

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.02.15.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.08.16 Bulletin 16/31.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions — FR et MICHELIN RECHERCHE ET TECH-
NIQUE S.A. Société anonyme — CH.

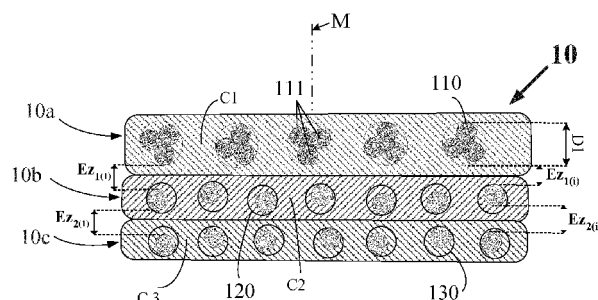
72 Inventeur(s) : LARDJANE AURORE et ASTAIX
CAMILLE.

73 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions, MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE
S.A. Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MANUF FSE PNEUMATIQUES
MICHELIN Société en commandite par actions.

54 PNEU RADIAL AYANT UNE STRUCTURE DE CEINTURE AMELIOREE.

57 Pneumatique radial notamment pour véhicule tou-
risme ou camionnette, à structure de ceinture allégée (10)
comportant un stratifié composite multicouche (10a, 10b,
10c) de construction spécifique, avec une première couche
(10a) de caoutchouc (C1) renforcée de renforts (110) tex-
tiles circonférentiels thermorétractiles sous la forme de mo-
nofilaments ou assemblages de monofilaments, par
exemple en nylon ou en polyester, cette première couche
surmontant radialement (selon la direction Z) deux autres
couches (10b, 10c) de caoutchouc (respectivement C2, C3)
renforcées au moins en partie de monofils (120, 130) en
acier préformés, dont l'amplitude de préformation (Ap) est
de préférence comprise entre 1,0 et 2,0 fois le diamètre du
monofil non préformé.



1. DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention est relative aux pneumatiques pour véhicules, et à leur armature de sommet ou ceinture. Elle se rapporte plus particulièrement aux stratifiés composites multicouche utilisés dans la ceinture de tels pneumatiques notamment pour véhicule tourisme ou camionnette.

2. ETAT DE LA TECHNIQUE

Un pneumatique à armature de carcasse radiale pour véhicule tourisme ou camionnette comporte, on le sait, une bande de roulement, deux bourrelets inextensibles, deux flancs souples reliant les bourrelets à la bande de roulement et une armature de sommet rigide ou « ceinture » ("*belt*") disposée circonférentiellement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement.

La ceinture de pneumatique est généralement constituée par au moins deux nappes de caoutchouc dites « nappes de travail », « nappes de triangulation » ou encore « armature de travail », superposées et croisées, renforcées le plus souvent de câbles métalliques disposés sensiblement parallèlement les uns par rapport aux autres et inclinés par rapport au plan circonférentiel médian, ces nappes de travail pouvant être associées ou non à d'autres nappes et/ou tissus de caoutchouc. Ces nappes de travail ont pour fonction première de donner au pneu une rigidité ou poussée de dérive (en anglais, "*drift thrust*" ou "*cornering*") élevée, nécessaire de manière connue pour l'obtention d'un bon comportement routier ("*handling*") sur véhicule automobile.

La ceinture ci-dessus, ce qui est particulièrement le cas pour les pneumatiques susceptibles de rouler à haute vitesse de manière soutenue, peut comporter en outre une nappe de caoutchouc additionnelle au-dessus des nappes de travail (côté bande de roulement), dite « nappe de frettage » ou « armature de frettage », qui est renforcée généralement par des fils de renforcement dits « circonférentiels », c'est-à-dire que ces fils de renforcement sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent sensiblement circonférentiellement autour de l'enveloppe pneumatique de manière à former un angle préférentiellement compris dans un domaine de -5° à $+5^{\circ}$ avec le plan circonférentiel médian. Ces fils de renforcement circonférentiels ont pour fonction première, on le rappelle, de résister à la centrifugation du sommet à haute vitesse.

De telles structures de ceintures, consistant finalement en un stratifié composite multicouche comportant au moins une nappe de frettage, le plus souvent textile, et deux nappes de travail généralement métalliques, sont bien connues de l'homme du métier et ne nécessitent pas d'être décrites ici plus en détail.

5

L'état de la technique général décrivant de telles structures de ceintures est illustré en particulier par les documents brevet US 4 371 025, FR 2 504 067 ou US 4 819 705, EP 738 615, EP 795 426 ou US 5 858 137, EP 1 162 086 ou US 2002/0011296, EP 1 184 203 ou US 2002/0055583.

10

La disponibilité en aciers de plus en plus résistants et endurants fait que les manufacturiers de pneumatiques s'orientent aujourd'hui, autant que possible, vers l'emploi dans les ceintures de pneumatiques de câbles à structure très simple, notamment à seulement deux fils, voire même de filaments unitaires, afin d'une part de simplifier la fabrication et diminuer les coûts, d'autre part de diminuer l'épaisseur des nappes de renforcement et ainsi l'hystérèse des pneumatiques, en fin de compte réduire la consommation d'énergie des véhicules équipés de tels pneumatiques.

15

20

Les efforts visant à réduire la masse des pneumatiques, en particulier par une réduction d'épaisseur de leur ceinture et des couches de caoutchouc la constituant, se heurtent toutefois, bien naturellement, à des limites physiques qui peuvent donner lieu à un certain nombre de difficultés. Il peut notamment se produire que la fonction de frettage apportée par l'armature de frettage et celle de rigidification apportée par l'armature de travail ne soient plus suffisamment différenciées l'une de l'autre et puissent se perturber mutuellement. Ceci est préjudiciable au bon fonctionnement du sommet du pneumatique, à la performance et l'endurance globale du pneumatique.

25

30

C'est ainsi que les demandes de brevet WO 2013/117476 et WO 2013/117477 déposées par les Demanderesses ont proposé un stratifié composite multicouche de structure spécifique qui permet d'alléger notablement la ceinture des pneumatiques, et donc d'abaisser leur résistance au roulement, tout en palliant les inconvénients cités ci-dessus.

35

Ces demandes divulguent un pneumatique radial, définissant trois directions principales, circonférentielle, axiale et radiale, comportant un sommet surmonté d'une bande de roulement, deux flancs, deux bourrelets, chaque flanc reliant chaque bourrelet au sommet, une armature de carcasse ancrée dans chacun des bourrelets et s'étendant dans les flancs et dans le sommet, une armature de sommet ou ceinture s'étendant dans le sommet selon la direction circonférentielle et située radialement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement, ladite ceinture comportant un stratifié composite multicouche comportant au

moins trois couches superposées de renforts, lesdits renforts étant dans chaque couche unidirectionnels et noyés dans une épaisseur de caoutchouc, avec notamment :

- 5 ○ côté bande de roulement, une première couche de caoutchouc comportant une première rangée de renforts, orientés selon un angle α de -5 à $+5$ degrés par rapport à la direction circonférentielle, ces renforts dits premiers renforts étant en matériau textile thermorétractile ;
- 10 ○ au contact de la première couche et disposée sous cette dernière, une deuxième couche de caoutchouc comportant une deuxième rangée de renforts, orientés selon un angle β donné, positif ou négatif, compris entre 10 et 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle, ces renforts dits deuxièmes renforts étant des renforts métalliques ;
- 15 ○ au contact de la deuxième couche et disposée sous cette dernière, une troisième couche de caoutchouc comportant une troisième rangée de renforts, orientés selon un angle γ opposé à l'angle β , lui-même compris entre 10 et 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle, ces renforts dits troisièmes renforts étant des renforts métalliques.

20 Les premiers renforts, préférentiellement en polyamide ou en polyester, sont constitués de fibres multifilamentaires comportant un très grand nombre (typiquement plusieurs centaines) de filaments élémentaires de très petit diamètre, qui sont retordues ensemble sous forme de cordes textiles conventionnelles. Les deuxièmes et troisièmes renforts consistent quant à eux en des monofilaments unitaires en acier, en particulier en acier au carbone à très haute résistance.

25 Les demandes de brevet ci-dessus ont démontré qu'il était possible, grâce à la construction spécifique de leur stratifié composite multicouche, notamment à l'utilisation de renforts circonférentiels textiles dont la thermorétractabilité est contrôlée et de renforts métalliques sous forme de monofils unitaires de faible diamètre, de réduire de manière notable l'épaisseur globale des ceintures de pneumatiques, et ceci sans nuire à la bonne mise en œuvre et à la différenciation des fonctions d'une part de freinage apportées par les renforts circonférentiels de la première couche, d'autre part de rigidification apportées par les renforts métalliques des deux autres couches.

35 Ainsi, peuvent être diminués le poids des pneumatiques et leur résistance au roulement, à coût réduit grâce à l'utilisation de monofilaments en acier ne nécessitant aucune opération d'assemblage préalable, et ceci sans pénaliser la rigidité de dérive ni l'endurance globale en roulage.

Toutefois, l'absence de câblage sur les monofilaments en acier des deuxième et troisième couches fait que ces derniers sont susceptibles de flamber prématurément, comparativement à des câbles usuels, lors de sollicitations très sévères en compression.

- 5 Ceci peut être préjudiciable, selon les conditions particulières d'utilisation des pneumatiques, à l'endurance en compression du stratifié multicouche, en particulier si les pneumatiques sont soumis de manière soutenue à des conditions de roulage particulièrement sévères, par exemple sous de très fortes dérives.

10

3. BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

Poursuivant leurs recherches, les Demanderesses ont mis au point un stratifié composite multicouche amélioré, d'architecture nouvelle, qui répond au problème ci-dessus et qui peut
15 donc constituer une alternative avantageuse aux stratifiés décrits dans les deux demandes précitées, pour des pneumatiques susceptibles d'être soumis à de telles conditions de roulage particulièrement sévères.

Ainsi, selon un premier objet, la présente invention concerne (selon les références données
20 aux figures 1 et 2 annexées) un pneumatique radial (1), définissant trois directions principales, circonférentielle (X), axiale (Y) et radiale (Z), comportant un sommet (2) surmonté d'une bande de roulement (3), deux flancs (4), deux bourrelets (5), chaque flanc (4) reliant chaque bourrelet (5) au sommet (2), une armature de carcasse (7) ancrée dans chacun des bourrelets (5) et s'étendant dans les flancs (4) jusqu'au sommet (2), une armature de
25 sommet ou ceinture (10) s'étendant dans le sommet (2) selon la direction circonférentielle (X) et situé radialement entre l'armature de carcasse (7) et la bande de roulement (3), ladite ceinture (10) comportant un stratifié composite multicouche (10a, 10b, 10c) comportant au moins trois couches superposées de renforts (110, 120, 130), lesdits renforts étant dans chaque couche unidirectionnels et noyés dans une épaisseur de caoutchouc (respectivement
30 C1, C2, C3), avec :

- côté bande de roulement, une première couche (10a) de caoutchouc (C1) comportant une première rangée de renforts (110), orientés selon un angle α de -5 à $+5$ degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (110) dits premiers
35 renforts étant en matériau textile thermorétractile ;
- au contact de la première couche (10b) et disposée sous cette dernière, une deuxième couche (10b) de caoutchouc (C2) comportant une deuxième rangée de renforts (120), orientés selon un angle β donné, positif ou négatif, compris entre 10 et 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (120) dits deuxièmes
40 renforts étant des renforts métalliques ;

- au contact de la deuxième couche (10b) et disposée sous cette dernière, une troisième couche (10c) de caoutchouc (C3) comportant une troisième rangée de renforts (130), orientés selon un angle gamma opposé à l'angle beta, lui-même compris entre 10 et 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (130) dits troisièmes renforts étant des renforts métalliques ;

ce pneumatique étant caractérisé en ce que :

- tout ou partie des premiers renforts (110) en matériau textile thermorétractile sont des monofilaments de diamètre ou épaisseur φ supérieur(e) à 0,10 mm, ou des assemblages de tels monofilaments ;
- le diamètre d'encombrement noté D1 des premiers renforts (110) est compris entre 0,20 mm et 1,20 mm ;
- tout ou partie des deuxièmes (120) et/ou troisièmes (130) renforts sont des monofilaments en acier de diamètre ou épaisseur, respectivement D2 et D3, compris(e) entre 0,20 mm et 0,50 mm, qui sont préformés.

L'utilisation de monofilaments en acier préformés, agissant en quelque sorte comme des ressorts, permet d'augmenter l'endurance du pneumatique, grâce à une extensibilité et une tenue en flexion-compression du stratifié multicouche qui sont toutes deux améliorées.

Le problème pouvant se poser toutefois est que, l'encombrement de ces monofilaments préformés augmentant par rapport à des monofilaments rectilignes conventionnels, les risques s'accroissent de contacts directs, sinon de trop grande proximité, entre les renforts textiles (110) de la première couche (C1) avec ceux métalliques (120) de la deuxième couche (C2), voire entre les câbles métalliques des deuxième (C2) et troisième (C3) couches, si l'on ne veut pas par ailleurs devoir augmenter l'épaisseur des couches de caoutchouc (C1 et/ou C2 et/ou C3).

Or, un contact direct entre des renforts textiles circonférentiels, dont on sait qu'ils contiennent naturellement et sont susceptibles de transporter une certaine quantité d'eau, variable selon la nature du matériau textile thermorétractile, et des monofilaments en acier, pourrait engendrer à terme une corrosion de surface de ces derniers, donc une perte de résistance, sans parler d'un risque de dégradation de l'adhésion avec le caoutchouc environnant, in fine un risque de diminution de l'endurance globale de l'armature de travail après un roulage prolongé des pneumatiques.

Selon l'invention, ces risques de corrosion ou de perte d'adhésion sont réduits, dans le stratifié selon l'invention, grâce à l'emploi de renforts textiles (110) sous forme de monofils de gros diamètre ou d'assemblages de tels monofils, en lieu et place des cordes textiles

conventionnelles à base de fibres multifilamentaires telles que décrites dans les demandes WO 2013/117476 et WO 2013/117477 précitées.

Le stratifié composite multicouche selon l'invention est utilisable comme élément de renforcement de ceinture de tout type de pneumatique, particulièrement pour véhicule tourisme incluant notamment les véhicules 4x4 et "SUV" (*Sport Utility Vehicles*) ou pour véhicule camionnette.

L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description détaillée et des exemples de réalisation qui suivent, ainsi que des figures 1 à 4 relatives à ces exemples qui schématisent (sauf indication contraire, sans respect d'une échelle spécifique) :

- en coupe radiale (c'est-à-dire selon un plan contenant l'axe de rotation du pneumatique), un exemple de pneumatique (1) conforme à l'invention, incorporant dans sa ceinture (10) un stratifié composite multicouche conformément à l'invention (Fig. 1) ;
- en coupe transversale, un exemple de stratifié composite multicouche (10a, 10b, 10c) utilisé dans le pneumatique (1) conforme à l'invention, incorporant les renforts (110) en matériau textile thermorétractile sous la forme d'un assemblage de monofilaments et des renforts (respectivement 120, 130) sous la forme de monofilaments en acier préformés (Fig. 2 et Fig. 2a, 2b et 2c);
- en coupe transversale, un autre exemple de stratifié composite multicouche (10a, 10b, 10c) utilisé dans le pneumatique (1) conforme à l'invention, incorporant les renforts (110) en matériau textile thermorétractile sous la forme d'un monofilament unitaire et des renforts (respectivement 120, 130) sous la forme de monofilaments en acier préformés (Fig. 3) ;
- en coupe transversale, différents exemples possibles d'assemblages de monofilaments (111) en matériau textile thermorétractile, utilisables comme renforts (110) dans la première couche (10a, 20a) du stratifié composite multicouche selon l'invention (Fig. 4).

4. DEFINITIONS

Dans la présente demande, on entend par :

- "caoutchouc" ou "élastomère" (les deux termes étant considérés comme synonymes) : tout type d'élastomère, qu'il soit du type diénique ou du type non diénique par exemple thermoplastique ;
- "composition de caoutchouc" ou "composition caoutchouteuse" : une composition qui comporte au moins un caoutchouc et une charge ;

- "couche" : une feuille, bande ou tout autre élément d'épaisseur relativement faible par rapport à ses autres dimensions, de préférence dont le rapport de l'épaisseur sur la plus grande des autres dimensions est inférieur à 0,5, plus préférentiellement inférieur à 0,1 ;
- "direction axiale" : une direction sensiblement parallèle à l'axe de rotation du pneumatique ;
- "direction circonférentielle" : une direction qui est sensiblement perpendiculaire à la fois à la direction axiale et à un rayon du pneumatique (en d'autres termes, tangente à un cercle dont le centre est sur l'axe de rotation du pneumatique) ;
- "direction radiale" : une direction selon un rayon du pneumatique, c'est-à-dire une direction quelconque passant par l'axe de rotation du pneumatique et sensiblement perpendiculairement à cette direction, c'est-à-dire faisant avec une perpendiculaire à cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de 5 degrés ;
- "monofilament" ou indistinctement "monofil", de manière générale, tout filament unitaire, quelle que soit la forme de sa section droite, dont le diamètre (cas d'une section droite circulaire) ou l'épaisseur (cas d'une section droite non circulaire) sont supérieurs à 100 μm . Cette définition couvre aussi bien des monofils de forme essentiellement cylindrique (à section droite circulaire) que des monofilaments de forme différente, par exemple des monofilaments oblongs (de forme aplatie), ou de section droite rectangulaire ou carrée ;
- "orienté selon un axe ou une direction" en parlant d'un élément quelconque tel qu'un renfort, un élément qui est orienté sensiblement parallèlement à cet axe ou cette direction, c'est-à-dire faisant avec cet axe ou cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de 5 degrés (donc nul ou au plus égal à 5 degrés) ;
- "orienté perpendiculairement à un axe ou une direction" : en parlant d'un élément quelconque tel qu'un renfort, un élément qui est orienté sensiblement perpendiculairement à cet axe ou cette direction, c'est-à-dire faisant avec une perpendiculaire à cet axe ou cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de 5 degrés ;
- "plan circonférentiel médian" (noté M) : le plan perpendiculaire à l'axe Y de rotation du pneumatique qui est situé à mi-distance des deux bourrelets et passe par le milieu de l'armature de sommet ou ceinture ;
- "renfort" ou "fil de renforcement" : tout brin long et fin c'est-à-dire filiforme, longiligne, de grande longueur relativement à sa section transversale, notamment tout filament unitaire, toute fibre multifilamentaire ou tout assemblage de tels filaments ou fibres tels qu'un retors ou un câble, ce brin ou fil pouvant être rectiligne comme non rectiligne, par exemple torsadé, ou ondulé, un tel brin ou fil étant susceptible de renforcer une matrice de caoutchouc (c'est-à-dire augmenter les propriétés en traction de la matrice) ;
- "renforts unidirectionnels" : des renforts essentiellement parallèles entre eux, c'est-à-dire orientés selon un même axe ;
- "stratifié" ou "stratifié multicouche" : au sens de la classification internationale des brevets, tout produit comportant au moins deux couches, de forme plane ou non plane,

qui sont au contact l'une de l'autre, ces dernières pouvant être ou non liées, connectées entre elles ; l'expression "lié" ou "connecté" doit être interprétée de façon extensive de manière à inclure tous les moyens de liaison ou d'assemblage, en particulier par collage.

- 5 D'autre part, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des % en masse.

10 L'expression « x et/ou y » signifie « x » ou « y » ou les deux (c'est-à-dire « x et y »). Tout intervalle de valeurs désigné par l'expression « entre a et b » représente le domaine de valeurs allant de plus de « a » à moins de « b » (c'est-à-dire bornes « a » et « b » exclues) tandis que tout intervalle de valeurs désigné par l'expression « de a à b » signifie le domaine de valeurs allant de « a » jusqu'à « b » (c'est-à-dire incluant les bornes strictes « a » et « b »).

15 5. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

A titre d'exemple, la figure 1 représente de manière très schématique (c'est-à-dire sans respect d'une échelle spécifique) une coupe radiale d'un pneumatique conforme à l'invention, par exemple pour véhicule du type tourisme ou camionnette, dont la ceinture comporte un stratifié composite multicouche selon l'invention.

20 Ce pneumatique (1) conforme à l'invention, définissant trois directions perpendiculaires, circonférentielle (X), axiale (Y) et radiale (Z), comporte un sommet (2) surmonté d'une bande de roulement (3), deux flancs (4), deux bourrelets (5), chaque flanc (4) reliant chaque bourrelet (5) au sommet (2), une armature de carcasse (7) ancrée dans chacun des bourrelets (5) et s'étendant dans les flancs (4) jusqu'au sommet (2), une armature de sommet ou ceinture (10) s'étendant dans le sommet (2) selon la direction circonférentielle (X) et situé radialement entre l'armature de carcasse (7) et la bande de roulement (3). L'armature de carcasse (7) est de manière connue constituée d'au moins une nappe de caoutchouc renforcée par des câblés textiles dits "radiaux", disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet à l'autre de manière à former un angle généralement compris entre 80° et 90° avec le plan circonférentiel médian M ; elle est ici, à titre d'exemple, enroulée autour de deux tringles (6) dans chaque bourrelet (5), le retournement (8) de cette armature (7) étant par exemple disposé vers l'extérieur du pneumatique (1) qui est ici représenté monté sur sa jante (9).

Selon la présente invention, conformément aux représentations des figures 2 et 3 qui seront détaillées ultérieurement, la ceinture (10) du pneumatique (1) comporte un stratifié composite multicouche comportant trois couches (10a, 10b, 10c) superposées de renforts, lesdits

renforts étant dans chaque couche unidirectionnels et noyés dans une épaisseur de caoutchouc (respectivement C1, C2, C3), avec :

- 5 ○ côté bande de roulement, une première couche (10a) de caoutchouc (C1) comportant une première rangée de renforts (110), orientés selon un angle α de -5 à $+5$ degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (110) dits premiers renforts étant en matériau textile thermorétractile ;
- 10 ○ au contact de la première couche (10b) et disposée sous cette dernière, une deuxième couche (10b) de caoutchouc (C2) comportant une deuxième rangée de renforts (120), orientés selon un angle β donné, positif ou négatif, compris entre 10 et 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (120) dits deuxièmes renforts étant des renforts métalliques ;
- 15 ○ au contact de la deuxième couche (10b) et disposée sous cette dernière, une troisième couche (10c) de caoutchouc (C3) comportant une troisième rangée de renforts (130), orientés selon un angle γ opposé à l'angle β , lui-même compris entre 10 et 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), identique à ou différent de l'angle β , ces renforts (130) dits troisièmes renforts étant des renforts métalliques.

20 Selon l'invention, les angles β et γ de sens opposés, tous deux compris entre 10° et 30° , peuvent être identiques ou différents, c'est-à-dire que les deuxièmes (120) et troisièmes (130) renforts peuvent être disposés symétriquement ou pas, de part et d'autre du plan circonférentiel médian (M) précédemment défini.

25 Dans ce pneumatique schématisé à la figure 1, on comprendra bien entendu que la bande de roulement (3), le stratifié multicouche (10) et l'armature de carcasse (7) peuvent être ou non au contact les uns des autres, même si ces parties ont été volontairement séparées sur la figure 1, schématiquement, pour des raisons de simplification et de clarté du dessin. Elles pourraient être séparées physiquement, tout au moins pour une partie d'entre elles, par exemple par des gommages de liaison, bien connues de l'homme du métier, destinées à
30 optimiser la cohésion de l'ensemble après cuisson ou réticulation.

35 Selon une première caractéristique essentielle de l'invention, les premiers renforts (110) en matériau textile thermorétractile sont des monofils ou des assemblages de monofils, de tels monofils pris individuellement ayant un diamètre (ou, par définition, une épaisseur si le monofilament n'a pas une section droite sensiblement circulaire) noté ϕ qui est supérieur à 0,10 mm, de préférence compris entre 0,15 et 0,80 mm, en particulier entre 0,20 et 0,60 mm.

40 Le diamètre d'encombrement (moyen) D1 de ces premiers renforts textiles (110) est quant à lui compris entre 0,20 mm et 1,20 mm, de préférence entre 0,30 et 1,00 mm, en particulier entre 0,40 et 0,80 mm ; en d'autres termes, dans le cas particulier où le renfort (110) consiste

en un monofilament textile unitaire de section droite circulaire, ce dernier a un diamètre ϕ qui est nécessairement supérieur à 0,20 mm. On entend de manière usuelle par diamètre d'encombrement le diamètre du cylindre de révolution imaginaire qui entoure de tels premiers renforts textiles (110) dans le cas général où ces derniers ne sont pas à section droite circulaire.

Tout matériau textile thermorétractile convient, en particulier et préférentiellement un matériau textile vérifiant les caractéristiques de contraction CT énoncées ci-après convient.

De préférence, ce matériau textile thermorétractile est choisi dans le groupe constitué par les polyamides, les polyesters et les polycétone. Parmi les polyamides, on peut citer notamment les polyamides 4-6, 6, 6-6, 11 ou 12. Parmi les polyesters, on peut citer par exemple les PET (polyéthylène téréphthalate), PEN (polyéthylène naphthalate), PBT (polybutylène téréphthalate), PBN (polybutylène naphthalate), PPT (polypropylène téréphthalate), PPN (polypropylène naphthalate). Sont également utilisables, en particulier et préférentiellement dans la mesure où ils vérifient la caractéristique CT préconisée ci-dessus, des renforts hybrides constitués de deux (au moins deux) matériaux différents tels que par exemple des assemblages de monofilaments aramide/nylon, aramide/polyester, aramide/polycétone.

Plus préférentiellement, le matériau textile thermorétractile constitutif des premiers renforts (110) est un polyamide (nylon) ou un polyester.

La densité d_1 des premiers renforts (110) dans la première couche de caoutchouc (C1), mesurée dans la direction axiale (Y), est de préférence comprise entre 70 et 130 fils/dm, plus préférentiellement comprise entre 80 et 120 fils/dm, en particulier entre 90 et 110 fils/dm.

Leur contraction thermique (notée CT), après 2 min à 185°C, est de préférence inférieure à 7,5%, plus préférentiellement inférieure à 7,0%, en particulier inférieure à 6,0%, valeurs qui se sont révélées préférables pour la stabilité de fabrication et de dimensionnement des enveloppes de pneumatiques, en particulier lors des phases de cuisson et refroidissement des ces dernières.

Il s'agit de la contraction relative de ces premiers renforts (110) dans les conditions énoncées ci-après du test. La grandeur CT est mesurée, sauf précisions différentes, selon la norme ASTM D1204-08, par exemple sur un appareil du type « TESTRITE », sous une prétension dite standard de 0,5 cN/tex (donc ramenée au titre ou densité linéique de l'échantillon testé). A longueur constante, on mesure également le maximum de la force de contraction (notée F_C) à l'aide du test ci-dessus, cette fois à une température de 180°C et sous 3% d'élongation. Cette force de contraction F_C est préférentiellement supérieure à 20 N (Newton). Une force de contraction élevée s'est révélée particulièrement favorable à la capacité de fretage des

premiers renforts (110) en matériau textile thermorétractile, vis-à-vis de l'armature de sommet du pneumatique lorsque ce dernier s'échauffe sous une haute vitesse de roulage.

Les grandeurs CT et F_C ci-dessus peuvent être indistinctement mesurées sur les renforts textiles initiaux encollés avant leur incorporation dans le stratifié puis dans le pneu, ou bien mesurée sur ces renforts une fois extraits de la zone centrale du pneumatique vulcanisé et de préférence « dégomés » (c'est-à-dire débarrassés du caoutchouc qui les enrobe dans la couche C1).

La figure 4 schématise en coupe transversale, différents exemples (112, 113, 114, 115, 116, 117) d'assemblages de (respectivement 2, 3, 4, 5, 6 et 7) monofils (111) en matériau textile thermorétractile tel que par exemple polyamide, polyester ou polycétone, utilisables comme renforts (110) dans la première couche (10a) du stratifié composite multicouche selon l'invention.

De tels assemblages et leurs procédés de fabrication sont bien connus de l'homme du métier ; ils ont été décrits dans de nombreux documents brevet, à titre d'exemples FR 1 495 730, FR 2 022 643 ou US 3 638 706, FR 2 577 478 ou US 4 724 881, EP 500 480 ou US 5 442 903. EP 517 870 ou US 5 427 165, WO 2010/143017, ou dans des publications telles que « *Investigation of twisted monofilament cord properties made of nylon 6.6 and polyester* », B. Yilmaz, *Fibers and Polymers* 2011, vol. 12, N°8, 1091-1098.

Les monofils ou assemblages de monofils textiles thermorétractiles présentent l'avantage, comparativement à des cordes textiles formées de fibres multifilamentaires conventionnelles, de mieux protéger contre l'humidité le reste du stratifié composite multicouche, ainsi de limiter les risques de pénaliser l'adhésion entre les divers renforts du stratifié et leur matrice de caoutchouc environnante, sans compter les risques de corrosion des surface des renforts en acier.

Si des assemblages de monofils textiles sont utilisés, ils comportent de préférence 2 à 10, plus préférentiellement de 3 à 7 monofils en matériau textile thermorétractile tel que par exemple polyamide, polyester ou polycétone. Pour la fabrication de ces assemblages, les monofils sont câblés, retordus ensemble selon des techniques bien connues, avec une torsion comprise de préférence entre 30 et 200 tr/m (tours par mètre), plus préférentiellement entre 30 et 100 tr/m, ces monofils étant de manière connue dépourvus, ou quasiment dépourvus, de torsion sur eux-mêmes.

De préférence, les monofilaments ou assemblages de monofilaments en matériau textile thermorétractile représentent la majorité (par définition, majorité en nombre), plus

préférentiellement la totalité des premiers (110) renforts de la première couche (10a) de caoutchouc (C1).

Tout ou partie des deuxièmes (120) et/ou troisièmes (130) renforts sont des monofilaments en acier qui pour rappel ne sont pas tordus, câblés ensemble mais utilisés à l'état unitaire ; leur diamètre (à l'état rectiligne, non préformé) ou par définition épaisseur si le monofilament n'a pas une section droite circulaire, respectivement noté(e) D2 et D3, est compris(e) entre 0,20 mm et 0,50 mm. D2 et D3 sont de préférence compris entre 0,25 mm et 0,40 mm, plus préférentiellement compris dans un domaine de 0,28 à 0,35 mm.

D2 et D3, tout comme A_p , peuvent être identiques ou différents d'une couche à l'autre ; s'ils sont différents, D3 peut être supérieur à D2 ou bien inférieur à D2, selon les modes de réalisation particuliers de l'invention.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, ces monofils en acier sont préformés. On entend par là, de manière connue, que ces monofils ont subi un traitement de préformation dans un plan (préformation dans 2 dimensions) ou dans l'espace (préformation dans 3 dimensions), un tel traitement ayant bien entendu pour conséquence d'augmenter leur diamètre d'encombrement (ci-après A_p) par rapport à leur diamètre à l'état non préformé (D2 ou D3), c'est-à-dire rectiligne.

La préformation peut prendre toute forme connue, en deux dimensions (c'est-à-dire contenue dans un seul plan, par exemple sous forme d'une ondulation ou d'un ziz-zag) ou en trois dimensions (c'est-à-dire contenue dans l'espace, par exemple sous forme d'une hélice). De préférence, les monofilaments préformés se présentent sous une forme ondulée ou sous une forme hélicoïdale.

Des fils en acier préformés et/ou leurs procédés de fabrication sont bien connus de l'homme du métier des pneumatiques ; ils ont été décrits notamment dans EP 462 716, EP 1 066 989, EP 1 162 086, EP 1 184 203, EP 1 439 967, US 5 524 687, WO 2006/100245, pour ne citer que quelques exemples.

La préformation peut être périodique ou non. Les monofils pourraient contenir, en alternative, des parties droites (rectilignes) et des parties préformées.

Leur amplitude de préformation notée « A_p » est de préférence comprise entre 1,1 et 2,0 fois le diamètre ou épaisseur, respectivement D2 et/ou D3, du monofilament non préformé c'est-à-dire à l'état rectiligne. A_p représente de manière connue le diamètre du cercle circonscrivant le monofil préformé, ou encore le diamètre du cylindre imaginaire qui enveloppe, entoure le monofil préformé. A_p est plus préférentiellement comprise entre 1,1 et

1,8 fois le diamètre ou épaisseur (respectivement D2 et/ou D3) du monofilament non préformé (rectiligne).

Ainsi, le renfort (120 et/ou 130) que constitue le monofilament préformé est capable de se déformer, à la manière d'un ressort, lorsqu'il est soumis à une contrainte de compression (en se comprimant) ou une contrainte d'extension (en s'allongeant). Grâce à une telle préformation, la résistance au flambage des monofils en acier est améliorée, avec elle l'endurance en compression du stratifié composite multicouche et celle globale de la ceinture, comparativement aux solutions décrites dans les deux demandes WO 2013/117476 et WO 2013/117477 précitées.

La densité, respectivement d_2 et d_3 , des deuxièmes (120) et troisièmes (130) renforts dans respectivement les deuxième (C2) et troisième (C3) couches de caoutchouc, mesurée dans la direction axiale (Y), est de préférence comprise entre 100 et 180 fils/dm, plus préférentiellement entre 110 et 170 fils/dm, en particulier entre 120 et 160 fils/dm.

Selon un mode de réalisation préférentiel, les monofilaments préformés représentent au moins une partie, de préférence la totalité, des deuxièmes (120) renforts de la deuxième couche (10b) de caoutchouc (C2). Selon un autre mode de réalisation préférentiel, combiné ou non au précédent, les monofilaments préformés représentent au moins une partie, de préférence la totalité, des troisièmes (130) renforts de la troisième couche (10c) de caoutchouc (C3).

De préférence, l'acier de ces renforts (120, 130) est un acier au carbone tel que ceux utilisés dans les câbles type "*steel cords*" pour pneumatiques ; mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers, par exemple des aciers inoxydables, ou d'autres alliages.

Selon un mode de réalisation préférentiel, lorsqu'un acier au carbone est utilisé, sa teneur en carbone (% en poids d'acier) est comprise dans un domaine de 0,5% à 1,2%, plus préférentiellement de 0,7% à 1,0%. L'invention s'applique en particulier à des aciers du type *steel cord* à résistance normale (dit "NT" pour "*Normal Tensile* ") ou à haute résistance (dit "HT" pour "*High Tensile* "), les (deuxièmes et troisièmes) renforts en acier au carbone possédant alors une résistance en traction (R_m) qui est de préférence supérieure à 2000 MPa, plus préférentiellement supérieure à 2500 MPa. L'invention s'applique également à des aciers du type *steel cord* à très haute résistance (dit "SHT" pour "*Super High Tensile* "), ultra-haute résistance (dit "UHT" pour "*Ultra High Tensile* " ou "MT" pour "*Mega Tensile* "), les (deuxièmes et troisièmes) renforts en acier au carbone possédant alors une résistance en traction (R_m) qui est de préférence supérieure à 3000 MPa, plus préférentiellement supérieure à 3500 MPa. L'allongement total à la rupture (A_t) de ces renforts, somme de l'allongement élastique et de l'allongement plastique, est de préférence supérieur à 2,0%.

Pour ce qui concerne les renforts (deuxième et troisièmes) en acier, les mesures de force à la rupture, de résistance à la rupture notée R_m (en MPa) et d'allongement à la rupture noté A_t (allongement total en %) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892 de 1984.

5

L'acier utilisé, qu'il s'agisse en particulier d'un acier au carbone ou d'un acier inoxydable, peut être lui-même revêtu d'une couche métallique améliorant par exemple les propriétés de mise en œuvre du monofilament d'acier, ou les propriétés d'usage du renfort et/ou du pneumatique eux-mêmes, telles que les propriétés d'adhésion, de résistance à la corrosion ou encore de résistance au vieillissement. Selon un mode de réalisation préférentiel, l'acier utilisé est recouvert d'une couche de laiton (alliage Zn-Cu) ou de zinc ; on rappelle que lors du procédé de fabrication des fils, le revêtement de laiton ou de zinc facilite le tréfilage du fil, ainsi que le collage du fil avec le caoutchouc. Mais les renforts pourraient être recouverts d'une fine couche métallique autre que du laiton ou du zinc, ayant par exemple pour fonction d'améliorer la résistance à la corrosion de ces fils et/ou leur adhésion au caoutchouc, par exemple une fine couche de Co, Ni, Al, d'un alliage de deux ou plus des composés Cu, Zn, Al, Ni, Co, Sn.

10

15

20

Chaque couche (C1, C2, C3) de composition de caoutchouc (ou ci-après "couche de caoutchouc") constitutive du stratifié composite multicouche, est à base d'au moins un élastomère et une charge.

25

De préférence, le caoutchouc est un caoutchouc diénique, c'est-à-dire pour rappel tout élastomère (élastomère unique ou mélange d'élastomères) qui est issu, au moins en partie (i.e., un homopolymère ou un copolymère), de monomères diènes c'est-à-dire de monomères porteurs de deux doubles liaisons carbone-carbone, que ces dernières soient conjuguées ou non.

30

Cet élastomère diénique est choisi plus préférentiellement dans le groupe constitué par les polybutadiènes (BR), le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères, de tels copolymères étant notamment choisis dans le groupe constitué par les copolymères de butadiène-styrène (SBR), les copolymères d'isoprène-butadiène (BIR), les copolymères d'isoprène-styrène (SIR) et les copolymères d'isoprène-butadiène-styrène (SBIR).

35

40

Un mode de réalisation particulièrement préférentiel consiste à utiliser un élastomère "isoprénique", c'est-à-dire un homopolymère ou un copolymère d'isoprène, en d'autres termes un élastomère diénique choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.

L'élastomère isoprénique est de préférence du caoutchouc naturel ou un polyisoprène de synthèse du type cis-1,4. Parmi ces polyisoprènes de synthèse, sont utilisés de préférence des polyisoprènes ayant un taux (% molaire) de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%, plus
 5 préférentiellement encore supérieur à 98%. Selon un mode de réalisation préférentiel, chaque couche de composition de caoutchouc comporte 50 à 100 pce de caoutchouc naturel. Selon d'autres modes de réalisation préférentiels, l'élastomère diénique peut être constitué, en tout ou partie, d'un autre élastomère diénique tel que, par exemple, un élastomère SBR utilisé en coupage ou non avec un autre élastomère, par exemple du type BR.

10 Chaque composition de caoutchouc peut comporter un seul ou plusieurs élastomère(s) diénique(s), également tout ou partie des additifs habituellement utilisés dans les matrices de caoutchouc destinées à la fabrication de pneumatiques, tels que par exemple des charges renforçantes comme le noir de carbone ou la silice, des agents de couplage, des agents anti-
 15 vieillissement, des antioxydants, des agents plastifiants ou des huiles d'extension, que ces derniers soient de nature aromatique ou non-aromatique (notamment des huiles très faiblement ou non aromatiques, par exemple du type naphéniques ou paraffiniques, à haute ou de préférence à basse viscosité, des huiles MES ou TDAE), des résines plastifiantes à haute température de transition vitreuse (supérieure à 30°C), des agents facilitant la mise en
 20 œuvre (processabilité) des compositions à l'état cru, des résines tackifiantes, des agents antiréversion, des accepteurs et donneurs de méthylène tels que par exemple HMT (hexaméthylènetétramine) ou H3M (hexaméthoxyméthylmélamine), des résines renforçantes (tels que résorcinol ou bismaléimide), des systèmes promoteurs d'adhésion connus du type sels métalliques par exemple, notamment des sels de cobalt, de nickel ou de lanthanide, un
 25 système de réticulation ou de vulcanisation.

De préférence, le système de réticulation de la composition de caoutchouc est un système dit de vulcanisation, c'est-à-dire à base de soufre (ou d'un agent donneur de soufre) et d'un accélérateur primaire de vulcanisation. A ce système de vulcanisation de base peuvent
 30 s'ajouter divers accélérateurs secondaires ou activateurs de vulcanisation connus. Le soufre est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, l'accélérateur primaire de vulcanisation, par exemple un sulfénamide, est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce. Le taux de charge renforçante, par exemple du noir de carbone et/ou de la silice, est de préférence supérieur à 30 pce, notamment compris entre 30 et 100 pce.

35 Comme noirs de carbone conviennent tous les noirs de carbone, notamment les noirs du type HAF, ISAF, SAF conventionnellement utilisés dans les pneumatiques (noirs dits de grade pneumatique). Parmi ces derniers, on citera plus particulièrement les noirs de carbone de grade (ASTM) 300, 600 ou 700 (par exemple N326, N330, N347, N375, N683, N772).

Comme silices conviennent notamment les silices précipitées ou pyrogénées présentant une surface BET inférieure à 450 m²/g, de préférence de 30 à 400 m²/g.

L'homme de l'art saura, à la lumière de la présente description, ajuster la formulation des compositions de caoutchouc afin d'atteindre les niveaux de propriétés (notamment module d'élasticité) souhaités, et adapter la formulation à l'application spécifique envisagée.

De préférence, chaque composition de caoutchouc présente, à l'état réticulé, un module sécant en extension, à 10% d'allongement, qui est compris entre 4 et 25 MPa, plus préférentiellement entre 4 et 20 MPa ; des valeurs comprises notamment entre 5 et 15 MPa se sont révélées particulièrement convenir. Les mesures de module sont effectuées en traction, sauf indication différente selon la norme ASTM D 412 de 1998 (éprouvette "C") : on mesure en seconde élongation (c'est-à-dire après un cycle d'accommodation) le module sécant "vrai" (c'est-à-dire ramené à la section réelle de l'éprouvette) à 10% d'allongement, noté ici Ms et exprimé en MPa (conditions normales de température et d'hygrométrie selon la norme ASTM D 1349 de 1999).

Pour faire adhérer les premiers, deuxièmes et troisièmes renforts à leurs trois couches de caoutchouc respectives (C1, C2, C3) précédemment décrites, on pourra utiliser tout système adhésif approprié, par exemple une colle textile du type "RFL" (résorcinol-formaldéhyde-latex) ou équivalente pour ce qui concerne les premiers renforts textiles, ou par exemple un revêtement adhésif tel que du laiton ou du zinc pour ce qui concerne les deuxièmes et troisièmes renforts en acier ; toutefois, on peut aussi utiliser un acier clair, c'est-à-dire non revêtu.

D'autre part, au moins une des deux, de préférence les deux, caractéristiques préférentielles suivantes, mesurées dans la partie centrale de la ceinture du pneumatique à l'état vulcanisé, de part et d'autre du plan médian (M) sur une largeur axiale totale de 10 cm, sont vérifiées :

- l'épaisseur moyenne Ez_1 de caoutchouc séparant un premier renfort (110) du deuxième renfort (120) qui lui est le plus proche, mesurée dans la direction radiale (Z), est inférieure à 0,65 mm ;
- l'épaisseur moyenne Ez_2 de caoutchouc séparant un deuxième renfort (120) du troisième renfort (130) qui lui est le plus proche, mesurée dans la direction radiale (Z), est inférieure à 1,10 mm.

Selon un mode de réalisation plus préférentiel de l'invention, au moins une des caractéristiques suivantes est vérifiée (encore plus préférentiellement la totalité) :

- Ez_1 est comprise entre 0,10 et 0,60 mm ;
- Ez_2 est comprise entre 0,35 et 1,00 mm ;
- l'épaisseur totale du stratifié composite multicouche, c'est-à-dire de ses trois couches (C1, C2, C3) superposées, mesurée selon la direction radiale Z, est comprise entre 1,8 et 2,7 mm.

Toutes les données indiquées précédemment ($D1$, $D2$, $D3$, d_1 , d_2 , d_3 , Ez_1 , Ez_2 et épaisseur totale) sont des valeurs moyennes mesurées expérimentalement par un opérateur sur des photographies de coupes radiales de pneus vulcanisés, opérées dans la partie centrale de la ceinture, 5 cm de part et d'autre du plan médian (M), soit sur une largeur totale de 10 cm (soit entre - 5 cm et + 5 cm par rapport au plan médian M). Quant à A_p , cette donnée est aisément accessible par toute méthode de mesure connue, sur le monofil préformé à l'état initial ou extrait du pneumatique, voire à l'intérieur-même du pneumatique, par exemple par une radiographie de ce dernier et de sa ceinture.

Les figures 2 et 3 représentent de manière schématique (sans respect d'une échelle spécifique), en coupe transversale, deux exemples de stratifié composite multicouche (10a, 10b, 10c) utilisé comme ceinture (10) dans le pneu (1) conforme à l'invention de la figure 1, le stratifié (10) utilisant dans la première couche (C1) des renforts (110) en matériau textile thermorétractile respectivement sous la forme d'un assemblage de trois monofilaments (Fig. 2) ou d'un simple monofilament unitaire (Fig. 3), et dans les deux autres couches (C2 et C3) des monofilaments en acier (120, 130) préformés, par exemple ondulés ou sous forme d'hélice, dont l'amplitude de préformation (diamètre du cylindre imaginaire enveloppant le monofil préformé) est par définition, comme schématisé aux figures 2b et 2c, supérieure au diamètre (respectivement $D2$ et $D3$) du monofil rectiligne.

Comme illustré aux figures 2 et 3, Ez_1 est la moyenne des épaisseurs ($Ez_{1(1)}$, $Ez_{1(2)}$, $Ez_{1(3)}$, ..., $Ez_{1(i)}$) de caoutchouc séparant un premier renfort (110) du deuxième renfort (120) qui lui est le plus proche, ces épaisseurs étant chacune mesurées dans la direction radiale Z, et moyennées sur une distance axiale totale comprise entre - 5,0 cm et + 5,0 cm par rapport au centre de la ceinture (soit, par exemple au total environ 100 mesures si l'on trouve dix renforts (110) par cm dans la couche C1).

Exprimé autrement, Ez_1 est la moyenne des distances minimales $Ez_{1(i)}$ séparant « dos à dos » chaque premier renfort (110) du deuxième renfort (120) qui lui est le plus proche dans la direction radiale Z, cette moyenne étant calculée sur l'ensemble des premiers renforts (110) présents dans la partie centrale de la ceinture, dans un intervalle axial s'étendant entre - 5 cm et + 5 cm par rapport au plan médian M.

De même, Ez_2 est la moyenne des épaisseurs de caoutchouc ($Ez_{2(1)}, Ez_{2(2)}, Ez_{2(3)}, \dots, Ez_{2(i)}$) séparant un deuxième renfort (120) du troisième renfort (130) qui lui est le plus proche, mesurées dans la direction radiale Z, cette moyenne étant calculée sur une distance axiale totale comprise entre $-5,0$ cm et $+5,0$ cm par rapport au centre de la ceinture. Exprimé
 5 différemment, ces épaisseurs représentent les distances minimales qui séparent « dos à dos » le deuxième renfort (120) du troisième renfort (130) qui lui est le plus proche dans la direction radiale Z.

Exprimé différemment, Ez_2 est la moyenne des distances minimales $Ez_{2(i)}$ séparant « dos à
 10 dos » chaque deuxième renfort (120) du troisième renfort (130) qui lui est le plus proche dans la direction radiale Z, cette moyenne étant calculée sur l'ensemble des deuxièmes renforts (120) présents dans la partie centrale de la ceinture, dans un intervalle axial s'étendant entre -5 cm et $+5$ cm par rapport au plan médian M.

15 Pour une performance optimisée en termes de résistance au roulement, poussée de dérive et endurance au roulage, le pneu de l'invention vérifie préférentiellement au moins une des inégalités suivantes (plus préférentiellement les trois) :

$$0,10 < Ez_1 / (Ez_1 + D1 + D2) < 0,50$$

$$0,10 < Ez_2 / (Ez_2 + D2 + D3) < 0,65$$

$$0,30 < (Ez_1 + Ez_2) / (Ez_1 + Ez_2 + D1 + D2 + D3) < 0,60$$

25 En conclusion, l'invention offre la possibilité, dans les stratifiés composites multicouche formant les ceintures de pneumatiques, d'améliorer la résistance au flambage des monofils en acier tout en protégeant ces derniers de l'humidité, ceci grâce à l'emploi dans ces stratifiés de renforts spécifiques tels que définis précédemment, à savoir d'une part dans la première
 30 couche (C1) de monofils ou assemblages de monofils textiles thermorétractiles, et d'autre part dans les deuxième (C2) et troisième (C3) couches de monofils en acier qui sont préformés.

REVENDICATIONS

5 1. Pneumatique radial (1), définissant trois directions principales, circonférentielle (X),
 axiale (Y) et radiale (Z), comportant un sommet (2) surmonté d'une bande de roulement (3),
 deux flancs (4), deux bourrelets (5), chaque flanc (4) reliant chaque bourrelet (5) au sommet
 (2), une armature de carcasse (7) ancrée dans chacun des bourrelets (5) et s'étendant dans les
 10 flancs (4) jusqu'au sommet (2), une armature de sommet ou ceinture (10) s'étendant dans le
 sommet (2) selon la direction circonférentielle (X) et situé radialement entre l'armature de
 carcasse (7) et la bande de roulement (3), ladite ceinture (10) comportant un stratifié
 composite multicouche (10a, 10b, 10c) comportant au moins trois couches superposées de
 renforts (110, 120, 130), lesdits renforts étant dans chaque couche unidirectionnels et noyés
 dans une épaisseur de caoutchouc (respectivement C1, C2, C3), avec :

- 15 ○ côté bande de roulement, une première couche (10a) de caoutchouc (C1) comportant
 une première rangée de renforts (110), orientés selon un angle α de -5 à $+5$ degrés
 par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (110) dits premiers
 renforts étant en matériau textile thermorétractile ;
- 20 ○ au contact de la première couche (10b) et disposée sous cette dernière, une deuxième
 couche (10b) de caoutchouc (C2) comportant une deuxième rangée de renforts (120),
 orientés selon un angle β donné, positif ou négatif, compris entre 10 et 30 degrés
 par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (120) dits deuxièmes
 renforts étant des renforts métalliques ;
- 25 ○ au contact de la deuxième couche (10b) et disposée sous cette dernière, une troisième
 couche (10c) de caoutchouc (C3) comportant une troisième rangée de renforts (130),
 orientés selon un angle γ opposé à l'angle β , lui-même compris entre 10 et
 30 degrés par rapport à la direction circonférentielle (X), ces renforts (130) dits
 troisièmes renforts étant des renforts métalliques,

30 caractérisé en ce que :

- 35 ○ tout ou partie des premiers renforts (110) en matériau textile thermorétractile sont des
 monofilaments de diamètre ou épaisseur ϕ supérieur(e) à 0,10 mm, ou des
 assemblages de tels monofilaments ;
- le diamètre d'encombrement noté D1 des premiers renforts (110) est compris entre
 0,20 mm et 1,20 mm ;
- tout ou partie des deuxièmes (120) et/ou troisièmes (130) renforts sont des
 monofilaments en acier de diamètre ou épaisseur, respectivement D2 et D3,
 40 compris(e) entre 0,20 mm et 0,50 mm, qui sont préformés.

2. Pneumatique selon la revendication 1, dans lequel le diamètre ϕ est compris entre 0,15 mm et 0,80 mm, de préférence entre 0,20 et 0,60 mm.
- 5 3. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel D1 est compris entre 0,30 mm et 1,00 mm, de préférence entre 0,40 mm et 0,80 mm.
- 10 4. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la densité d_1 des premiers renforts (110) dans la première couche de caoutchouc (C1), mesurée dans la direction axiale (Y), est comprise entre 70 et 130 fils/dm.
- 15 5. Pneumatique selon la revendication 4, dans lequel la densité d_1 est comprise entre 80 et 120, de préférence entre 90 et 110 fils/dm.
6. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la contraction thermique CT des premiers renforts (110) en matériau textile thermorétractile, après 2 min à 185°C, est inférieure à 7,5%, de préférence inférieure à 7,0%.
- 20 7. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le matériau textile thermorétractile constitutif des premiers renforts (110) est un polyamide ou un polyester.
- 25 8. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les premiers renforts (110) en matériau textile thermorétractile sont des assemblages de 2 à 10, de préférence de 3 à 7 monofilaments.
- 30 9. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel les monofilaments ou assemblages de monofilaments en matériau textile thermorétractile représentent la majorité de préférence la totalité des premiers (110) renforts de la première couche (10a) de caoutchouc (C1).
- 35 10. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel D2 et D3 sont chacun supérieurs à 0,25 mm et inférieurs à 0,40 mm, de préférence compris dans un domaine de 0,28 à 0,35 mm.
11. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel les monofilaments préformés dans respectivement la deuxième (C2) et/ou troisième couche (C3) présentent une amplitude de préformation notée « A_p » comprise entre 1,1 et 2,0 fois le diamètre ou épaisseur, respectivement D2 et/ou D3, du monofilament non préformé.

12. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel l'amplitude de préformation A_p est comprise entre 1,1 et 1,8 fois le diamètre ou épaisseur du monofilament non préformé.

13. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la densité, respectivement d_2 et d_3 , des deuxièmes (120) et troisièmes (130) renforts dans respectivement les deuxième (C2) et troisième (C3) couches de caoutchouc, mesurée dans la direction axiale (Y), est comprise entre 100 et 180 fils/dm.

14. Pneumatique selon la revendication 13, dans lequel les densités d_2 et d_3 sont chacune comprises entre 110 et 170 fils/dm, de préférence entre 120 et 160 fils/dm.

15. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel l'acier constitutif des deuxièmes et troisièmes renforts (120, 130) est un acier au carbone.

16. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel les monofilaments préformés représentent au moins une partie, de préférence la totalité, des deuxièmes (120) renforts de la deuxième couche (10b) de caoutchouc (C2).

17. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans lequel les monofilaments préformés représentent au moins une partie, de préférence la totalité, des troisièmes (130) renforts de la troisième couche (10c) de caoutchouc (C3).

18. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans lequel la caractéristique suivante, mesurée dans la partie centrale de la ceinture du pneumatique à l'état vulcanisé, de part et d'autre du plan médian (M) sur une largeur axiale totale de 10 cm, est vérifiée :

- l'épaisseur moyenne Ez_1 de caoutchouc séparant un premier renfort (110) du deuxième renfort (120) qui lui est le plus proche, mesurée dans la direction radiale (Z), est inférieure à 0,65 mm, de préférence comprise entre 0,10 et 0,60 mm.

19. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, dans lequel la caractéristique suivante, mesurée dans la partie centrale de la ceinture du pneumatique à l'état vulcanisé, de part et d'autre du plan médian (M) sur une largeur axiale totale de 10 cm, est vérifiée :

- l'épaisseur moyenne Ez_2 de caoutchouc séparant un deuxième renfort (120) du troisième renfort (130) qui lui est le plus proche, mesurée dans la direction radiale (Z), est inférieure à 1,10 mm, de préférence comprise entre 0,35 et 1,00 mm.

20. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, dans lequel l'inégalité suivante est vérifiée :

$$0,10 < E_{Z1} / (E_{Z1} + D1 + D2) < 0,50$$

5

21. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 20, dans lequel l'inégalité suivante est vérifiée :

$$0,10 < E_{Z2} / (E_{Z2} + D2 + D3) < 0,65$$

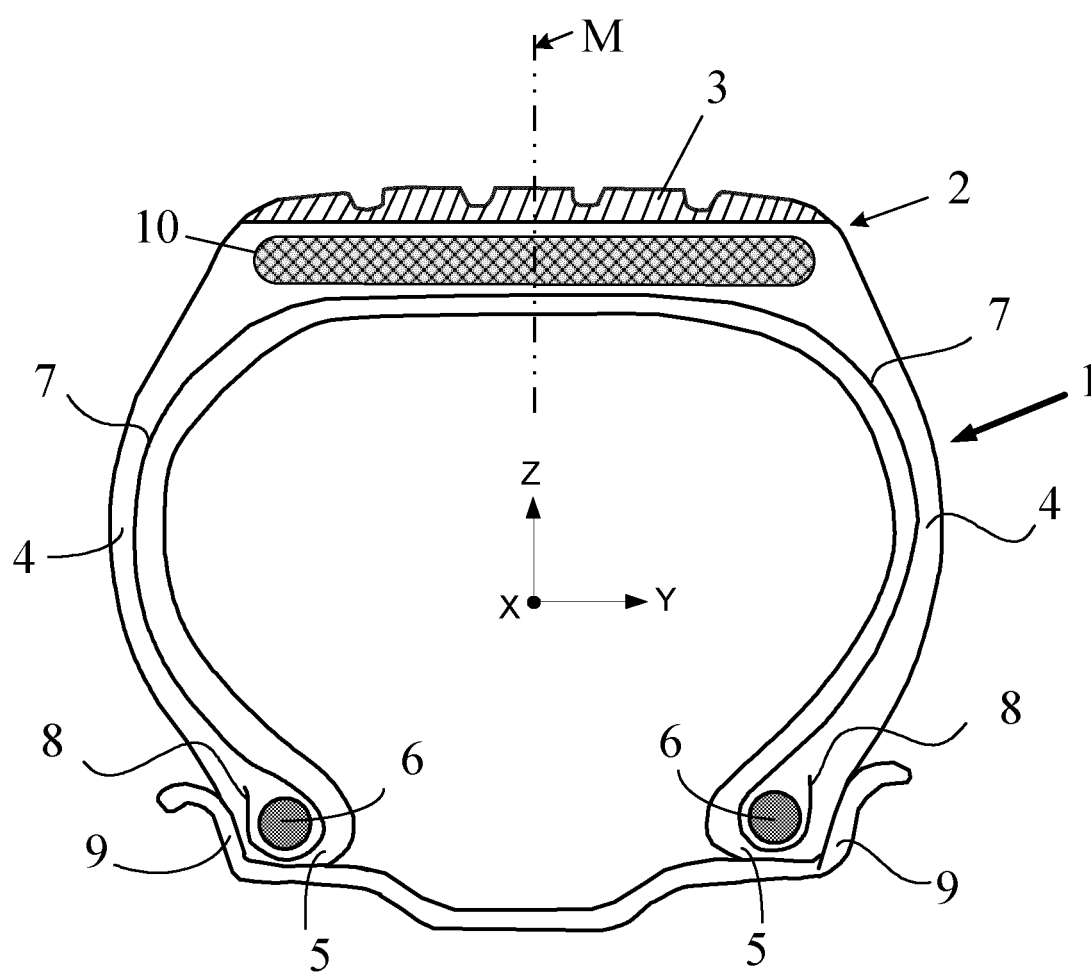
10

22. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, dans lequel l'inégalité suivante est vérifiée :

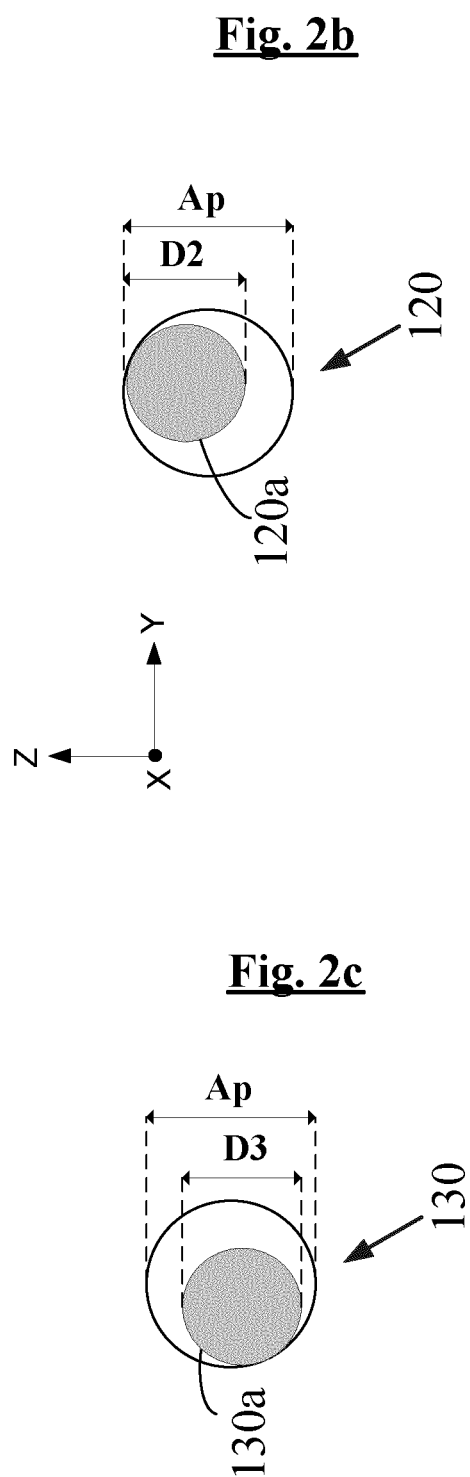
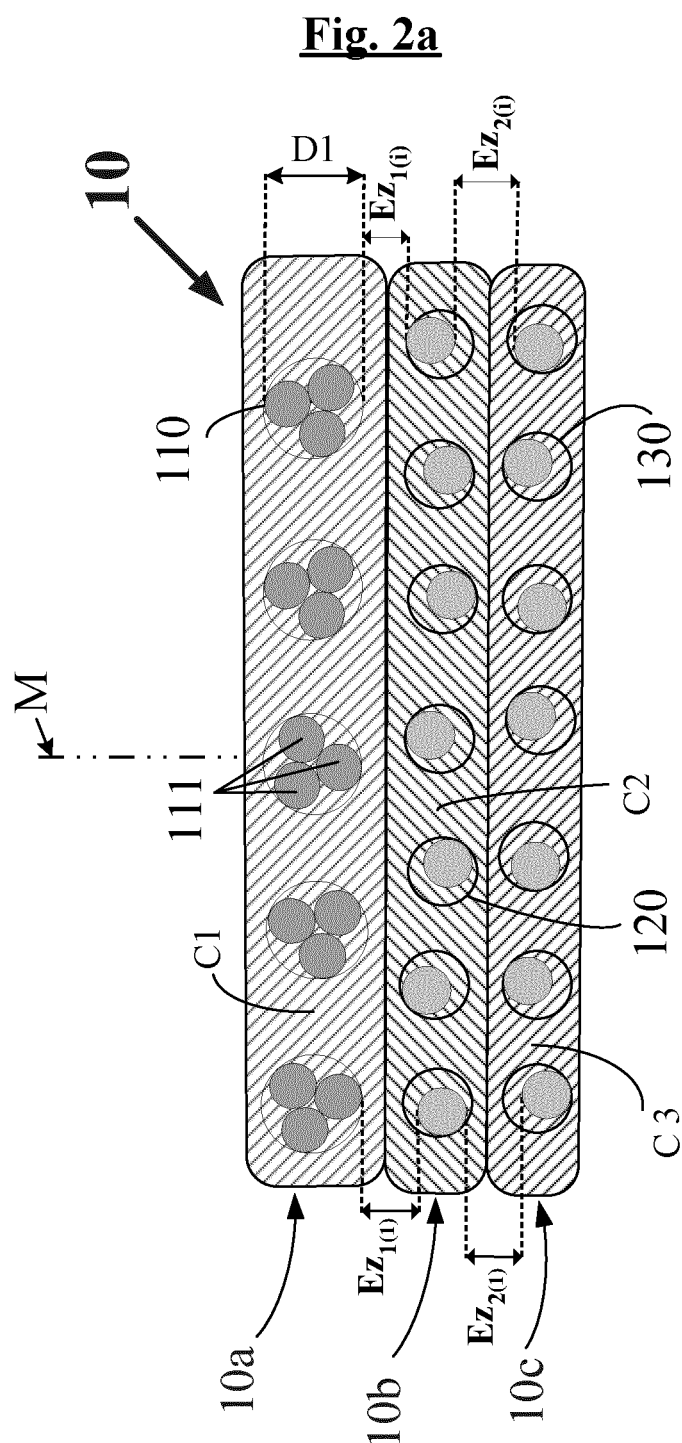
$$0,30 < (E_{Z1} + E_{Z2}) / (E_{Z1} + E_{Z2} + D1 + D2 + D3) < 0,60$$

15

1/4

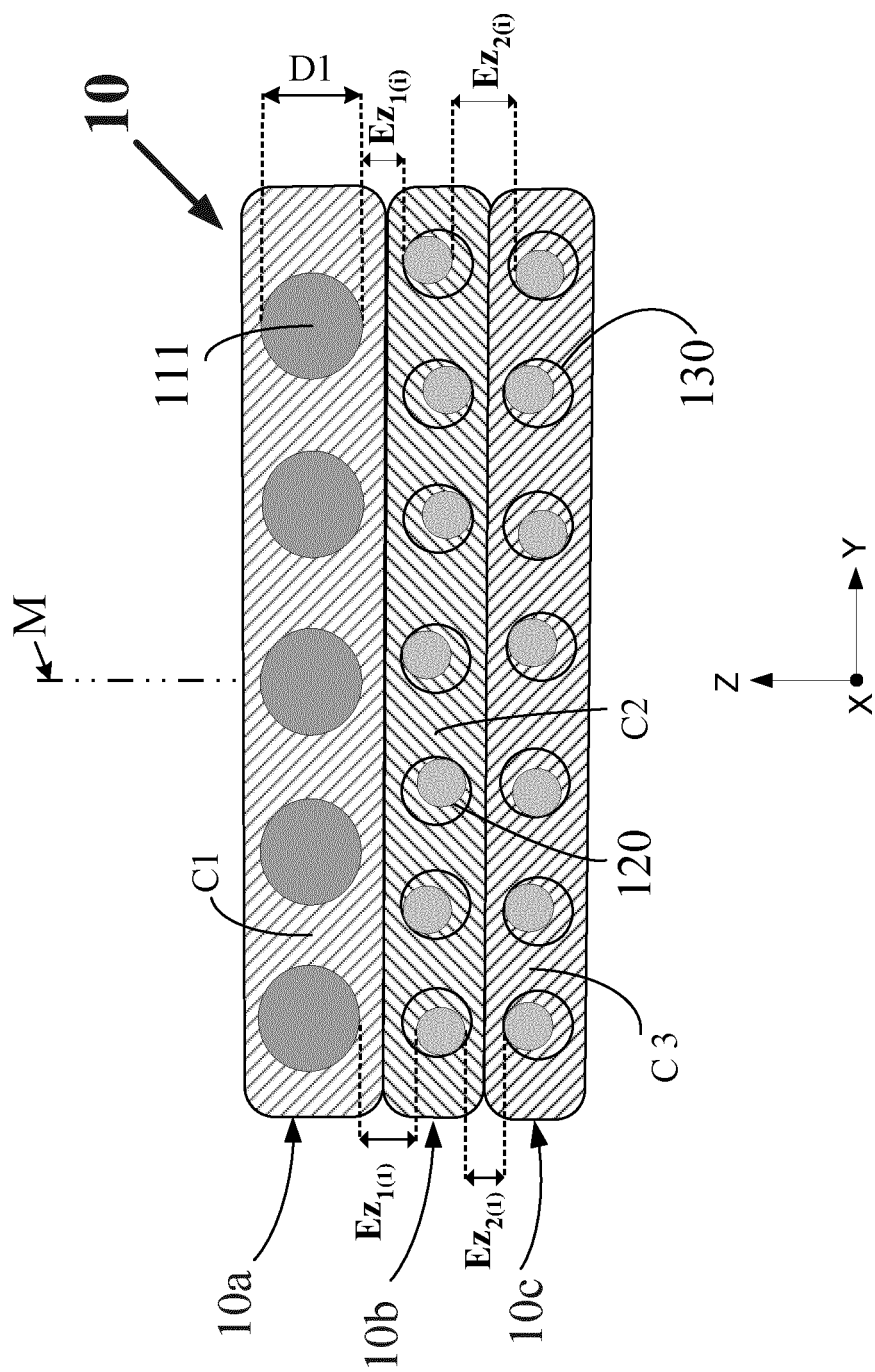
Fig. 1

2/4

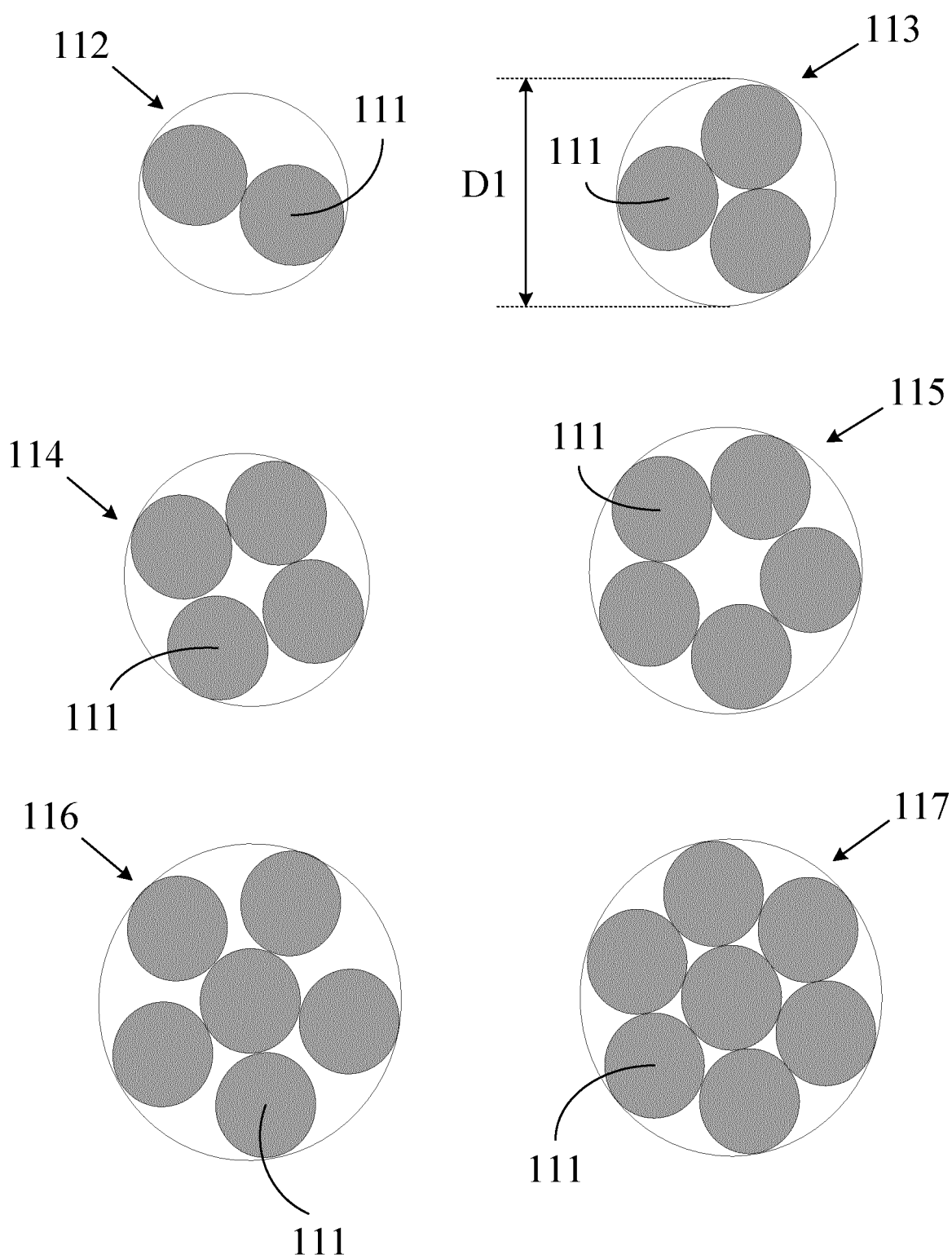
Fig. 2

3/4

Fig. 3



4/4

Fig. 4



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 807341
FR 1550846

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2013/117477 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 15 août 2013 (2013-08-15)	1-10, 13-22	B60C9/20
Y	* page 3, lignes 26-27 * * page 4, ligne 25 - page 5, ligne 26; revendication 1; figures 1,2 * * abrégé; revendications 1-16; figures 1,2 *	11,12	
Y	* page 14, lignes 26-32 * * page 15, ligne 29 - page 16, ligne 33 * -----		
Y	WO 03/008207 A1 (PIRELLI [IT]; RIVA GUIDO [IT]; DAGHINI GUIDO LUIGI [IT]; ALMONACIL CEL) 30 janvier 2003 (2003-01-30)	11,12	
A	* page 18, lignes 13-+25; revendications 1,6,10,12; figures 1,2 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 novembre 2015		Balázs, Matthias	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1550846 FA 807341

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **04-11-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2013117477 A1	15-08-2013	CN 104114378 A	22-10-2014
		EP 2812195 A1	17-12-2014
		FR 2986740 A1	16-08-2013
		JP 2015511197 A	16-04-2015
		KR 20140126705 A	31-10-2014
		US 2015007922 A1	08-01-2015
		WO 2013117477 A1	15-08-2013

WO 03008207 A1	30-01-2003	JP 4313193 B2	12-08-2009
		JP 2004534688 A	18-11-2004
		US 2004256044 A1	23-12-2004
		WO 03008207 A1	30-01-2003
