tels moules sont complexes à réaliser et en outre conduisent à des procédés de fabrication des pneumatiques plus onéreux.

[0040] Il est par ailleurs connu de l'homme du métier du pneumatique qu'il est possible de modifier le temps nécessaire à la polymérisation des mélanges par l'ajout d'accélérateur ou de retardateur de vulcanisation. De tels exemples sont par exemple décrits dans les revues des Techniques de l'ingénieur « Caoutchouc : méthodes d'obtention et propriétés » sous la référence AM7705 V1 du 10 janvier 2015 issu de « Matériaux Plastiques et composites » par Yves Zélicourt et « Matières premières du caoutchouc » sous la référence

- 8 -

AM8010 V1 du 10 décembre 2016 issu de « Matériaux Plastiques et composites » par Claude Janin. Il est ainsi possible de modifier les mélanges polymériques dans le sommet et les zones du bourrelet du pneumatique pour adapter les temps nécessaires à la polymérisation, au risque toutefois de modifier les propriétés des pneumatiques du fait de ces constituants. Par ailleurs, les coûts de production risquent d'être augmentés notamment parce que les mélanges devront être adaptés en fonction de la dimension ; cela signifie que des mélanges polymériques différents doivent être fabriqués et stockés pour pouvoir réaliser différentes dimensions de pneumatiques.

**[0041]** Les inventeurs se sont ainsi donnés pour mission la conception de pneumatiques allégés dont les performances notamment d'endurance sont conservées et dont les coûts de fabrication sont diminués.

**[0042]** Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique pour véhicule de type poids lourd, destiné à être monté sur une jante creuse de type 15° drop centre, à armature de carcasse radiale, constituée d'une unique couche d'armature de carcasse formée d'éléments de renforcement insérés entre deux couches de calandrage de mélange polymérique, ledit pneumatique comprenant une armature de sommet comprenant deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement croisés d'une nappe à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) compris entre 8° et 45°, lesdits angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle, l'armature de sommet étant coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, la couche d'éléments de renforcement de l'armature de carcasse étant ancrée dans chacun des bourrelets par retournement autour d'une tringle pour former un retournement de l'armature de carcasse, ledit retournement de l'armature de carcasse étant séparée de l'armature de carcasse par une première couche de mélange(s) polymérique(s) s'étendant radialement depuis la tringle jusqu'au moins l'extrémité du retournement et ledit retournement de l'armature de carcasse étant axialement vers l'extérieur au contact d'une deuxième couche de mélange polymérique, elle-même au moins au contact d'une troisième couche de mélange polymérique formant la surface extérieur du pneumatique dans la zone du bourrelet, ladite troisième couche de mélange polymérique étant destinée notamment à venir au contact de la jante, ladite troisième couche de mélange polymérique étant radialement vers l'extérieur au

- 9 -

contact d'une quatrième couche de mélange polymérique formant la surface extérieure d'un flanc :

- les deux couches de sommet de travail étant seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur au moins 40% de la largeur axiale de l'armature sommet,

5        - les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure formant un angle  $\alpha_2$  avec la direction circonférentielle supérieur en valeur absolue à l'angle  $\alpha_1$  formé par les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus intérieure avec la direction circonférentielle, la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles  $\alpha_2$  et  $\alpha_1$  étant supérieure à  $4^\circ$ ,

10        - l'angle moyen  $\alpha$  satisfaisant la relation :

$$14+131*\exp(-L/100) < \alpha < 20+164*\exp(-L/100),$$

$\alpha$  étant défini par la relation  $\text{Arctan}((\tan(|\alpha_1|)*\tan(|\alpha_2|))^{1/2})$ , L étant la largeur maximum du pneumatique mesurée selon la direction axiale et exprimée en mm,

15        - dans une coupe méridienne dudit pneumatique, l'extrémité radialement extérieure de la première couche de mélange(s) polymérique(s) étant radialement extérieure à l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse,

- dans une coupe méridienne dudit pneumatique, l'extrémité radialement extérieure de la deuxième couche de mélange polymérique étant radialement extérieure à l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse,

20        - dans une coupe méridienne dudit pneumatique, la distance entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle étant comprise entre 25 et 40% de la distance entre le point axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle,

25        - dans une coupe méridienne dudit pneumatique, ladite première couche de mélange(s) polymérique(s) présentant une épaisseur, mesurée selon la direction normale aux éléments de renforcement de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse comprise entre 30 et 60% de la distance entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche

- 10 -

d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique mesurée selon la direction de mesure de l'épaisseur de la première couche de mélange(s) polymérique(s) passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse,

- dans une coupe méridienne dudit pneumatique, le rapport de la distance entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique mesurée selon ladite direction de mesure de l'épaisseur de la première couche de mélange(s) polymérique(s) passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse sur la distance entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle étant inférieur à 0.5,

- le retournement de la couche d'armature de carcasse et la partie principale de la couche d'armature de carcasse étant les seules couches d'éléments de renforcement dont l'allongement à rupture est inférieur à 6 % présentes dans une zone du flanc constituant au moins 90% de la surface du flanc comprise radialement entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus à l'extérieur de la tringle,

- les modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement de la première couche de mélange(s) polymérique(s) et de la deuxième couche de mélange polymérique étant inférieurs ou égaux au module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement du calandrage de la couche d'armature de carcasse et supérieurs ou égaux à 30% du module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement du calandrage de la couche d'armature de carcasse.

**[0043]** Au sens de l'invention, une jante creuse de type 15° drop center ou jante à seat coincé est une jante monobloc, telle que définie dans l'ETRTO, dont les sièges destinés à recevoir les bourrelets du pneumatique présentent une forme tronconique, l'angle formé avec la direction axiale étant sensiblement équivalant à 15°. Ces sièges sont par ailleurs prolongés par des crochets de jante de hauteur réduite par rapport à des crochets de jantes à bases plates dont les sièges de jante présentent des formes sensiblement cylindriques.

**[0044]** La largeur L et les différents rayons sont mesurés sur un pneumatique monté sur sa jante nominale et gonflé à sa pression nominale, et sont exprimés en millimètres.

**[0045]** Les angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ , exprimés en degré, sont également mesurés sur une coupe du pneumatique. Les mesures d'angles sont selon l'invention réalisées au niveau du plan médian circonférentiel.

- 11 -

[0046] La position du point axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse est déterminée sur un pneumatique monté et gonflé selon les conditions nominales. Cette mesure peut par exemple être réalisée selon une technique de tomographie.

5 [0047] Les positions des points radialement le plus intérieur et radialement le plus extérieur du cercle circonscrit à la tringle sont déterminées sur une coupe d'un pneumatique, dont l'écartement des bourrelets est le même que lorsque le pneumatique est monté sur la jante de montage préconisée par l'ETRTO, celui-ci étant donc ni monté ni gonflé.

10 [0048] La distance entre le point axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle est mesurée sur un pneumatique monté et gonflé selon les conditions nominales. Cette mesure peut être réalisée par exemple selon une technique de tomographie.

15 [0049] Les autres distances, notamment mesurées depuis le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle, peuvent également être mesurées selon une technique de tomographie ou bien sont mesurées sur une coupe d'un pneumatique, dont l'écartement des bourrelets est le même que lorsque le pneumatique est monté sur la jante de montage préconisée par l'ETRTO, celui-ci étant donc ni monté ni gonflé.

20 [0050] Au sens de l'invention, la première couche de mélange(s) polymérique(s) peut être constituée de plusieurs mélanges polymériques dont les propriétés de rigidité et plus spécifiquement dont les modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement peuvent varier. Dans le cas de plusieurs mélanges polymériques constituant la première couche, ils forment avantageusement un gradient de rigidité décroissant depuis la tringle vers  
25 l'extrémité radialement extérieure de ladite première couche.

[0051] Avantageusement encore, le pneumatique selon l'invention est destiné à être gonflé à une pression de gonflage P supérieure ou égale à 6.5 bar.

[0052] De préférence selon l'invention, les éléments de renforcement desdites deux couches de sommet de travail sont métalliques.

- 12 -

[0053] Les inventeurs ont su mettre en évidence qu'un pneumatique ainsi réalisé selon l'invention peut être fabriqué à un coût inférieur comparé aux pratiques usuelles. Il est notamment par exemple possible de diminuer le temps de cuisson dudit pneumatique pour des conditions de température et de pression données dans le moule de cuisson.

5 [0054] Le pneumatique ainsi défini selon l'invention présente effectivement en comparaison de pneumatiques plus usuels à la fois un sommet et des zones de bourrelets allégés dont les temps de cuisson nécessaires à l'obtention des propriétés souhaitées sont sensiblement équivalents pour le sommet et les zones de bourrelets et inférieurs aux temps de cuisson des pneumatiques plus usuels. Cette réduction des temps de cuisson est liée à la  
10 meilleure montée en température des mélanges polymériques du fait des épaisseurs plus faibles.

[0055] Le pneumatique ainsi défini selon l'invention permet de réduire le temps de cuisson sans nécessité une adaptation de l'un ou l'autre des mélanges polymériques pour réduire ou augmenter le temps nécessaire à la vulcanisation qui en outre serait différente en  
15 fonction des dimensions du pneumatique. Il n'est pas non plus nécessaire de concevoir des moules complexes et onéreux avec des matériaux différents pour obtenir des conductivités thermiques variant localement et encore une fois spécifique en termes de conception en fonction de la dimension du pneumatique.

[0056] Par ailleurs, l'allègement de l'armature sommet et des zones du bourrelet du  
20 pneumatique s'accompagne d'une simplification de fabrication et d'une diminution des coûts de fabrication.

[0057] Contre toute attente, les résultats ont effectivement mis en évidence que les pneumatiques selon l'invention peuvent être allégés en diminuant le nombre de couches constitutives de l'armature sommet tout en conservant voire améliorant les propriétés  
25 d'endurance du sommet du pneumatique notamment à l'égard de chocs se produisant sur la bande de roulement par exemple lors de roulage sur sol caillouteux. Il est en effet connu de l'homme du métier que pour améliorer les performances d'endurance de l'armature sommet d'un pneumatique à l'égard de ce type de chocs, il est usuel d'augmenter le nombre de couches d'éléments de renforcement.

- 13 -

**[0058]** Les inventeurs pensent interpréter ces résultats du fait de l'angle formé avec la direction circonférentielle par les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure qui est plus petit en valeur absolue que celui formé par les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure. Ils ont constaté que cet angle plus petit semble entraîner un retard dans la prise de tension par les éléments de renforcement lors d'un tel choc. Usuellement, lors de chocs comparables à ceux observés lors d'un roulage sur sol caillouteux la rupture d'éléments de renforcement si elle intervient s'observe sur la couche radialement la plus intérieure. Ces constats semblent indiquer que face à ce type d'agressions, la différence d'angles des éléments de renforcement entre les deux couches de sommet de travail permet d'améliorer les performances d'endurance du pneumatique tout en diminuant le nombre de couches de l'armature de sommet.

**[0059]** Avantageusement selon l'invention, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F2/FR2$  de la couche de travail radialement la plus extérieure étant inférieur à  $1/6$ , dans lequel :

$FR2$  est la force rupture en extension uniaxiale des câbles de la couche de travail radialement la plus extérieure,

$$F2 = p_2 * Tc * [(\tan(|\alpha 1|)/(\tan(|\alpha 1|) + \tan(|\alpha 2|))) / \cos^2(|\alpha 2|) + C_F], \text{ avec}$$

$$Tc = 0.092 * P * R_s * (1 - (R_s^2 - R_L^2) / (2 * R_t * R_s)),$$

$P$  : la pression de gonflage du pneumatique exprimée en bar,

$$C_F = 0.00035 * (\min((L-80) / \sin(|\alpha 1|), (L-80) / \sin(|\alpha 2|), 480) - 480),$$

$p_2$  : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du plan médian circonférentiel,

$$R_s = R_e - E_s,$$

$R_e$  : rayon extérieur du pneumatique mesuré au point radialement le plus extérieur sur la surface de la bande de roulement du pneumatique, ladite surface étant extrapolée pour combler les éventuels creux,

- 14 -

Es : distance radiale entre le point radialement le plus à l'extérieur du pneumatique et sa projection orthogonale sur la face radialement extérieure d'un élément de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure,

5 RL : moyenne des rayons des points axialement les plus à l'extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse de chaque côté du pneumatique,

Rt : le rayon du cercle passant par trois points situés sur la surface extérieure de la bande de roulement en dehors des creux, définis à partir d'une extrémité d'épaule à des distances axiales respectives égales à  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{3}{4}$  de la largeur axiale de la bande de roulement.

10 [0060] L'épaisseur Es et le pas  $p_2$  sont mesurés sur une coupe du pneumatique et sont exprimés en millimètres.

[0061] Les inventeurs font encore le constat que le choix de la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles précités  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  associé à l'angle moyen  $\alpha$  et au ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  tels que définis selon cette réalisation avantageuse de l'invention peuvent permettre d'éliminer la couche de protection usuellement mise en place radialement à l'extérieur des autres couches de l'armature de 15 sommet. Une telle couche est habituellement présente pour être sacrifiée en cas d'agressions du pneumatique de type coupures pouvant venir altérer l'intégrité d'éléments de renforcement métalliques par des phénomènes de corrosion associés à la fatigue desdits éléments de renforcement. Les inventeurs font effectivement le constat que les éléments de 20 renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, d'un pneumatique selon l'invention, sont moins sollicités lors du gonflage du pneumatique ou bien lors de son utilisation en roulage normal que les éléments de renforcement d'une couche de sommet de travail radialement la plus extérieure d'un pneumatique plus usuel ; un tel pneumatique plus usuel présente un angle des éléments de renforcement de la couche de 25 travail radialement la plus intérieure supérieur ou égal en valeur absolue à celui des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure et un ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  plus important. Les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure d'un pneumatique selon l'invention présentent ainsi des propriétés d'endurance bien supérieures à ceux d'un

- 15 -

pneumatique plus usuel ; les inventeurs font ainsi le constat que la suppression de la couche de protection est rendue possible et permet de contribuer à l'allègement du pneumatique.

**[0062]** Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles  $\alpha_2$  et  $\alpha_1$  est supérieure ou égale à  $10^\circ$  et de préférence supérieure à  $14^\circ$ . Selon ce mode de réalisation, et conformément aux interprétations données ci-dessus, il va être possible d'améliorer encore les performances d'endurance des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure et/ou améliorer encore les performances du pneumatique à l'égard de chocs tels que ceux subis lors de roulage sur des sols caillouteux.

**[0063]** Avantageusement encore selon l'invention, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  de la couche de travail radialement la plus extérieure est inférieur à  $1/8$ . Un tel ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  contribue encore à améliorer les performances d'endurance des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure lors de l'utilisation du pneumatique.

**[0064]** De préférence selon l'invention, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_1/FR_1$  de la couche de travail radialement la plus intérieure est inférieur à  $1/3$ , dans lequel :  $FR_1$  est la force rupture en extension uniaxiale des câbles de la couche de travail radialement la plus intérieure,

$$F_1 = p_1 * T_c * [(\tan(|\alpha_2|)/(\tan(|\alpha_1|)+\tan(|\alpha_2|))) / \cos^2(|\alpha_1|) + C_F], \text{ avec}$$

$p_1$  : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du plan médian circonférentiel.

**[0065]** De préférence encore, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_1/FR_1$  de la couche de travail radialement la plus intérieure est au moins 30 % supérieur au ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  de la couche de travail radialement la plus extérieure.

- 16 -

[0066] Selon un mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement des couches de sommet de travail sont des câbles métalliques inextensibles.

[0067] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les deux couches de sommet de travail sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur au moins 60% de la largeur axiale de l'armature sommet et avantageusement encore sur au moins 80% de la largeur axiale de l'armature sommet. Ces modes de réalisations avantageux de l'invention vont dans le sens d'un allègement encore plus important du pneumatique.

[0068] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, optimisant l'amincissement du sommet du pneumatique, les deux couches de sommet de travail sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur la totalité de la largeur axiale de l'armature sommet.

[0069] Les essais réalisés ont par ailleurs montré que les zones des bourrelets des pneumatiques ainsi réalisés selon l'invention contribuent à une diminution de la masse des pneumatiques en comparaison de pneumatiques de conception plus usuelle, comportant par exemple des couches d'éléments de renforcement supplémentaires de type raidisseurs, et présentent des performances en termes d'endurance des zones des bourrelets, au moins aussi bonnes que celles desdits pneumatiques de conception plus usuelle, voire supérieures.

[0070] Ces résultats sont d'autant plus surprenants que les pneumatiques selon l'invention comportent un retournement de la couche d'armature de carcasse dont l'extrémité se trouve dans une zone du bourrelet relativement peu épaisse en comparaison de pneumatiques de conception plus usuelle. En effet, il est usuel de concevoir des pneumatiques avec un bourrelet relativement épais au niveau de l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse pour augmenter la distance entre le retournement de la couche d'armature de carcasse et la partie principale de la couche d'armature de carcasse, et ainsi limiter au mieux les contraintes de cisaillement qui s'initient entre la partie principale de la couche d'armature de carcasse et son retournement notamment du fait des phénomènes de déradialisation qui apparaissent lors du roulage du pneumatique.

- 17 -

[0071] Les inventeurs ont ainsi su mettre en évidence que les pneumatiques réalisés conformément à l'invention et qui présentent notamment une extrémité du retournement de la couche d'armature carcasse dans une zone du bourrelet relativement peu épaisse associé aux dimensionnements et positionnement relatifs des différents éléments constitutifs de la zone du bourrelet du pneumatique, permettent d'alléger le pneumatique et contre toute attente de conserver des propriétés en termes d'endurance satisfaisantes, voire de les améliorer.

[0072] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, la première couche de mélange(s) polymérique(s) et/ou la deuxième couche de mélange polymérique comportent une charge renforçante constituée par au moins une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse.

[0073] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, lesdites première couche de mélange(s) polymérique(s) et/ou deuxième couche de mélange polymérique sont des mélanges élastomériques à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés et d'une charge renforçante constituée :

a) soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse, de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m<sup>2</sup>/g employée à un taux compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 30 et 50 pce,

b) soit par un coupage d'une charge blanche décrite en (a) et de noir de carbone, dans lequel le taux global de charge est compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce, le taux de silice sur le taux global de charge étant supérieur à 80% et de préférence supérieur à 90 %.

- 18 -

[0074] La mesure de surface spécifique BET est effectuée selon la méthode de BRUNAUER, EMMET et TELLER décrite dans "The Journal of the American Chemical Society", vol. 60, page 309, février 1938, correspondant à la norme NFT 45007 de novembre 1987.

5 [0075] Dans le cas d'utilisation de charge claire ou charge blanche, il est nécessaire d'utiliser un agent de couplage et/ou de recouvrement choisi parmi les agents connus de l'homme de l'art. Comme exemples d'agents de couplage préférentiel, on peut citer les alcoxysilanes sulfurés du type polysulfure de bis-(3-trialcoxysilylpropyle), et parmi ceux-ci  
10 notamment le tétrasulfure de bis-(3-triéthoxysilylpropyle) commercialisé par la Société DEGUSSA sous les dénominations Si69 pour le produit liquide pur et X50S pour le produit solide (coupage 50/50 en poids avec du noir N330). Comme exemples d'agents de recouvrement on peut citer un alcool gras, un alkylalcoxysilane tel qu'un hexadécyltriméthoxy ou triéthoxysilane respectivement commercialisés par la Société  
15 DEGUSSA sous les dénominations Si116 et Si216, la diphénylguanidine, un polyéthylène glycol, une huile silicone éventuellement modifié au moyen des fonctions OH ou alcoxy. L'agent de recouvrement et/ou de couplage est utilisé dans un rapport pondéral par rapport à la charge  $\geq$  à 1/100 et  $\leq$  à 20/100, et préférentiellement compris entre 2/100 et 15/100 lorsque la charge claire représente la totalité de la charge renforçante et compris entre 1/100 et 20/100 lorsque la charge renforçante est constituée par un coupage de noir de carbone et  
20 de charge claire.

[0076] Comme autres exemples de charges renforçantes ayant la morphologie et les fonctions de surface SiOH et/ou AlOH des matières de type silice et/ou alumine précédemment décrites et pouvant être utilisées selon l'invention en remplacement partiel ou total de celles-ci, on peut citer les noirs de carbone modifiés soit au cours de la synthèse par  
25 addition à l'huile d'alimentation du four d'un composé du silicium et/ou d'aluminium soit après la synthèse en ajoutant, à une suspension aqueuse de noir de carbone dans une solution de silicate et/ou d'aluminate de sodium, un acide de façon à recouvrir au moins partiellement la surface du noir de carbone de fonctions SiOH et/ou AlOH. Comme exemples non limitatifs de ce type de charges carbonées avec en surface des fonctions SiOH  
30 et/ou AlOH, on peut citer les charges type CSDP décrites dans la Conférence N° 24 du Meeting ACS, Rubber Division, Anaheim, Californie, 6-9 mai 1997 ainsi que celles de la

- 19 -

demande de brevet EP-A-0 799 854. Comme autres exemples non limitatifs, on peut citer les charges commercialisées par la société Cabot Corporation sous la dénomination Ecoblack™ « CRX 2000 » ou « CRX4000 », ou bien encore les charges décrites dans les publications US2003040553, WO9813428 ; une telle charge renforçante contient  
5 préférentiellement un taux de silice de 10% en masse de la charge renforçante.

[0077] Lorsqu'une charge claire est utilisée comme seule charge renforçante, les propriétés d'hystérèse et de cohésion sont obtenues en utilisant une silice précipitée ou pyrogénée, ou bien une alumine précipitée ou bien encore un aluminosilicate de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m<sup>2</sup>/g. Comme exemples non limitatifs de ce type  
10 de charge, on peut citer les silices KS404 de la Société Akzo, Ultrasil VN2 ou VN3 et BV3370GR de la Société Degussa, Zeopol 8745 de la Société Huber, Zeosil 175MP ou Zeosil 1165MP de la société Rhodia, HI-SIL 2000 de la Société PPG etc...

[0078] Parmi les élastomères diéniques pouvant être utilisés en coupage avec le caoutchouc naturel ou un polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4, on  
15 peut citer un polybutadiène (BR) de préférence à majorité d'enchaînements cis-1,4, un copolymère styrène-butadiène (SBR) solution ou émulsion, un copolymère butadiène-isoprène (BIR) ou bien encore un terpolymère styrène-butadiène-isoprène (SBIR). Ces élastomères peuvent être des élastomères modifiés en cours de polymérisation ou après polymérisation au moyen d'agents de ramification comme un divinylbenzène ou d'agents  
20 d'étoilage tels que des carbonates, des halogénoétains, des halogénosiliciums ou bien encore au moyen d'agents de fonctionnalisation conduisant à un greffage sur la chaîne ou en bout de chaîne de fonctions oxygénées carbonyle, carboxyle ou bien d'une fonction amine comme par exemple par action de la diméthyl ou de la diéthylamino benzophénone. Dans le cas de coupages de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements  
25 cis-1,4 avec un ou plusieurs des élastomères diéniques, mentionnés ci-dessus, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique est utilisé de préférence à un taux majoritaire et plus préférentiellement à un taux supérieur à 70 pce.

[0079] Lesdites première couche de mélange(s) polymérique(s) et/ou deuxième couche de mélange polymérique ainsi constituées confèrent des rigidités supérieures aux  
30 conceptions plus usuelles qui permettent d'assurer aux zones des bourrelets des

- 20 -

pneumatiques des rigidités de flexion satisfaisantes en association avec les épaisseurs de ces zones qui sont réduites par rapport à celles de pneumatiques plus usuels.

5 [0080] Lesdites première couche de mélange(s) polymérique(s) et/ou deuxième couche de mélange polymérique ainsi constituées présentent encore des propriétés en termes de cohésion et ainsi de résistance à la fissuration améliorée en comparaison de conceptions plus usuelles. Les propriétés d'endurance des zones des bourrelets du pneumatique s'en trouvent donc encore renforcées.

10 [0081] Au sens de l'invention, un mélange caoutchouteux cohésif est un mélange caoutchouteux notamment robuste à la fissuration. La cohésion d'un mélange est ainsi évaluée par un test de fissuration en fatigue réalisé sur une éprouvette « PS » (pure shear). Il consiste à déterminer, après entaillage de l'éprouvette, la vitesse de propagation de fissure «  $V_p$  » (nm/cycle) en fonction du taux de restitution d'énergie «  $E$  » (J/m<sup>2</sup>). Le domaine expérimental couvert par la mesure est compris dans la plage -20°C et +150°C en température, avec une atmosphère d'air ou d'azote. La sollicitation de l'éprouvette est un  
15 déplacement dynamique imposé d'amplitude comprise entre 0.1mm et 10mm sous forme de sollicitation de type impulsif (signal « haversine » tangent) avec un temps de repos égal à la durée de l'impulsion ; la fréquence du signal est de l'ordre de 10Hz en moyenne.

[0082] La mesure comprend 3 parties :

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

- 21 -

[0083] Selon une variante de réalisation préférée de l'invention, lesdites première couche de mélange(s) polymérique(s) et deuxième couche de mélange polymérique sont réalisées avec des mélanges polymériques identiques, et de préférence comportant une charge renforçante constituée par au moins une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse.

[0084] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des couches de calandrage de la couche d'armature de carcasse est compris entre 4 et 16 MPa et de préférence entre 8 et 12 MPa. Ces valeurs permettent notamment de définir le compromis souhaité entre les performances d'endurance de la zone des bourrelets du pneumatique et ses performances en termes de résistance au roulement. Ces valeurs permettent par ailleurs, dans le cas d'une armature sommet constituée uniquement des deux couches de travail, d'assurer une meilleure cohésion entre l'armature sommet et l'armature carcasse.

[0085] Avantageusement selon l'invention, l'extrémité radialement intérieure de la deuxième couche de mélange polymérique est radialement comprise entre le point radialement le plus extérieur du cercle circonscrit à la tringle et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle. Ce positionnement est déterminé sur une coupe d'un pneumatique, dont l'écartement des bourrelets est le même que lorsque le pneumatique est monté sur la jante de montage préconisée par l'ETRTO, celui-ci étant donc ni monté ni gonflé.

[0086] Avantageusement encore selon l'invention, la distance entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle est comprise entre 31 et 37 % de la distance entre le point axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle.

[0087] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, dans tout plan méridien, dans chaque bourrelet, le pneumatique comporte une armature de contention

- 22 -

entourant la tringle et un volume de mélange caoutchouteux directement au contact de la tringle.

**[0088]** Une telle armature de contention permet lors de l'utilisation du pneumatique de limiter les évolutions de forme de la tringle et ainsi de conserver des performances notamment en termes d'endurance satisfaisantes. En effet, le pneumatique selon l'invention dont la structure conduit à son allègement pourrait, dans certains cas d'utilisation ou types de roulage, conduire à une évolution géométrique dans la zone du bourrelet potentiellement nuisible aux performances en termes d'endurance du pneumatique. La présence d'une armature de contention telle que proposée permet de retarder voire de prévenir une telle évolution géométrique. Avantageusement encore selon l'invention, l'armature de contention est constituée d'une couche d'éléments de renforcement textiles de type polyamide aliphatique.

**[0089]** Avantageusement selon l'invention, les tringles sont des tringles paquets, c'est-à-dire des tringles formées d'un assemblage de fils gommés enroulés autour d'une forme, de préférence de forme hexagonale.

**[0090]** Selon un mode de réalisation de l'invention, notamment pour améliorer encore les performances en termes d'endurance du pneumatique, l'armature de carcasse est formée de câbles dont la structure est fortement pénétrée de mélanges polymériques. Il peut par exemple s'agir de câbles dont la construction permet d'augmenter leur pénétrabilité par les mélanges polymériques. Il peut encore s'agir de câbles dans lesquels des mélanges polymériques sont insérés lors de la fabrication des câbles eux-mêmes. Il s'agit alors par exemple de câbles à au moins deux couches, au moins une couche interne étant gainée d'une couche constituée d'une composition de caoutchouc non réticulable, réticulable ou réticulée, de préférence à base d'au moins un élastomère diénique.

**[0091]** Selon d'autres variantes de réalisation de l'invention décalant le compromis de performance du pneumatique de façon moins favorable pour ce qui concerne l'allègement et le temps de cuisson/vulcanisation, l'armature de sommet comporte une couche supplémentaire, dite de protection, radialement extérieure aux couches de sommet de travail, de préférence centrée sur le plan médian circonférentiel. Les éléments de

- 23 -

renforcements d'une telle couche de protection sont de préférence des éléments de renforcement dits élastiques, orientés par rapport à la direction circonférentielle avec un angle compris entre  $8^{\circ}$  et  $45^{\circ}$  et de même sens que l'angle formé par les éléments de renforcement de la couche de travail qui lui est radialement adjacente. De préférence encore, les éléments de renforcements d'une telle couche de protection sont parallèles aux éléments de renforcement de la couche de travail qui lui est radialement adjacente.

**[0092]** D'autres variantes peuvent encore prévoir que l'armature de sommet peut être complétée 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  $45^{\circ}$  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. Avantageusement, ladite couche de triangulation est constituée de deux demi-couches positionnées axialement de part et d'autre du plan médian circonférentiel.

**[0093]** Le pneumatique selon l'invention peut encore comporter une ou plusieurs couches d'éléments de renforcement circonférentiels, avantageusement constituée de deux demi-couches positionnées axialement de part et d'autre du plan médian circonférentiel.

**[0094]** 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 2 qui représentent :

- 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.

**[0095]** Les figures ne sont pas représentées à l'échelle pour en simplifier la compréhension.

**[0096]** La figure 1 ne représente 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.

- 24 -

[0097] La figure 1 illustre un pneumatique 1 de dimension 12 R 22.5. Ledit pneumatique 1 comprend une armature de carcasse radiale 2 ancrée dans deux bourrelets. L'armature de carcasse 2 formée d'une seule couche de câbles métalliques, est enroulée dans chacun des bourrelets 3 autour d'une tringle 4 et forme dans chacun des bourrelets 3 un retournement d'armature de carcasse 7 présentant une extrémité 8. Le pneumatique comporte encore une bande de roulement 5.

[0098] Sur la figure 1, l'armature de carcasse 2 est frettée conformément à l'invention par une armature de sommet 6, formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- d'une première couche de travail 61 formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à  $16^\circ$ ,
- d'une deuxième couche de travail 62 formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à  $30^\circ$ , croisés avec les câbles métalliques de la première couche de travail 61, les câbles de chacune des couches de travail 61, 62 étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle.

[0099] Les câbles métalliques constituant les éléments de renforcement des deux couches de travail sont des câbles de formule 9.35. Ils sont répartis dans chacune des couches de travail avec une distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du câble égale à 2 mm.

[00100] Le pneumatique est gonflé à une pression de 8.5 bar.

[00101] La largeur axiale  $L_{61}$  de la première couche de travail 61 est égale à 220 mm.

[00102] La largeur axiale  $L_{62}$  de la deuxième couche de travail 62 est égale à 200 mm.

[00103] La largeur axiale de la bande de roulement  $L_5$  est égale à 215 mm.

[00104] La largeur axiale  $L$  est égale à 302 mm.

[00105] La différence entre les angles formés par les câbles de la première couche de sommet de travail 61 avec la direction circonférentielle et ceux des câbles de la deuxième couche de sommet de travail 62 est égale à  $14^\circ$ .

- 25 -

- [00106] L'angle moyen est égal à  $22.1^{\circ}$  et est bien compris entre  $20.4^{\circ}$  et  $28.0^{\circ}$ .
- [00107] La valeur mesurée de  $R_e$  est égale à 541.7 mm.
- [00108] La valeur mesurée de  $E_s$  est égale à 22.3 mm.
- [00109] La valeur moyenne  $R_L$  des rayons mesurés est égale à 410 mm.
- 5 [00110] La valeur  $R_t$  déterminée sur le pneumatique est égale à 900 mm.
- [00111] La valeur calculée de  $T_c$  est égale à 362.0 N/mm.
- [00112] La valeur calculée de  $C_F$  est égale à - 0.01.
- [00113] La valeur de  $F_1$  est égale à 514.4 N.
- [00114] La valeur de  $F_2$  est égale à 311.2 N.
- 10 [00115] Les forces ruptures des éléments de renforcement des couches de sommet de travail FR1 et FR2 sont égales à 2600 N.
- [00116] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  est égal à 12.0 %.
- [00117] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_1/FR_1$  est égal à 19.8 %.
- [00118] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_1/FR_1$  est 65% supérieur au ratio  
15 d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$ .
- [00119] L'armature de carcasse 2 est constituée d'éléments de renforcements entre deux couches de calandrage dont le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement est égal à 9.8 MPa.
- [00120] Les éléments de renforcements de l'armature de carcasse 2 sont des câbles  
20 19.18 dont l'allongement à rupture est égal à 2.5 %.
- [00121] Les câbles d'armature de carcasse du pneumatique 1 sont des câbles à couche de structure 1+6+12, non fretté, constitué d'un noyau central formé d'un fil, d'une couche intermédiaire formée de six fils et d'une couche externe formée de douze fils.

- 26 -

[00122] La figure 1 illustre le pneumatique monté sur sa jante nominale J ; le point E axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse 2 est ainsi déterminé le pneumatique étant gonflé à sa pression nominale, par exemple par tomographie.

5 [00123] La figure 2 illustre de manière agrandie 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 avec une extrémité 8.

10 [00124] Sur cette figure 2, est matérialisé le cercle T circonscrit à la tringle 4 et apparaît le point A radialement le plus intérieur dudit cercle T. Ce point A est défini sur une coupe radiale du pneumatique, dont l'écartement des bourrelets est le même que lorsque le pneumatique est monté sur la jante de montage préconisée par l'ETRTO, celui-ci n'étant pas monté sur une jante.

[00125] On détermine également le point B radialement le plus extérieur du cercle T.

15 [00126] La distance  $d_E$  entre le point E et le point A est égale à 128 mm.

[00127] La distance  $d_R$  entre le point 8 et le point A est égale à 44 mm.

[00128] Le ratio de la distance  $d_R$  sur la distance  $d_E$  est égal à 34 % et donc compris entre 25 et 40%.

20 [00129] Le retournement 7 de la couche d'armature de carcasse est séparé de la partie principale de la couche d'armature de carcasse 2 par une première couche de mélange polymérique 9, présentant une extrémité radialement extérieure 10 à une distance  $d_{10}$  du point A égale à 105 mm. La première couche de mélange polymérique 9 présente un module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement inférieur au module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des couches de calandrage de l'armature de carcasse 2.

25 [00130] Axialement à l'extérieur du retournement 7 de la couche d'armature de carcasse est représentée la deuxième couche de mélange polymérique 11 dont l'extrémité radialement extérieure 12 est radialement à l'extérieure de l'extrémité 8 du retournement 7

- 27 -

de la couche d'armature de carcasse à une distance  $d_{12}$  du point A égale à 112 mm. L'extrémité radialement intérieure 13 de la deuxième couche de mélange polymérique 11 est radialement comprise entre les points A et B, respectivement radialement le plus intérieur et radialement le plus extérieur du cercle circonscrit à la tringle.

5     **[00131]**   La deuxième couche de mélange polymérique 11 présente un module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement inférieur au module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des couches de calandrage de l'armature de carcasse 2.

10    **[00132]**   Au contact de la deuxième couche de mélange polymérique 11 et radialement sous la tringle, on trouve la troisième couche de mélange polymérique 14, dont l'extrémité axialement la plus extérieure 15 est radialement à l'intérieur de l'extrémité 12 de la deuxième couche de mélange polymérique 11.

**[00133]**   La troisième couche de mélange polymérique 14 présente un module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement égal à 7.1 MPa.

15    **[00134]**   Axialement au contact de la deuxième couche de mélange polymérique 11 et de la troisième couche de mélange polymérique 14, se trouve la quatrième couche de mélange polymérique 16. L'extrémité radialement intérieure 17 de la quatrième couche de mélange polymérique 16 est radialement intérieure à l'extrémité 15 de la troisième couche de mélange polymérique 14.

20    **[00135]**   La quatrième couche de mélange polymérique 16 présente un module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement égal à 3.1 MPa.

**[00136]**   La première couche de mélange polymérique 9 présente une épaisseur  $E_1$ , mesurée selon la direction normale aux éléments de renforcement de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse égale à 7.5 mm.

25    **[00137]**   La distance  $E_2$  entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique mesurée selon la direction de mesure de l'épaisseur  $E_1$  de la première couche de mélange polymérique

- 28 -

passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse est égale à 20 mm.

5 [00138] Le ratio de l'épaisseur  $E_1$  de la première couche 9 de mélange polymérique sur la distance  $E_2$ , mesurée entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique, est égale à 38 % et donc compris entre 30 et 60%.

10 [00139] Le rapport de la distance  $E_2$ , mesurée entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique, sur la distance  $d_R$  entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle est égal à 0.45 et donc inférieur à 0.5.

[00140] La masse cumulée des deux couches de travail 61, 62, comprenant la masse des câbles métalliques et des mélanges de calandrage, se monte ainsi à 7.1 Kg.

[00141] La masse du pneumatique selon l'invention est de 53.5 Kg.

15 [00142] Les différents mélanges utilisés pour réalisés les première et deuxième couches 9 et 11 sont listés ci-après.

|                  | Mélange 1 | Mélange 2 |
|------------------|-----------|-----------|
| NR               | 100       | 100       |
| Noir N330        | 40        |           |
| Silice 165G      |           | 45        |
| Antioxydant      | 1.30      | 1.7       |
| Acide stéarique  | 0.5       | 1         |
| Oxyde de zinc    | 4         | 4.5       |
| soufre           | 3.12      | 1.9       |
| Accélérateur CBS | 0.60      | 1.9       |
| Silane sur noir  |           | 9         |
| PEG4000          |           | 1         |

- 29 -

|                                     |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|
| MA <sub>10</sub> (MPa)              | 3.7   | 5     |
| P60                                 | 12.5  | 12.5  |
| tan( $\delta$ ) <sub>max</sub> 80°C | 0.080 | 0.080 |

[00143] Les valeurs des constituants sont exprimées en pce (parties en poids pour cent parties d'élastomères).

[00144] Le facteur de perte tan( $\delta$ ) est une propriété dynamique de la couche de mélange caoutchouteux. Il est mesuré sur un viscoanalyseur (Metravib VA4000), selon la norme ASTM D 5992-96. On enregistre la réponse d'un échantillon de composition vulcanisée (éprouvette cylindrique de 2 mm d'épaisseur et de 78 mm<sup>2</sup> de section), soumis à une sollicitation sinusoïdale en cisaillement simple alterné, à la fréquence de 10Hz, à une température de 80°C. On effectue un balayage en amplitude de déformation de 0,1 à 50% (cycle aller), puis de 50% à 1% (cycle retour). Les résultats exploités sont le module complexe de cisaillement dynamique ( $G^*$ ) et le facteur de perte tan( $\delta$ ) mesuré sur le cycle retour. Pour le cycle retour, on indique la valeur maximale de tan( $\delta$ ) observée, notée tan( $\delta$ )<sub>max</sub>.

[00145] La résistance au roulement est la résistance qui apparaît lorsque le pneumatique roule. Elle est représentée par les pertes hystérétiques liées à la déformation du pneumatique durant une révolution. La valeur de tan( $\delta$ ) à 80 °C correspond à un indicateur de la résistance au roulement du pneumatique en roulage.

[00146] Il est encore possible d'estimer la résistance au roulement par la mesure des pertes d'énergie par rebond des échantillons à énergie imposée à des températures de 60 °C et exprimées en pourcentage.

[00147] Un premier pneumatique I1, réalisé conformément à l'invention, comporte des première et deuxième couches réalisées avec le mélange 1 conformément à l'invention.

[00148] Un deuxième pneumatique I2, réalisé conformément à l'invention, comporte des première et deuxième couches réalisées avec le mélange 2 conformément à l'invention.

- 30 -

[00149] Les pneumatiques I1 et I2 selon l'invention sont comparés à des pneumatiques de référence R, de même dimension que les pneumatiques selon l'invention. Les pneumatiques de référence R diffèrent du pneumatique selon l'invention d'une part par son armature de sommet formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- 5       - d'une couche de triangulation, constituée de deux demi nappes, formée de câbles métalliques inextensibles 9.28 non frettés, orientés d'un angle égal à 65°,
- d'une première couche de travail formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à 26°,
- d'une seconde couche de travail formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal  
10       à 18° et croisés aux câbles métalliques de la première couche de travail, les câbles de  
      chacune des couches de travail étant orientés de part et d'autre de la direction  
      circonférentielle,
- d'une couche de protection formée de câbles métalliques élastiques 6.35.

[00150] Les câbles métalliques des deux couches de travail sont des câbles de formule  
15 9.35. Ils sont répartis dans chacune des couches de travail avec une distance entre les  
éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du  
câble égale à 2 mm. Les deux couches de sommet de travail ne diffèrent donc des couches  
de sommet de travail du pneumatique selon l'invention que par les angles.

[00151] Les pneumatiques de référence R sont gonflés à une pression de 8.5 bar.

20 [00152] La largeur axiale globale de la couche triangulation est égale à 180 mm,  
chacune des demi nappes présentant une largeur égale à 60 mm.

[00153] La largeur axiale de la première couche de travail est égale à 220 mm.

[00154] La largeur axiale de la deuxième couche de travail est égale à 200 mm.

[00155] La largeur axiale de la couche de protection est égale à 136 mm.

25 [00156] La valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles formés  
par les câbles de la première couche de sommet de travail avec la direction circonférentielle  
et ceux des câbles de la deuxième couche de sommet de travail est égale à 8°, l'angle le plus

- 31 -

grand en valeur absolue étant celui de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure, contrairement à l'invention.

[00157] L'angle moyen est égal à 21.7°.

[00158] La valeur de F1 est égale à 320 N.

5 [00159] La valeur de F2 est égale à 392 N.

[00160] Les valeurs F1 et F2 sont obtenues par une simulation éléments finis, le nombre élevés de nappes de renforcement dans le sommet ne permettant pas l'utilisation d'un modèle analytique simple.

10 [00161] Les forces ruptures des éléments de renforcement des couches de sommet de travail FR1 et FR2 sont égales à 2600 N.

[00162] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2 est égal à 15.1 %.

[00163] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F1/FR1 est égal à 12.3 %.

[00164] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F1/FR1 est 22.7 % inférieur au ratio d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2.

15 [00165] La masse cumulée des couches de travail du pneumatique de référence R, de la couche de protection et de la couche de triangulation, comprenant la masse des câbles métalliques et des mélanges de calandrage, se monte à 10.4 Kg.

[00166] Les pneumatiques de référence R, diffèrent d'autre part du pneumatique selon l'invention au niveau de la zone du bourrelet.

20 [00167] Les pneumatiques de référence R diffèrent des pneumatiques selon l'invention par la présence de raidisseurs dans la zone du bourrelet plus usuelle avec notamment une épaisseur du bourrelet plus importante au niveau de l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et des première et deuxième couches réalisées avec le mélange 1. Une telle zone de bourrelet plus usuelle comporte en outre une troisième  
25 couche, également constituée du mélange 1, qui est positionnée entre l'extrémité

- 32 -

radialement la plus extérieure du raidisseur et l'extrémité du retournement de l'armature de carcasse.

**[00168]** La masse du pneumatique de référence R est de 63.3 Kg.

**[00169]** Les temps nécessaires à la cuisson des pneumatiques à une température de 145.5 °C côté moule, 158 °C côté cavité du pneumatique et à une pression de 16 bar sont donnés dans le tableau suivant (ils sont exprimés en minutes):

| Pneumatique R | Pneumatique I1 | Pneumatique I2 |
|---------------|----------------|----------------|
| 48            | 40             | 40             |

**[00170]** Comme expliqué précédemment, le temps de cuisson d'un pneumatique est fixé par l'une et/ou l'autre des zones que sont la zone du sommet du pneumatique et la zone du bourrelet du même pneumatique. A titre d'illustration, le tableau ci-après donne les temps de cuisson nécessaire pour chacune de ces deux zones du pneumatique pour les mêmes trois pneumatiques R, I1 et I2. Comme dans le tableau précédent les temps sont exprimés en minute pour des conditions identiques à celles décrites ci-dessus.

|                   | Pneumatique R | Pneumatique I1 | Pneumatique I2 |
|-------------------|---------------|----------------|----------------|
| Zone du Sommet    | 46.5          | 40             | 40             |
| Zone du bourrelet | 48            | 39.5           | 39.5           |

**[00171]** Des essais pour tester l'endurance de l'armature sommet ont été réalisés avec des pneumatiques I1 et I2 réalisés selon l'invention et avec les pneumatiques de référence R.

**[00172]** Des premiers essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de test imposant à chacun des pneumatiques un roulage ligne droite à une vitesse égale à l'indice de vitesse maximum prescrit pour ledit pneumatique (speed index) sous une charge initiale de 3480 daN progressivement augmentée pour réduire la durée du test.

- 33 -

[00173] D'autres essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de tests imposant de façon cyclique un effort transversal et une surcharge dynamique aux pneumatiques. Les essais ont été réalisés pour les pneumatiques selon l'invention avec des conditions identiques à celles appliquées aux pneumatiques de référence.

5 [00174] Les essais ainsi réalisés ont montré que les distances parcourues lors de chacun de ces tests sont sensiblement identiques pour les pneumatiques I1 et I2 selon l'invention et les pneumatiques de référence R. Il apparaît donc que les pneumatiques I1 et I2 selon l'invention présentent des performances sensiblement équivalentes en termes d'endurance de l'armature sommet à celles des pneumatiques de référence R lors de roulage sur des sols  
10 bitumineux.

[00175] Des tests visant à caractériser la résistance à la rupture d'une armature de sommet de pneumatique soumise à des chocs ont également été réalisés. Ces tests consistent à faire rouler un pneumatique, gonflé à une pression recommandée et soumis à une charge recommandée, sur un obstacle ou indenteur cylindrique de diamètre égal à 1.5  
15 pouce, soit 38.1 mm, et d'une hauteur déterminée. La résistance à la rupture est caractérisée par la hauteur critique de l'indenteur, c'est-à-dire la hauteur maximale de l'indenteur entraînant une rupture totale de l'armature de sommet, c'est-à-dire de la rupture de toutes les couches de sommet. Les valeurs expriment l'énergie nécessaire pour obtenir la rupture du bloc sommet. Les valeurs sont exprimées à partir d'une base 100 correspondant à la  
20 valeur mesurée pour le pneumatique de référence R.

| Pneumatique R | Pneumatique I1 | Pneumatique I2 |
|---------------|----------------|----------------|
| 100           | 115            | 115            |

[00176] Ces résultats montrent que malgré un allègement des pneumatiques I1 et I2 selon l'invention, notamment par une diminution de la masse de l'armature sommet, l'énergie à rupture lors d'un choc sur la surface de la bande de roulement est significativement supérieure.

25 [00177] D'autres essais d'endurance ont été réalisés afin de tester l'endurance des zones du bourrelet des pneumatiques en faisant rouler deux pneus rabotés l'un sur l'autre avec une

- 34 -

pression régulée de 8b, avec un gonflage à l'azote et une charge de 6786 daN à une vitesse de 30km/h. Les pneumatiques ont par ailleurs préalablement au roulage été maintenus pendant dix semaines à 60°C avec un gonflage avec 50 % d'oxygène à 8 b.

5 [00178] Les essais ont été réalisés pour les pneumatiques I1 et I2 selon l'invention avec des conditions identiques à celles appliquées aux pneumatiques de référence R.

[00179] Les essais réalisés conduisent pour les pneumatiques de référence R à des performances établissant la base 100. Les tests sont arrêtés lors de l'apparition d'une dégradation de la zone basse du pneumatique.

10 [00180] Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau suivant. Ils sont exprimés en distance relative, une valeur de 100 étant attribuée au pneumatique R.

| Pneumatique R | Pneumatique I1 | Pneumatique I2 |
|---------------|----------------|----------------|
| 100           | 100            | 150            |

[00181] Par ailleurs, des mesures de résistance au roulement ont été réalisées.

[00182] Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau suivant ; elles sont mesurées en Kg/t, un indice de 100 étant attribué au pneumatique R.

| Pneumatique R | Pneumatique I1 | Pneumatique I2 |
|---------------|----------------|----------------|
| 100           | 98             | 97             |

**REVENDICATIONS**

1 – Pneumatique pour véhicule de type poids lourd, destiné à être monté sur une jante creuse de type 15° drop centre, à armature de carcasse radiale, constituée d'une unique couche d'armature de carcasse formée d'éléments de renforcement insérés entre deux couches de calandrage de mélange polymérique, ledit pneumatique comprenant une armature de sommet comprenant deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement croisés d'une nappe à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) compris entre 8° et 45°, lesdits angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle, l'armature sommet étant coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, la couche d'éléments de renforcement de l'armature de carcasse étant ancrée dans chacun des bourrelets par retournement autour d'une tringle pour former une partie principale de la couche d'armature de carcasse s'étendant d'une tringle à l'autre et un retournement de la couche d'armature de carcasse dans chacun des bourrelets, ledit retournement de la couche d'armature de carcasse étant séparé de la partie principale de la couche d'armature de carcasse par une première couche de mélange(s) polymérique(s) s'étendant radialement depuis la tringle jusqu'au moins l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et ledit retournement de la couche d'armature de carcasse étant axialement vers l'extérieur au contact d'une deuxième couche de mélange polymérique, elle-même au moins au contact d'une troisième couche de mélange polymérique formant la surface extérieur du pneumatique dans la zone du bourrelet, ladite troisième couche de mélange polymérique étant destinée notamment à venir au contact de la jante, ladite troisième couche de mélange polymérique étant radialement vers l'extérieur au contact d'une quatrième couche de mélange polymérique formant la surface extérieure d'un flanc, **caractérisé en ce que :**

- lesdites deux couches de sommet de travail sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur au moins 40 % de la largeur axiale de l'armature sommet,

- **en ce que** les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure forment un angle  $\alpha_2$  avec la direction circonférentielle supérieur en valeur absolue à l'angle  $\alpha_1$  formé par les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus intérieure avec la direction circonférentielle,

- 36 -

- **en ce que** la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles  $\alpha_2$  et  $\alpha_1$  est supérieure à  $4^\circ$ ,

- **en ce que** l'angle moyen  $\alpha$  satisfait la relation :

$$14+131*\exp(-L/100) < \alpha < 20+164*\exp(-L/100),$$

5  $\alpha$  étant défini par la relation  $\text{Arctan}((\tan(|\alpha_1|)*\tan(|\alpha_2|))^{1/2})$ , L étant la largeur maximum du pneumatique mesurée selon la direction axiale et exprimée en mm,

- **en ce que** dans une coupe méridienne dudit pneumatique :

- l'extrémité radialement extérieure de la première couche de mélange(s) polymérique(s) est radialement extérieure à l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse,
- l'extrémité radialement extérieure de la deuxième couche de mélange polymérique est radialement extérieure à l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse,
- la distance entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle est comprise entre 25 et 40% de la distance entre le point axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle,
- ladite première couche de mélange(s) polymérique(s) présente une épaisseur, mesurée selon la direction normale aux éléments de renforcement de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse comprise entre 30 et 60% de la distance entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique mesurée selon la direction de mesure de l'épaisseur de la première couche de mélange(s) polymérique(s) passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse,
- le rapport de la distance entre les éléments de renforcements de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et la surface extérieure du pneumatique mesurée selon ladite direction de mesure de l'épaisseur de la première couche de mélange(s)

- 37 -

polymérique(s) passant par l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse sur la distance entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle est inférieur à 0.5,

- 5        - le retournement de la couche d'armature de carcasse et la partie principale de la couche d'armature de carcasse sont les seules couches d'éléments de renforcement dont l'allongement à rupture est inférieur à 6 % présentes dans une zone du flanc constituant au moins 90% de la surface du flanc comprise radialement entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point
- 10        radialement le plus à l'extérieur de la tringle,
- les modules d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement de la première couche de mélange(s) polymérique(s) et de la deuxième couche de mélange polymérique sont inférieurs ou égaux au module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement du calandrage de la couche d'armature de carcasse et supérieurs ou égaux à 30% du
- 15        module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement du calandrage de la couche d'armature de carcasse.

**2 - Pneumatique selon la revendication 1, caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2 de la couche de travail radialement la plus extérieure est inférieur à 1/6, dans lequel :

- 20        FR2 est la force rupture en extension uniaxiale des câbles de la couche de travail radialement la plus extérieure,

$$F2 = p_2 * Tc * [(\tan(|\alpha 1|)/((\tan(|\alpha 1|)+\tan(|\alpha 2|))) / \cos^2(|\alpha 2|) + C_F], \text{ avec}$$

$$Tc = 0.092 * P * R_s * (1 - (R_s^2 - R_L^2)/(2 * R_t * R_s)),$$

P : la pression de gonflage du pneumatique exprimée en bar,

25         $C_F = 0.00035 * (\min((L-80) / \sin(|\alpha 1|), (L-80) / \sin(|\alpha 2|), 480) - 480),$

$p_2$  : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du médian circonférentiel,

$$R_s = R_e - E_s,$$

- 38 -

Re : rayon extérieur du pneumatique mesuré au point radialement le plus extérieur sur la surface de la bande de roulement du pneumatique, ladite surface étant extrapolée pour combler les éventuels creux,

Es : distance radiale entre le point radialement le plus à l'extérieur du pneumatique et sa projection orthogonale sur la face radialement extérieure d'un élément de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus à l'intérieure,

$R_L$  : moyenne des rayons des points axialement les plus à l'extérieur de chaque côté du pneumatique,

Rt : le rayon du cercle passant par trois points situés sur la surface extérieure de la bande de roulement en dehors des creux, définis à partir d'une extrémité d'épaulement à des distances axiales respectives égales à  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{3}{4}$  de la largeur de la bande de roulement.

**3** - Pneumatique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les éléments de renforcement desdites deux couches de sommet de travail sont métalliques.

**4** - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles  $\alpha_2$  et  $\alpha_1$  est supérieure ou égal à  $10^\circ$ , et de préférence supérieur à  $14^\circ$ .

**5** - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_2/FR_2$  de la couche de travail radialement la plus extérieure est inférieur à  $1/8$ .

**6** - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture  $F_1/FR_1$  de la couche de travail radialement la plus intérieure est inférieur à  $1/3$ , dans lequel :

FR1 est la force rupture en extension uniaxiale des câbles de la couche de travail radialement la plus intérieure,

$$F_1 = p_1 * T_c * [(\tan(|\alpha_2|)/((\tan(|\alpha_1|) + \tan(|\alpha_2|))) / \cos^2(|\alpha_1|) + C_F], \text{ avec}$$

$p_1$  : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du plan médian circonférentiel,

- 39 -

$$T_c = 0.092 * P * R_s * (1 - (R_s^2 - R_L^2) / (2 * R_t * R_s)),$$

P : la pression de gonflage du pneumatique exprimée en bar,

$$C_F = 0.00035 * (\min((L-80) / \sin(|\alpha_1|), (L-80) / \sin(|\alpha_2|), 480) - 480),$$

$$R_s = R_e - E_s,$$

5 Re : rayon extérieur du pneumatique mesuré au point radialement le plus extérieur sur la surface de la bande de roulement du pneumatique, ladite surface étant extrapolée pour combler les éventuels creux,

Es : distance radiale entre le point radialement le plus à l'extérieur du pneumatique et sa projection orthogonale sur la face radialement extérieure d'un élément de renforcement de la

10 couche de sommet de travail radialement la plus à l'intérieure,

$R_L$  : moyenne des rayons des points axialement les plus à l'extérieur de chaque côté du pneumatique,

$R_t$  : le rayon du cercle passant par trois points situés sur la surface extérieure de la bande de roulement en dehors des creux, définis à partir d'une extrémité d'épaulement à des distances

15 axiales respectives égales à  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{3}{4}$  de la largeur de la bande de roulement.

7 - Pneumatique selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F1/FR1 de la couche de travail radialement la plus intérieure est au moins 30 % supérieur au ratio d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2 de la couche de travail radialement la plus extérieure.

20 8 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux couches de sommet de travail sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur la totalité de la largeur axiale de l'armature sommet.

9 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première couche de mélange(s) polymérique(s) et/ou la deuxième couche de mélange polymérique  
25 comportent une charge renforçante constituée par au moins une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminés ou les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse.

10 - Pneumatique selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** lesdites première couche de  
30 mélange(s) polymérique(s) et/ou deuxième couche de mélange polymérique sont des mélanges

- 40 -

élastomériques à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés et d'une charge renforçante constituée :

- a) soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminés ou les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse, de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m<sup>2</sup>/g employée à un taux compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 30 et 50 pce,
- b) soit par un coupage d'une charge blanche décrite en (a) et de noir de carbone, dans lequel le taux global de charge est compris entre 20 et 80 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce, le taux de silice sur le taux global de charge étant supérieur à 80% et de préférence supérieur à 90 %.

**11** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le module d'élasticité sous tension à 10 % d'allongement des couches de calandrage de la couche d'armature de carcasse est compris entre 4 et 16 MPa et de préférence entre 8 et 12 MPa.

**12** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'extrémité radialement intérieure de la deuxième couche de mélange polymérique est radialement comprise entre le point radialement le plus extérieur du cercle circonscrit à la tringle et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle.

**13** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la distance entre l'extrémité du retournement de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle est comprise entre 31 et 37 % de la distance entre le point axialement le plus extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse et le point radialement le plus intérieur du cercle circonscrit à la tringle.

**14** - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, dans tout plan méridien, dans chaque bourrelet, le pneumatique comporte une armature de contention

- 41 -

entourant la tringle et un volume de mélange caoutchouteux directement au contact de la tringle.

**15** – Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les tringles sont des tringles paquets, de préférence de forme hexagonale.

1/2

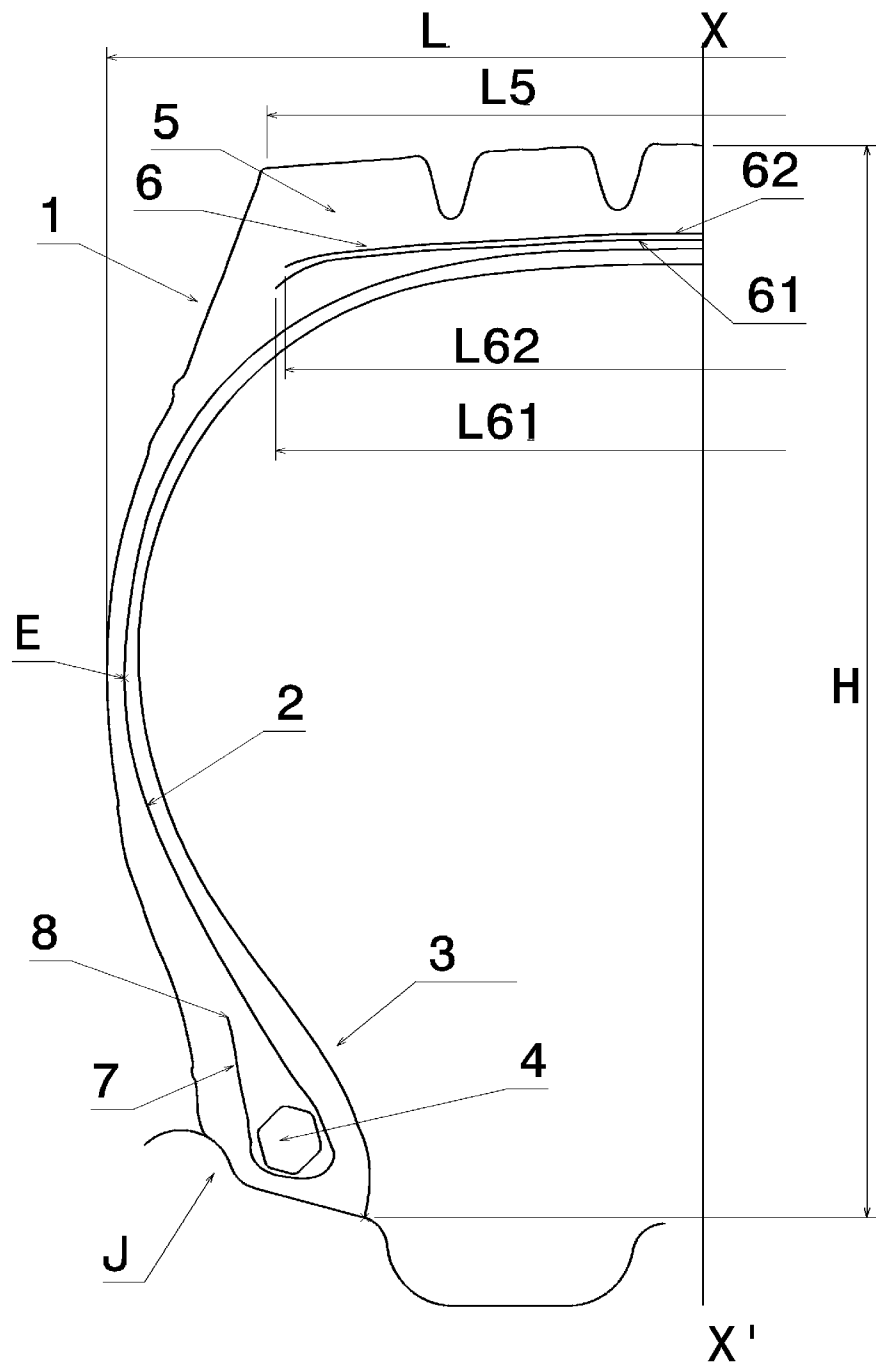


Figure 1

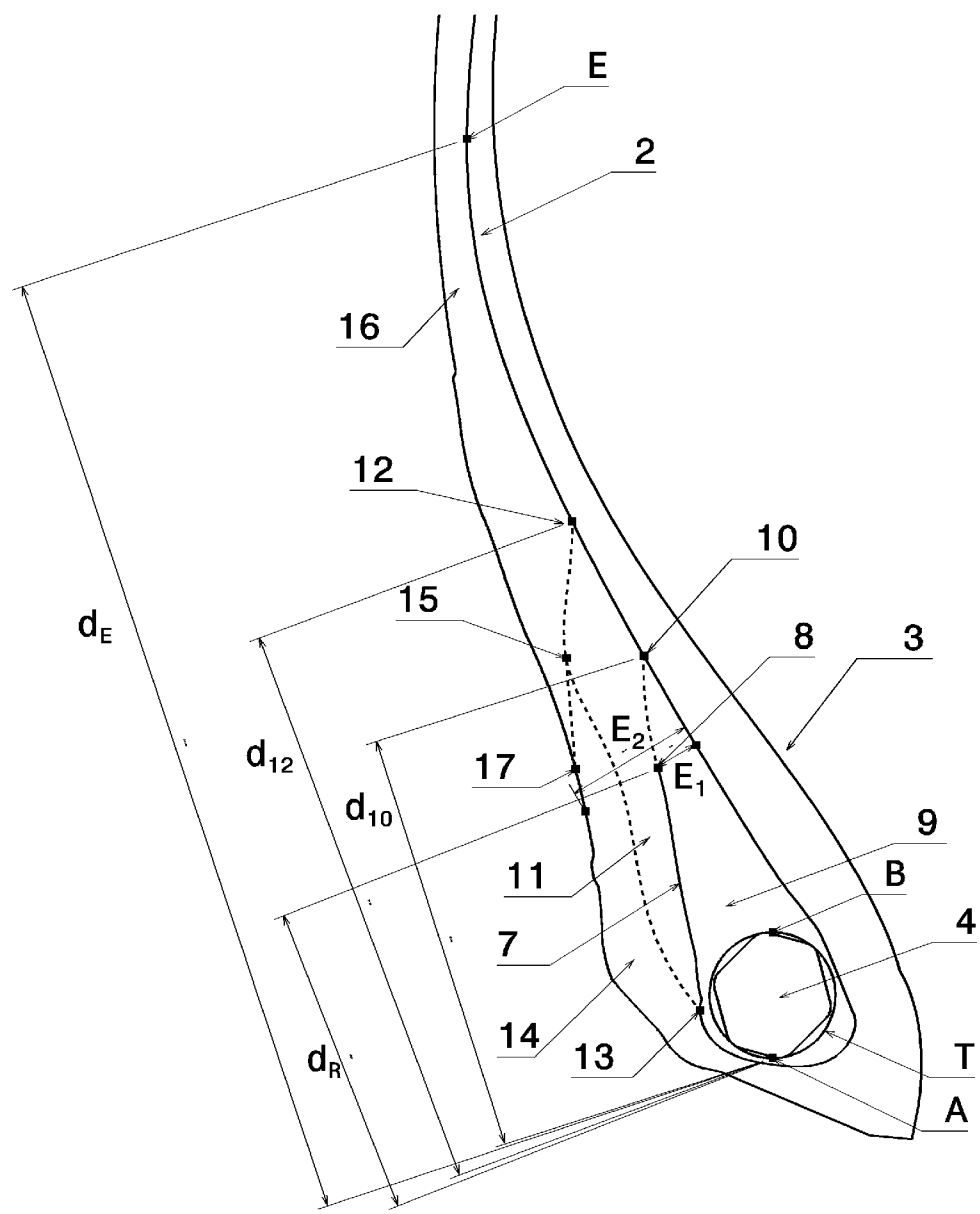


Figure 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2018/052142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. B60C15/06 B60C9/20  
 ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 B60C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | FR 2 787 744 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR])<br>30 June 2000 (2000-06-30)<br>page 1, lines 1-15; claims 1-7; figure 1<br>page 5, lines 10-16<br>----- | 1-15                  |
| A         | FR 2 940 187 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR];<br>MICHELIN RECH TECH [CH])<br>25 June 2010 (2010-06-25)<br>claims 1-5; figures 1-10<br>-----            | 1-15                  |
| A         | US 5 958 162 A (CREECH DEAN BRADLEY [US])<br>28 September 1999 (1999-09-28)<br>column 10, lines 30-38; claims 1-3;<br>figures 1,2<br>-----        | 1-15                  |
| A         | FR 2 409 871 A1 (UNIROYAL [FR])<br>22 June 1979 (1979-06-22)<br>claims 1-11; figures 1-6<br>-----                                                 | 1-15                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 October 2018

Date of mailing of the international search report

14/11/2018

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Carneiro, Joaquim

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/052142

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date |    | Patent family<br>member(s) |  | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|----|---------------------|----|----------------------------|--|---------------------|
| FR 2787744                                | A1 | 30-06-2000          | BR | 9916528 A                  |  | 02-10-2001          |
|                                           |    |                     | CN | 1331639 A                  |  | 16-01-2002          |
|                                           |    |                     | DE | 69919740 D1                |  | 30-09-2004          |
|                                           |    |                     | DE | 69919740 T2                |  | 01-09-2005          |
|                                           |    |                     | EP | 1144207 A2                 |  | 17-10-2001          |
|                                           |    |                     | FR | 2787744 A1                 |  | 30-06-2000          |
|                                           |    |                     | JP | 4521120 B2                 |  | 11-08-2010          |
|                                           |    |                     | JP | 2003512214 A               |  | 02-04-2003          |
|                                           |    |                     | RU | 2235025 C2                 |  | 27-08-2004          |
|                                           |    |                     | US | 2001054467 A1              |  | 27-12-2001          |
|                                           |    |                     | WO | 0038938 A2                 |  | 06-07-2000          |
| -----                                     |    |                     |    |                            |  |                     |
| FR 2940187                                | A1 | 25-06-2010          | BR | PI0922391 A2               |  | 30-05-2017          |
|                                           |    |                     | CN | 102256815 A                |  | 23-11-2011          |
|                                           |    |                     | EP | 2379355 A1                 |  | 26-10-2011          |
|                                           |    |                     | FR | 2940187 A1                 |  | 25-06-2010          |
|                                           |    |                     | JP | 5420676 B2                 |  | 19-02-2014          |
|                                           |    |                     | JP | 2012513331 A               |  | 14-06-2012          |
|                                           |    |                     | US | 2012073724 A1              |  | 29-03-2012          |
|                                           |    |                     | WO | 2010072736 A1              |  | 01-07-2010          |
| -----                                     |    |                     |    |                            |  |                     |
| US 5958162                                | A  | 28-09-1999          | CA | 2149369 A1                 |  | 21-03-1996          |
|                                           |    |                     | DE | 69515948 D1                |  | 04-05-2000          |
|                                           |    |                     | DE | 69515948 T2                |  | 20-07-2000          |
|                                           |    |                     | EP | 0703103 A2                 |  | 27-03-1996          |
|                                           |    |                     | ES | 2144082 T3                 |  | 01-06-2000          |
|                                           |    |                     | JP | 3142738 B2                 |  | 07-03-2001          |
|                                           |    |                     | JP | H08108706 A                |  | 30-04-1996          |
|                                           |    |                     | US | 5662751 A                  |  | 02-09-1997          |
|                                           |    |                     | US | 5863362 A                  |  | 26-01-1999          |
|                                           |    |                     | US | 5958162 A                  |  | 28-09-1999          |
| -----                                     |    |                     |    |                            |  |                     |
| FR 2409871                                | A1 | 22-06-1979          | AU | 527624 B2                  |  | 17-03-1983          |
|                                           |    |                     | BE | 872259 A                   |  | 25-05-1979          |
|                                           |    |                     | CA | 1090686 A                  |  | 02-12-1980          |
|                                           |    |                     | DE | 2851002 A1                 |  | 31-05-1979          |
|                                           |    |                     | ES | 475387 A1                  |  | 01-04-1979          |
|                                           |    |                     | FR | 2409871 A1                 |  | 22-06-1979          |
|                                           |    |                     | GB | 2009060 A                  |  | 13-06-1979          |
|                                           |    |                     | IT | 1108791 B                  |  | 09-12-1985          |
|                                           |    |                     | JP | S54102702 A                |  | 13-08-1979          |
|                                           |    |                     | MX | 147589 A                   |  | 15-12-1982          |
|                                           |    |                     | SE | 7812091 A                  |  | 26-05-1979          |
|                                           |    |                     | US | 4184530 A                  |  | 22-01-1980          |
|                                           |    |                     | ZA | 7806558 B                  |  | 31-10-1979          |
| -----                                     |    |                     |    |                            |  |                     |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052142

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. B60C15/06 B60C9/20  
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
B60C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                 | no. des revendications visées |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| A          | FR 2 787 744 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR])<br>30 juin 2000 (2000-06-30)<br>page 1, lignes 1-15; revendications 1-7;<br>figure 1<br>page 5, lignes 10-16<br>----- | 1-15                          |
| A          | FR 2 940 187 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR];<br>MICHELIN RECH TECH [CH])<br>25 juin 2010 (2010-06-25)<br>revendications 1-5; figures 1-10<br>-----                 | 1-15                          |
| A          | US 5 958 162 A (CREECH DEAN BRADLEY [US])<br>28 septembre 1999 (1999-09-28)<br>colonne 10, lignes 30-38; revendications<br>1-3; figures 1,2<br>-----           | 1-15                          |
| A          | FR 2 409 871 A1 (UNIROYAL [FR])<br>22 juin 1979 (1979-06-22)<br>revendications 1-11; figures 1-6<br>-----                                                      | 1-15                          |



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

25 octobre 2018

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/11/2018

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

Carneiro, Joaquim

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052142

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| FR 2787744                                      | A1 | 30-06-2000             | BR 9916528 A                            | 02-10-2001             |
|                                                 |    |                        | CN 1331639 A                            | 16-01-2002             |
|                                                 |    |                        | DE 69919740 D1                          | 30-09-2004             |
|                                                 |    |                        | DE 69919740 T2                          | 01-09-2005             |
|                                                 |    |                        | EP 1144207 A2                           | 17-10-2001             |
|                                                 |    |                        | FR 2787744 A1                           | 30-06-2000             |
|                                                 |    |                        | JP 4521120 B2                           | 11-08-2010             |
|                                                 |    |                        | JP 2003512214 A                         | 02-04-2003             |
|                                                 |    |                        | RU 2235025 C2                           | 27-08-2004             |
|                                                 |    |                        | US 2001054467 A1                        | 27-12-2001             |
|                                                 |    |                        | WO 0038938 A2                           | 06-07-2000             |
| FR 2940187                                      | A1 | 25-06-2010             | BR PI0922391 A2                         | 30-05-2017             |
|                                                 |    |                        | CN 102256815 A                          | 23-11-2011             |
|                                                 |    |                        | EP 2379355 A1                           | 26-10-2011             |
|                                                 |    |                        | FR 2940187 A1                           | 25-06-2010             |
|                                                 |    |                        | JP 5420676 B2                           | 19-02-2014             |
|                                                 |    |                        | JP 2012513331 A                         | 14-06-2012             |
|                                                 |    |                        | US 2012073724 A1                        | 29-03-2012             |
|                                                 |    |                        | WO 2010072736 A1                        | 01-07-2010             |
| US 5958162                                      | A  | 28-09-1999             | CA 2149369 A1                           | 21-03-1996             |
|                                                 |    |                        | DE 69515948 D1                          | 04-05-2000             |
|                                                 |    |                        | DE 69515948 T2                          | 20-07-2000             |
|                                                 |    |                        | EP 0703103 A2                           | 27-03-1996             |
|                                                 |    |                        | ES 2144082 T3                           | 01-06-2000             |
|                                                 |    |                        | JP 3142738 B2                           | 07-03-2001             |
|                                                 |    |                        | JP H08108706 A                          | 30-04-1996             |
|                                                 |    |                        | US 5662751 A                            | 02-09-1997             |
|                                                 |    |                        | US 5863362 A                            | 26-01-1999             |
| FR 2409871                                      | A1 | 22-06-1979             | US 5958162 A                            | 28-09-1999             |
|                                                 |    |                        | AU 527624 B2                            | 17-03-1983             |
|                                                 |    |                        | BE 872259 A                             | 25-05-1979             |
|                                                 |    |                        | CA 1090686 A                            | 02-12-1980             |
|                                                 |    |                        | DE 2851002 A1                           | 31-05-1979             |
|                                                 |    |                        | ES 475387 A1                            | 01-04-1979             |
|                                                 |    |                        | FR 2409871 A1                           | 22-06-1979             |
|                                                 |    |                        | GB 2009060 A                            | 13-06-1979             |
|                                                 |    |                        | IT 1108791 B                            | 09-12-1985             |
|                                                 |    |                        | JP S54102702 A                          | 13-08-1979             |
|                                                 |    |                        | MX 147589 A                             | 15-12-1982             |
|                                                 |    |                        | SE 7812091 A                            | 26-05-1979             |
|                                                 |    |                        | US 4184530 A                            | 22-01-1980             |
|                                                 |    |                        | ZA 7806558 B                            | 31-10-1979             |