

(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
08 février 2018 (08.02.2018)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/024971 A1

(51) Classification internationale des brevets :

B60C 9/20 (2006.01) B60C 9/18 (2006.01)
B60C 11/03 (2006.01) B60C 9/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2017/052127

(22) Date de dépôt international :

28 juillet 2017 (28.07.2017)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

16/57530 03 août 2016 (03.08.2016) FR

(71) Déposant : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN [FR/FR] ; 12 Cours Sablon, 63000 Clermont-Ferrand (FR).

(72) Inventeurs : DEROBERT-MAZURE, Jean-Charles ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - Place des Carmes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR). BONNET, Aymeric ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - Place des Carmes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR).

(74) Mandataire : MILLANVOIS, Patrick ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - Sce DGD/PI - F35/Ladoux -, 23 place des Carmes-Déchaux, 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,

(54) Title: PNEUMATIC TYRE HAVING WORKING LAYERS COMPRISING MONOFILAMENTS AND HAVING A TYRE TREAD WITH GROOVES

(54) Titre : PNEUMATIQUE À COUCHES DE TRAVAIL COMPRENANT DES MONOFILAMENTS ET À BANDE DE ROULEMENT RAINURÉE

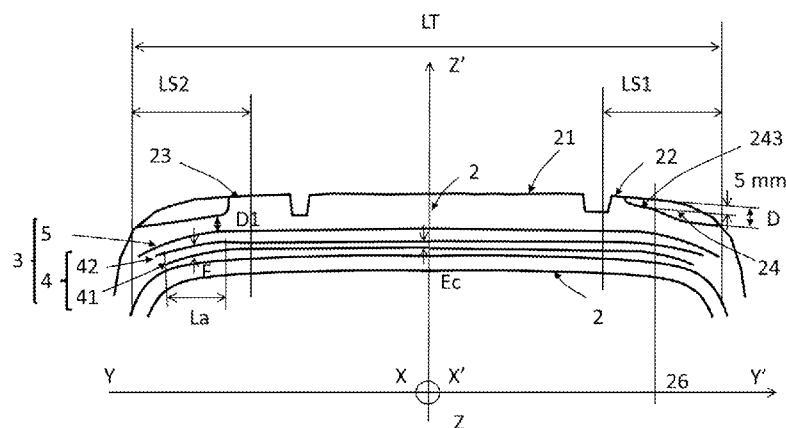


Figure 2

(57) Abstract: The invention aims to increase the endurance of pneumatic tyres comprising two working layers (41, 42), comprising parallel strengthening elements (411, 421) consisting of single metal wires or monofilaments that have a cross section of at least 0.20 mm and at most 0.5 mm. In at least one axially external (22, 23) portion of the crown, comprising axially external grooves (24) at least 5 mm deep and at least 1 mm wide, the radial thickness E of the rubber mixture between the working layer strengthening elements (41, 42) is at least 1.5 times the radial thickness Ec between the strengthening elements of the at least two working elements in the median circumferential plane, the rubber mixture extending from the least axially external ends of the working layer strengthening elements (41, 42) for an axial length of at least 25 mm.

(57) Abrégé : L'invention vise à augmenter l'endurance des pneumatiques comprenant deux couches de travail (41, 42), comprenant des éléments de renforcement (411, 421) parallèles entre constitués par des fils métalliques unitaires ou monofilaments ayant une section dont la plus petite dimension est au moins égale à 0.20 mm et au plus égale à 0.5 mm. Dans au moins une portion axialement extérieure (22, 23) du sommet comprenant des rainures axialement extérieures (24) de profondeur au moins égale à 5 mm et au moins larges de

[Suite sur la page suivante]

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), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

1 mm, l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux entre les éléments de renforcement couches de travail (41, 42) est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale Ec entre les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian, le mélange caoutchouteux s'étendant depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail (41, 42) sur une longueur axiale au moins égale à 25 mm.

Pneumatique à couches de travail comprenant des monofilaments et à bande de roulement rainurée

5 **DOMAINE DE L'INVENTION**

[0001] La présente invention concerne un pneumatique de véhicule de tourisme, et plus particulièrement le sommet d'un tel pneumatique.

[0002] Un pneumatique ayant une géométrie de révolution par rapport à un axe de rotation, la géométrie du pneumatique est généralement décrite dans un plan méridien
10 contenant l'axe de rotation du pneumatique. Pour un plan méridien donné, les directions radiale, axiale et circonférentielle désignent respectivement les directions perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique, parallèle à l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire au plan méridien. Le plan circonférentiel médian dit plan équateur divise le pneumatique en deux tores sensiblement symétriques, le
15 pneumatique pouvant présenter des dissymétries de bande de roulement, d'architecture, liées à la précision de fabrication ou au dimensionnement.

[0003] Dans ce qui suit, les expressions « radialement intérieur à » et « radialement extérieur à » signifient respectivement « plus proche de l'axe de rotation du pneumatique, selon la direction radiale, que » et « plus éloigné de l'axe de rotation du
20 pneumatique, selon la direction radiale, que ». Les expressions « axialement intérieur à » et « axialement extérieur à » signifient respectivement « plus proche du plan équateur, selon la direction axiale, que » et « plus éloigné du plan équateur, selon la direction axiale, que ». Une « distance radiale » est une distance par rapport à l'axe de rotation du pneumatique, et une « distance axiale » est une distance par rapport au
25 plan équateur du pneumatique. Une « épaisseur radiale » est mesurée selon la direction radiale, et une « largeur axiale » est mesurée selon la direction axiale.

[0004] Un pneumatique comprend un sommet comprenant une bande roulement destinée à venir en contact avec le sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement, deux bourrelets destinés à venir en contact avec une jante et deux flancs reliant le
30 sommet aux bourrelets. En outre, un pneumatique comprend une armature de carcasse comprenant au moins une couche de carcasse, radialement intérieure au sommet et reliant les deux bourrelets.

[0005] La bande de roulement d'un pneumatique est délimitée, selon la direction radiale, par deux surfaces circonférentielles dont la plus radialement extérieure est la surface de roulement et dont la plus radialement intérieure est appelée surface de fond de sculpture. De plus, la bande de roulement d'un pneumatique est délimitée, selon la direction axiale, par deux surfaces latérales. La bande de roulement est en outre constituée par un ou plusieurs mélanges caoutchouteux. L'expression « mélange caoutchouteux » désigne une composition de caoutchouc comportant au moins un élastomère et une charge.

[0006] Le sommet comprend au moins une armature de sommet radialement intérieure à la bande de roulement. L'armature de sommet comprend au moins une armature de travail comprenant au moins une couche de travail composée d'éléments de renforcement parallèles entre eux formant, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 15° et 50° . L'armature de sommet peut également comprendre une armature de frettage comprenant au moins une couche de frettage composée d'éléments de renforcement formant, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 0° et 10° , l'armature de frettage étant le plus souvent mais pas obligatoirement radialement extérieure aux couches de travail.

[0007] Afin d'obtenir des performances en adhérence sur sol mouillé, des découpures sont disposées dans la bande de roulement. Une découpe désigne soit un puits, soit une rainure, soit une incision, soit un sillon circonférentiel et forme un espace débouchant sur la surface de roulement. Un puits a, au niveau de la surface de roulement, une section débouchante généralement sensiblement polygonale ou circulaire. Une incision ou une rainure présente, sur la surface de roulement, deux dimensions principales caractéristiques : une largeur W et une longueur Lo, telle que la longueur Lo est au moins égale à 2 fois la largeur W. Une incision ou une rainure est donc délimitée par au moins deux faces latérales principales déterminant sa longueur Lo et reliées par une face de fond, les deux faces latérales principales étant distantes l'une de l'autre d'une distance non nulle, dite largeur W de l'incision ou de la rainure.

[0008] Par définition, une incision ou une rainure qui est délimitée par :

- uniquement deux faces latérales principales, est dite débouchante,
- par trois faces latérales, dont deux principales déterminant la longueur de la découpeure, est dite borgne,
- 5 • par quatre faces latérales, dont deux principales déterminant la longueur de la découpeure, est dite aveugle.

[0009] La différence entre une incision et une rainure est la valeur prise par la distance moyenne séparant les deux faces latérales principales de la découpeure, à savoir sa largeur W. Dans le cas d'une incision, cette distance est appropriée pour
10 permettre la mise en contact des faces latérales principales en vis-à-vis lors du contact de la surface de roulement contenant l'incision avec le sol de roulage. Dans le cas d'une rainure, les faces latérales principales de cette rainure ne peuvent pas venir en contact l'une contre l'autre dans les conditions usuelles de roulage. Cette distance pour une incision est généralement pour les pneumatiques de véhicule de tourisme au plus
15 égale à 1 millimètre (mm). Un sillon circonférentiel est une découpeure de direction sensiblement circonférentielle sensiblement continue sur toute la circonférence du pneumatique.

[0010] Plus précisément, la largeur W est la distance moyenne, déterminée sur la longueur de la découpeure et sur une portion radiale de la découpeure comprise entre
20 une première surface circonférentielle, radialement intérieure à la surface de roulement à une distance radiale de 1 mm, et une deuxième surface circonférentielle, radialement extérieure à la surface de fond à une distance radiale de 1 mm, afin d'éviter tout problème de mesure lié au raccordement des deux faces latérales principales avec la surface de roulement et la surface de fond.

[0011] La profondeur de la découpeure est la distance radiale maximale entre la surface de roulement et le fond de la découpeure. La valeur maximale des profondeurs des découpeures est nommée profondeur de sculpture D. La surface de fond de sculpture, ou surface de fond, est définie comme la surface translatée de la surface de roulement radialement vers l'intérieur d'une distance radiale égale à la profondeur de
30 sculpture.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0012] Dans le contexte actuel de développement durable, l'économie de ressources et donc de matières premières est un des objectifs majeurs des industriels. Pour les pneumatiques de véhicule de tourisme, une des voies de recherche pour cet objectif, 5 consiste à remplacer les câbles métalliques habituellement utilisés comme éléments de renforcement de différentes couches de l'armature de sommet par des fils unitaires ou monofilaments tels que décrits dans le document **EP 0043563** dans lequel ce type d'éléments de renforcement est utilisé dans un double objectif de gain de masse et de résistance au roulement.

10 [0013] Cependant l'utilisation de ce type d'éléments de renforcement présente l'inconvénient d'entraîner le flambement en compression de ces monofilaments amenant une endurance insuffisante du pneumatique comme le décrit le document **EP2537686**. Ainsi que le décrit ce même document, l'homme de l'art propose une disposition particulière des différentes couches de l'armature de sommet et une qualité 15 spécifique des matériaux composant les éléments de renforcement de l'armature de sommet pour résoudre ce problème.

[0014] Une analyse du phénomène physique montre que le flambage des monofilaments a lieu dans les parties les plus axialement extérieures de la bande de roulement sous des rainures comme le mentionne le document **JP 2012071791**. Cette 20 zone du pneumatique a comme particularité d'être soumise à des efforts de compression élevés dans les trajectoires courbes du véhicule. La résistance au flambement des monofilaments dépend de la géométrie des rainures majeures, montrant ainsi l'influence étonnante de la sculpture sur l'endurance des monofilaments, mais aussi de l'inertie de flexion du sommet qu'il faut savoir optimiser en fonction de la 25 sculpture selon le critère de la performance en endurance des monofilaments.

EXPOSE DE L'INVENTION

[0015] L'objectif principal de la présente invention est donc d'augmenter l'endurance d'un pneumatique dont les éléments de renforcement des couches de travail sont composés de monofilaments par la conception d'une architecture optimisée en fonction 30 de la sculpture de la bande de roulement.

[0016] Cet objectif est atteint par un pneumatique pour véhicule de tourisme, comprenant :

- Un sommet comprenant une bande de roulement comprenant deux portions axialement extérieures,
- 5 • la bande de roulement destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement et ayant une largeur axiale LT,
- les deux portions axialement extérieures ayant chacune une largeur axiale (LS1, LS2) au plus égale à 0.3 fois la largeur axiale LT,
- 10 • au moins une portion axialement extérieure comprenant des rainures de la bande de roulement axialement extérieures, une rainure axialement extérieure formant un espace débouchant sur la surface de roulement et étant délimitée par au moins deux faces latérales principales reliées par une face de fond,
- au moins une rainure axialement extérieure dite majeure ayant une largeur W, définie par la distance entre les deux faces latérales, au moins égale à 1 mm, une
- 15 profondeur D, définie par la distance radiale maximale entre la surface de roulement et la face de fond, au moins égale à 5 mm,
- le pneumatique comprenant en outre une armature de sommet radialement intérieure à la bande de roulement,
- l'armature de sommet comprenant au moins une armature de travail,
- 20 • l'armature de travail comprenant au moins deux couches de travail, comprenant chacune des éléments de renforcement enrobés par un matériau élastomérique, parallèles entre eux et formant respectivement avec une direction circonférentielle (XX') du pneumatique, un angle orienté (A1, A2) au moins égal à 20° et au plus égal à 50° en valeur absolue et de signe opposé d'une couche à la
- 25 suivante,
- les dits éléments de renforcement de chaque couche de travail étant constitués par des fils métalliques unitaires ou monofilaments ayant une section S dont la plus petite dimension est au moins égale à 0.20 mm et au plus égale à 0.5 mm, et une résistance à la rupture Rm,
- 30 • la densité d'éléments d de renforcement de chaque couche de travail étant au moins égale à 100 fils par dm et au plus égale à 200 fils par dm,

- les éléments de renforcement des aux moins deux couches de travail étant séparés par un mélange caoutchouteux d'une épaisseur radiale E, la valeur moyenne de E mesurée dans le plan circonférentiel médian étant E_c ,
- dans au moins une portion axialement extérieure comprenant des rainures majeures axialement extérieures, l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux entre les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail, est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c entre les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian, le mélange caoutchouteux s'étendant depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail sur une longueur axiale au moins égale à 25 mm.
- la résistance à rupture R_c de chaque couche de travail étant au moins égale à 30 000 N/dm, R_c étant définie par : $R_c = R_m \cdot S \cdot d$, où R_m est la résistance à la rupture en traction des monofilaments en MPa, S la section des monofilaments en mm^2 et d la densité de monofilaments de la couche de travail considérée, en nombre de monofilaments par dm.

[0017] Pour les rainures de forme complexe, on entend par largeur de la rainure la distance moyenne des faces latérales principales, moyennée sur la longueur de la rainure.

- [0018] Du point de vue du fonctionnement mécanique, le flambement d'un élément de renforcement se produit en compression. Il ne se produit que radialement à l'intérieur des portions les plus axialement extérieures de la bande de roulement car c'est dans cette zone que les efforts de compression sont les plus importants en cas d'effort transversal. Ces portions les plus axialement extérieures ont chacune pour largeur axiale maximale 0.3 fois la largeur totale de la bande de roulement du pneumatique.

- [0019] Le flambement est un phénomène complexe et instable qui conduit à une rupture par fatigue d'un objet ayant au moins une dimension d'un ordre de grandeur inférieur à une dimension principale, comme les poutres ou les coques. Les monofilaments sont des objets de ce type avec une section très inférieure à leur longueur. Le phénomène commence par une mise en compression de la dimension principale. Il se poursuit en raison d'une dissymétrie de la géométrie du monofilament, ou de l'existence d'un effort transverse par une mise en flexion du monofilament, sollicitation très destructrice pour les matériaux métalliques. Ce phénomène complexe

est notamment très dépendant des conditions aux limites, de la mobilité de l'élément, de la direction de l'effort appliqué et de la déformation résultante de cet effort. Si cette déformation ne s'effectue pas sensiblement suivant la direction de la dimension principale du monofilament alors le flambement n'aura pas lieu et, dans le cas des
5 monofilaments entourés par une matrice de mélange caoutchouteux des couches de travail d'un pneumatique, l'effort est repris par le cisaillement du mélange caoutchouteux entre les monofilaments.

[0020] De plus le flambement des monofilaments des couches de travail ne se produit que sous les rainures majeures axialement extérieures de la bande de roulement car,
10 en l'absence de rainure axialement extérieure, le matériau caoutchouteux de la bande de roulement radialement extérieur à l'élément de renforcement reprend la majeure partie de l'effort compression. De même les rainures majeures axialement extérieures dont la profondeur est inférieure à 5 mm n'ont pas d'influence sur le flambement des monofilaments. Donc seules les rainures axialement extérieures dites majeures doivent
15 être soumises à des règles de conception particulières lors de l'utilisation de monofilaments dans les couches de travail. Ces rainures majeures axialement extérieures sont en particulier essentielles pour la performance du pneumatique en adhérence sur sol mouillé.

[0021] Par ailleurs les rainures axialement extérieures dont la largeur est inférieure à
20 1 mm, appelées aussi incisions, se ferment dans l'aire de contact et donc protègent les monofilaments du flambement. Pour les rainures non axialement extérieures, l'effort de compression en cas d'effort transversal sur le pneumatique est trop faible pour provoquer le flambement. Par ailleurs il est courant sur les pneumatiques pour véhicule de tourisme que seules des incisions d'une largeur inférieure à 1 mm soient disposées
25 dans les parties axialement centrales de la bande de roulement.

[0022] Dans les directions où aucun espace vide ne permet de déplacement, les efforts de compression vont être repris par le mélange caoutchouteux. Quand une rainure majeure axialement extérieure est présente, celle-ci n'absorbe pas les efforts mais au contraire autorise les déplacements en compression dans la direction
30 perpendiculaire à ses surfaces latérales principales. Pour éviter le flambement, il est nécessaire que l'effort de compression ne s'applique pas sur l'élément de renforcement mais en compression et cisaillement sur le matériau caoutchouteux.

[0023] Une solution est d'augmenter la rigidité en flexion du sommet en augmentant son inertie de flexion dans la zone de plus grande sollicitation, à savoir dans deux portions axialement extérieures ayant chacune une largeur axiale (LS1, LS2) au plus égale à 0.3 fois la largeur axiale LT, dans la mesure où au moins une rainure axialement extérieure dite majeure y est présente.

[0024] Une rainure majeure a une largeur W, définie par la distance entre les deux faces latérales, au moins égale à 1 mm, une profondeur D, définie par la distance radiale maximale entre la surface de roulement et la face de fond, au moins égale à 5 mm. Pour augmenter cette rigidité de flexion, une solution est d'augmenter l'épaisseur du sommet du pneumatique mais afin de préserver les gains de masse et de matière première ainsi que la performance en résistance au roulement pour lesquels les monofilaments sont utilisés, il convient de limiter cette augmentation d'épaisseur aux portions du pneumatique qui le nécessitent, à savoir aux portions axialement extérieures comprenant des rainures majeures axialement extérieures.

[0025] Comme il est nécessaire de limiter la flexion au plus près des monofilaments, il convient d'augmenter l'épaisseur du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail comportant des monofilaments. Un optimum des performances recherché est obtenu lorsque l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale Ec séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian.

[0026] Dans le cas où la mesure de l'épaisseur Ec ne serait pas possible au niveau du plan circonférentiel médian, par exemple en raison d'une absence de monofilament dans cette zone, celle-ci serait mesurée au point le plus axialement proche du plan circonférentiel médian où cette mesure est réalisable. Pour que l'invention fonctionne, il faut cette condition sur l'épaisseur E soit réalisée sur une longueur axiale mesurée depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail, au moins égale à 25 mm, et ce dans une portion axialement extérieure comprenant des rainures majeures axialement extérieures

[0027] Les deux portions axialement extérieures de la bande de roulement peuvent éventuellement contenir un ou plusieurs sillons circonférentiels pour diminuer le risque d'hydroplanage sur sol mouillé. Pour des pneumatiques de tourisme, ces sillons

circonférentiels représentent généralement une faible largeur de la surface de contact et n'ont pas d'impact connu sur le flambement des monofilaments.

5 [0028] Pour régler certaines performances par exemple d'usure sur une portion axialement extérieure de la bande de roulement, certaines rainures majeures ont des profondeurs variables globalement croissantes avec la distance au plan circonférentiel médian. Dans la partie de la rainure majeure, où la profondeur est inférieure à 5 mm, la gomme de la bande de roulement participe à l'augmentation de la rigidité de flexion de sorte qu'il est pénalisant pour la résistance au roulement et la masse, d'avoir une épaisseur de mélange caoutchouteux entre les monofilaments supérieure à celle

10 mesurée au niveau du plan circonférentiel médian dans la zone du sommet radialement intérieure à cette partie de la rainure majeure considérée. L'épaisseur E_c , dans le plan circonférentiel médian, zone de plus faible sollicitation car la moins fléchie, est en effet, l'épaisseur minimale permettant de remplir les autres conditions de performances du pneumatique.

15 [0029] Ainsi, il est avantageux que dans au moins une portion axialement extérieure comprenant des rainures axialement extérieures de profondeur D , l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le

20 plan circonférentiel médian, depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail jusqu'à l'ordonnée axiale du point le plus axialement intérieur des faces de fond des rainures axialement extérieures où distance radiale entre la surface de roulement et la face de fond, est au moins égale à 5 mm.

25 [0030] De même en cas de présence d'au moins un sillon circonférentiel dans au moins une portion axialement extérieure comprenant des rainures majeures axialement extérieures, il est avantageux de réduire les sollicitations de flexion **en faisant en sorte que** l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail soit au moins égale à 1.5 fois la

30 valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian, depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail jusqu'à l'ordonnée axiale de la paroi la plus axialement extérieure du sillon le plus axialement extérieur.

- [0031] Au-delà d'une certaine distance axiale des extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail de l'extérieur, l'augmentation de l'épaisseur du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail par rapport à cette même
- 5 épaisseur mesurée dans le plan circonférentiel médian, est uniquement pénalisant en résistance au roulement et en masse sans réel apport dans l'endurance au flambement des monofilaments. Ainsi il est particulièrement avantageux que dans toute portion axialement extérieure comprenant des rainures majeures axialement extérieures, l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de
- 10 renforcement des au moins deux couches de travail, soit au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian, depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail sur une longueur axiale au plus égale à 60 mm.
- 15 [0032] De même au-delà d'une certaine valeur, l'augmentation de l'épaisseur du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail par rapport à cette même épaisseur mesurée dans le plan circonférentiel médian, rend inintéressant l'utilisation des monofilaments comme éléments de renforcement. Ainsi il est avantageux que l'épaisseur radiale E du mélange
- 20 caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail, dans toute portion axialement extérieure comprenant des rainures majeures axialement extérieures, soit au plus égale à 3.8 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian.
- 25 [0033] Les rainures majeures peuvent également contenir des protubérances ou pontages, ces pontages pouvant éventuellement contenir une incision de largeur moyenne inférieure à 1 mm.
- [0034] Les monofilaments peuvent avoir toute forme de section, sachant que les sections oblongues représentent un avantage sur les sections circulaires de même plus
- 30 petite dimension car leur inertie de flexion et donc leur résistance au flambement sont supérieures. Pour une section circulaire, la plus petite dimension correspond au diamètre de la section. Pour garantir une résistance à rupture en fatigue des monofilaments et la tenue au cisaillement des mélanges caoutchouteux situés entre les filaments, la densité d d'éléments de renforcement de chaque couche de travail est au

moins égale à 100 fils par dm et au plus égale à 200 fils par dm. Par densité on entend le nombre moyen de monofilaments sur une largeur de couche de travail de 10 cm, cette largeur étant prise perpendiculairement à la direction des monofilaments de la couche de travail considérée. La distance entre des éléments de renforcement consécutifs peut être fixe ou variable. La pose des éléments de renforcement en fabrication peut être effectuée par couche, par bandelette ou de façon unitaire.

[0035] Par ailleurs la résistance au flambement d'un monofilament dépend également de la résistance des filaments axialement adjacents, un début de flambement pouvant entraîner un autre par l'effet d'une répartition de la charge autour du monofilament qui flambe. Pour obtenir une performance en endurance améliorée, il convient non seulement d'observer des conditions de diamètres et la densité des monofilaments mais également de remplir une condition portant sur la résistance de la couche de travail à savoir la résistance à rupture R_C de chaque couche de travail qui doit être au moins égale à 30 000 N/dm, R_C étant définie par : $R_C = R_m \cdot S \cdot d$, où R_m est la résistance à la rupture en traction des monofilaments en MPa, S la section des monofilaments en mm² et d la densité de monofilaments de la couche de travail considérée, en nombre de monofilaments par dm.

[0036] Pour un pneumatique pour lequel aucun sens de montage n'est imposé, la solution consiste à appliquer l'invention sur les deux portions les plus axialement extérieures de la bande de roulement.

[0037] Pour un pneumatique pour lequel un sens de montage est imposé, une possibilité est de n'appliquer l'invention que sur la portion la plus axialement extérieure de la bande de roulement, située côté extérieur véhicule.

[0038] Il est avantageux que toute rainure majeure axialement extérieure ait une largeur W au plus égale à 10 mm afin de limiter le volume de creux de la bande de roulement et de préserver le potentiel d'usure du pneumatique.

[0039] Préférentiellement, toute rainure majeure axialement extérieure a une profondeur D inférieure à 8 mm. En effet au-delà de cette profondeur, la bande de roulement devient trop souple et le pneumatique devient moins performant en usure, comportement et résistance au roulement.

[0040] Préférentiellement les rainures majeures axialement extérieures sont espacées, selon la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, d'un pas circonférentiel P au moins égal à 8 mm, pour éviter une trop grande souplesse de la bande de roulement et

des pertes de performance en usure et en résistance au roulement. Le pas circonférentiel est la distance circonférentielle moyenne sur la portion la plus axialement extérieure considérée de la bande de roulement entre deux rainures majeures axialement extérieures circonférentiellement consécutives. Habituellement, les bandes de roulement des pneumatiques peuvent présenter des pas circonférentiels variables notamment pour limiter le bruit lors du roulage.

[0041] Une solution préférée est que les rainures majeures axialement extérieures soient espacées selon la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, d'un pas circonférentiel P au plus égal à 50 mm pour garantir une bonne adhérence sur sol mouillé.

[0042] Il est particulièrement avantageux que la face de fond d'une rainure majeure axialement extérieure soit positionnée radialement à l'extérieur de l'armature de sommet à une distance radiale D1 au moins égale à 1.5 mm. En effet cette quantité minimale de matériaux caoutchouteux permet de protéger le sommet des agressions et des perforations par des obstacles, cailloux, débris quelconques se trouvant sur le sol.

[0043] Il est préféré que la distance radiale entre la face de fond des rainures majeures axialement extérieures et les éléments de renforcement les plus radialement extérieurs de l'armature de sommet soit au plus égale à 3.5 mm pour obtenir un pneumatique performant en résistance au roulement.

[0044] Préférentiellement au moins une portion axialement extérieure, comprenant des rainures majeures axialement extérieures, comprend des incisions ayant une largeur W1 au plus égale à 1 mm. Pour améliorer l'adhérence sur certains types de sols, notamment des sols verglacés ou enneigés, il est possible de disposer, dans les portions axialement extérieures de la bande de roulement, des incisions de faible largeur sans dégrader l'endurance du pneumatique dont l'armature de travail contient des monofilaments. En effet, contact avec le sol de roulage, les surfaces latérales de ces incisions viennent en contact l'une avec l'autre et le matériau caoutchouteux de la bande de roulement reprend alors les efforts de compression. Ces incisions peuvent avoir des largeurs variables dans la longueur ou dans la profondeur de l'incision tant que leur largeur minimale est au plus égale à 1 mm sur une surface suffisante, par exemple au moins égale à 50 mm².

[0045] Il est également possible de disposer des rainures de faible profondeur, inférieure à 5 mm, sans dégrader de manière significative l'endurance du pneumatique

mais dans ce cas, la performance notamment d'adhérence sur sol mouillé se dégrade avec l'usure du pneumatique.

[0046] Avantageusement les deux portions axialement extérieures de la bande de roulement ont chacune une largeur axiale (LS1, LS2) au plus égale à 0.2 fois la largeur axiale LT de la bande de roulement.

[0047] Il est avantageux que les deux couches de travail soient croisées l'une par rapport à l'autre et que les angles des éléments de renforcements respectifs des couches de travail soient égaux en valeur absolue. Ce mode de réalisation présente des avantages en fabrication, en standardisation de produit et donc en coûts de production. Cette égalité des angles est vérifiée aux tolérances de fabrication près à savoir à plus ou moins 2°.

[0048] Une solution préférée est que chaque couche de travail comprenne des éléments de renforcement formant, avec la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, un angle au moins égal à 22° et au plus égal à 35° qui constitue un compromis optimal entre les performances de comportement et d'endurance du pneumatique.

[0049] Préférentiellement chaque couche de travail comprend des éléments de renforcement constitués par des fils métalliques unitaires ou monofilaments ayant une section dont la plus petite dimension est au moins égale à 0.3 mm et au plus égale à 0.37 mm qui constituent un optimum pour l'équilibre des performances visées: le gain de masse et l'endurance au flambement des éléments de renforcement des couches de travail.

[0050] Les éléments de renforcement des couches de travail peuvent être rectilignes ou non. Ils peuvent être préformés, de forme sinusoïdale, zigzag, ondulée ou suivant une spirale. Les éléments de renforcement des couches de travail sont en acier, de préférence en acier au carbone tel que ceux utilisés dans les câbles de type "steel cords" ; mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers, par exemple des aciers inoxydables, ou d'autres alliages.

[0051] Lorsqu'un acier au carbone est utilisé, sa teneur en carbone (% en poids d'acier) est de préférence comprise dans un domaine de 0,8% à 1,2%. L'invention s'applique en particulier à des aciers du type steel cord à très haute résistance "SHT" ("Super High Tensile "), ultra-haute résistance "UHT" ("Ultra High Tensile ") ou "MT" ("Mega Tensile "). Les renforts en acier au carbone ont alors une résistance à la rupture

en traction (R_m) qui est de préférence supérieure à 3000 MPa, plus préférentiellement supérieure à 3500 MPa. Leur allongement total à la rupture (A_t), somme de l'allongement élastique et de l'allongement plastique, est de préférence supérieur à 2,0%.

- 5 [0052] Pour ce qui concerne les renforts en acier, les mesures 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.

- [0053] 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
10 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
15 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,
20 Ni, Co, Sn.

- [0054] Il est avantageux que la densité d'éléments de renforcement de chaque couche de travail soit au moins égale à 120 fils par dm et au plus égale à 180 fils par dm afin de garantir une endurance améliorée des mélanges caoutchouteux travaillant en cisaillement entre les éléments de renforcement et l'endurance de ces derniers en
25 traction et compression.

- [0055] Une solution préférée est que l'armature de sommet comprenne une armature de frettage comprenant au moins une couche de frettage comprenant des éléments de renforcement, parallèles entre eux et formant, avec la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, un angle B au plus égal à 10° en valeur absolue, afin de rigidifier le
30 sommet pour améliorer la performance du pneumatique en usure et en comportement.

[0056] Préférentiellement les éléments de renforcement de la au moins une couche de frettage sont en textile de préférence de type polyamide aliphatique, polyamide aromatique, combinaison de polyamide aliphatique et de polyamide aromatique,

polytéréphtalate d'éthylène ou rayonne car les matériaux textiles sont particulièrement adaptés à ce type d'usage en raison de leur faible masse et de leur rigidité élevée. La distance entre des éléments de renforcement consécutifs de la couche de frettage ou pas peut être fixe ou variable. La pose des éléments de renforcement en fabrication
5 peut être effectuée par couche, par bandelette ou de façon unitaire.

[0057] Il est avantageux que l'armature de frettage soit radialement extérieure à l'armature de travail pour une bonne tenue de cette dernière en endurance.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0058] Les caractéristiques et autres avantages de l'invention seront mieux compris à l'aide des figures 1 à 4, les dites figures n'étant pas représentées à l'échelle mais de
10 façon simplifiée, afin de faciliter la compréhension de l'invention :

- La figure 1 est une vue en perspective représentant une partie de pneumatique selon l'invention, en particulier son architecture et sa bande de roulement.

- La figure 2 représente un coupe méridienne du sommet d'un pneumatique selon l'invention et illustre les parties axialement extérieures 22 et 23 de la bande de
15 roulement, ainsi que leur largeur.

- Les figures 3A et 3B présentent deux types de profils méridiens radialement extérieurs de la bande de roulement d'un pneumatique de tourisme.

- La figure 4 illustre différents types de rainures axialement extérieures 24
20 possibles.

DESCRIPTION DETAILLEE DES DESSINS

[0059] La figure 1 représente une vue en perspective d'une partie du sommet d'un pneumatique. Le pneumatique comporte une bande de roulement 2 destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement 21. Dans les
25 portions axialement extérieures 22 et 23 de la bande de roulement, sont disposées des rainures majeures axialement extérieures 24 de largeur W. Le pneumatique comprend en outre une armature de sommet 3 comprenant une armature de travail 4 et une armature de frettage 5. L'armature de travail comprend deux couches de travail 41 et 42 comprenant chacune des éléments de renforcement (411, 421) parallèles entre eux,
30 formant respectivement avec une direction circonférentielle (XX') du pneumatique, un

angle orienté (A1, A2) au moins égal à 20° et au plus égal à 50° en valeur absolue et de signe opposé d'une couche à la suivante.

[0060] La figure 2 représente schématiquement la coupe méridienne du sommet du pneumatique selon l'invention. Elle illustre en particulier les largeurs LS1 et LS2 des portions axialement extérieures 22 et 23 de la bande de roulement, ainsi que la largeur totale de la bande de roulement du pneumatique LT. Sont représentées également la profondeur D d'une rainure axialement extérieure 24 et la distance D1 entre la face de fond 243 d'une rainure axialement extérieure 24 et l'armature de sommet 3 mesurée sur une coupe méridienne du pneumatique. La figure 2 illustre également les épaisseurs E et Ec du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail, respectivement sous la portion axialement extérieure 23 comprenant des rainures axialement extérieures 24 et dans le plan circonférentiel médian. La figure 2 représente également l'ordonnée axiale 26 du point le plus axialement intérieur des faces de fond 243 des rainures majeures axialement extérieures où la distance radiale entre la surface de roulement 21 et la face de fond 243, est égale à 5 mm. La figure 2 représente une longueur axiale (La) sur une portion axialement extérieure LS2, sur laquelle l'épaisseur E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail, est au moins supérieure à 1.5 fois à la distance Ec, la distance radiale entre le point le plus radialement intérieur du monofilament de la couche de travail la plus radialement extérieure et le point le plus radialement extérieur de la couche de travail la plus radialement intérieure dans le plan circonférentiel médian.

[0061] Les mesures géométriques sont réalisées sur une surface de coupe du pneumatique obtenue par découpage du pneumatique selon deux plans méridiens. Les mesures se font en maintenant la distance entre les deux bourrelets identique à celle du pneumatique monté sur sa jante et faiblement gonflé. La mesure de la distance Ec est la distance radiale entre le point le plus radialement intérieur du monofilament de la couche de travail la plus radialement extérieure et le point le plus radialement extérieur de la couche de travail la plus radialement intérieure dans le plan circonférentiel médian.

[0062] La distance E est la distance radiale moyenne sur les portions axialement extérieures 22 et 23 du sommet, entre deux monofilaments de mêmes coordonnées axiales et chacun d'une couche de travail différente. La distance entre deux monofilaments des deux couches de travail est la distance radiale entre les points le plus

radialement intérieur du monofilament de la couche de travail la plus radialement extérieure et le point le plus radialement extérieur de la couche de travail la plus radialement intérieure. La zone considérée pour la mesure de E est la zone où la distance entre les monofilaments est au moins égale à 1.5 fois la distance E_c .

- 5 [0063] Sur les figures 3A et 3B, on détermine les bords axiaux 7 de la bande de roulement qui permettent de mesurer la largeur bande de roulement. Dans la figure 3A où la surface de roulement 21 est sécante avec la surface axiale extérieure du pneumatique 8, le bord axial 7 est trivialement déterminé par l'homme de l'art. Dans la
- 10 figure 3B où la surface de roulement 21 est continue avec la surface axiale extérieure du pneumatique 8, on trace, sur une coupe méridienne du pneumatique, la tangente à la surface de roulement en tout point de ladite surface de roulement dans la zone de transition vers le flanc. Le premier bord axial 7 est le point pour lequel l'angle β (beta) entre ladite tangente et une direction axiale YY' est égal à 30° . Lorsqu'il existe plusieurs points pour lesquels l'angle β entre ladite tangente et une direction axiale YY' est égal à
- 15 30° , on retient le point radialement le plus à l'extérieur. On procèdera de la même manière pour déterminer le second bord axial de la bande de roulement.

[0064] La figure 4 représente schématiquement les différents types de rainures. Les rainures peuvent être débouchantes comme la rainure 24A, borgnes comme la rainure 24C ou aveugles comme la rainure 24B.

- 20 [0065] Les inventeurs ont réalisé des calculs par éléments finis sur la base de l'invention pour un pneumatique de dimension 205/55 R16, gonflé à une pression de 1.9 bars, comprenant deux couches de travail comprenant des monofilaments en acier, de diamètre 0.3 mm, répartis selon une densité de 158 fils au dm et formant, avec la direction circonférentielle, les angles A1 et A2 respectivement égaux à $+27^\circ$ et -27° . Les
- 25 monofilaments ont une résistance à la rupture R_m égale à 3500 MPa et les couches de travail ont chacune une résistance à rupture R_c égale à 39 000 N/dm. Le pneumatique comporte des rainures majeures axialement extérieures d'une profondeur de 6.5 mm, réparties selon un pas circonférentiel de 30 mm sur les deux portions axialement extérieures de la bande de roulement du pneumatique ayant une largeur axiale égale à
- 30 0.21 fois la largeur axiale de la bande de roulement. La distance radiale D1 entre la face de fond des rainures majeures axialement extérieures et l'armature de sommet est au moins égale à 2 mm.

[0066] Les conditions de calcul reproduisent les conditions de roulage d'un pneumatique avant côté extérieur du virage, c'est-à-dire de celui qui est le plus sollicité sur un véhicule de tourisme. Ces sollicitations, pour une accélération latérale de 0.7g, sont les suivantes : une charge radiale (F_z) de 749 daN, un effort latéral (F_y) de 509 daN et un angle de carrossage de 3.12° (l'angle de carrossage étant l'angle formé par le plan équateur du pneumatique et l'axe perpendiculaire au sol de roulage). Le tableau suivant donne le maximum des sollicitations en flexion dans les monofilaments.

[0067] Différents pneumatiques ont été calculés en faisant varier les épaisseurs radiales E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans les portions axialement extérieures (22, 23) du sommet comprenant des rainures majeures axialement extérieures (24), dite surépaisseur épaule, et la longueur axiale (L_a) de la dite surépaisseur épaule depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail jusqu'au point où la distance entre les monofilaments est égale à 1.5 fois la distance radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail dans le plan circonférentiel médian.

L_a (figure 2)	13 mm	20 mm	31 mm	38 mm	45 mm
Flexion (base 100)	111	100	81	81	76

Tableau 1 : variation de la flexion avec la longueur axiale de la surépaisseur épaule

[0068] Le tableau 1 présente la contrainte de flexion en base 100 en fonction de la longueur axiale de la surépaisseur épaule. Pour la longueur axiale L_a de la surépaisseur épaule égale à 31 mm, la surépaisseur épaule prend fin axialement intérieurement au point le plus axialement intérieur de la rainure majeure axialement extérieure où la profondeur de la dite rainure est égale à 5 mm. Pour une longueur axiale L_a de la surépaisseur épaule égale à 38 mm, la surépaisseur épaule prend fin axialement intérieurement au point le plus axialement intérieur de la rainure majeure axialement extérieure où la profondeur de la dite rainure est égale à 3.5 mm. Pour une longueur axiale L_a de la surépaisseur épaule égale à 45 mm, la surépaisseur épaule prend fin axialement intérieurement au point axialement intérieur au sillon (25) le plus axialement extérieur de la portion axialement extérieure (22 ou 23) considérée.

[0069] Les calculs démontrent que, pour avoir une baisse effective de la flexion d'au moins 10%, il est nécessaire que la longueur axiale L_a soit au moins supérieure à 25 mm, voire 30 mm pour obtenir une baisse de 20%. En revanche pour obtenir un effet maximal, il convient que la longueur axiale de la surépaisseur épaulement ait une

5 longueur axiale L_a telle allant jusqu'à l'ordonnée axiale du point le plus axialement intérieur de la rainure majeure axialement extérieure où la profondeur de la dite rainure est égale à 5 mm. Les calculs montrent qu'en augmentant la longueur axiale, la flexion maximale atteint un palier : l'épaisseur de la bande de roulement protège les monofilaments du flambement. Pour diminuer davantage les sollicitations en flexion, il

10 convient d'augmenter la longueur axiale L_a de la surépaisseur épaulement jusqu'à l'aplomb du fond du sillon (25) le plus axialement extérieur de la portion axialement extérieure (22 ou 23) considérée.

[0070] Pour éviter le frottement des monofilaments entre eux, il est d'avantageux que l'épaisseur radiale E_c soit de l'ordre de 0.4 mm. Pour des contraintes de fabrication, les

15 bandelettes de gomme utilisables pour créer la surépaisseur épaulement ont une épaisseur au moins égale à 0.2 mm. L'épaisseur radiale E est donc au minimum 1.5 fois l'épaisseur radiale E_c dans le plan équateur. Les calculs montrent que l'augmentation de l'épaisseur radiale E de la surépaisseur épaulement, égale à 2 fois l'épaisseur radiale E_c dans le plan équateur, peut permettre une diminution des sollicitations de flexion de

20 l'ordre de 5%. La diminution des sollicitations de flexion est de l'ordre de à 8%, pour une épaisseur E égale à 3 fois l'épaisseur radiale E_c dans le plan équateur. Au-delà de 3.8 fois l'épaisseur radiale E_c dans le plan équateur, le gain en flexion est faible comparativement à l'augmentation de température en roulage, de la résistance au roulement et du poids du pneumatique selon l'invention.

REVENDICATIONS

1. Pneumatique (1) pour véhicule de tourisme, comprenant :

- Un sommet comprenant une bande de roulement (2), comprenant deux portions axialement extérieures (22, 23),
- 5 • la bande de roulement (2) destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement (21) et ayant une largeur axiale LT,
- les deux portions axialement extérieures (22, 23) ayant chacune une largeur axiale (LS1, LS2) au plus égale à 0.3 fois la largeur axiale LT,
- 10 • au moins une portion axialement extérieure (22, 23) comprenant des rainures de la bande de roulement (2), axialement extérieures (24), une rainure axialement extérieure (24) formant un espace débouchant sur la surface de roulement (21) et étant délimitée par au moins deux faces latérales principales (241, 242) reliées par une face de fond (243),
- 15 • au moins une rainure axialement extérieure (24) dite majeure ayant une largeur W, définie par la distance entre les deux faces latérales (241, 242), au moins égale à 1 mm, une profondeur D, définie par la distance radiale maximale entre la surface de roulement (21) et la face de fond (243), au moins égale à 5 mm,
- 20 • le pneumatique comprenant en outre une armature de sommet (3) radialement intérieure à la bande de roulement (2),
- l'armature de sommet (3) comprenant au moins une armature de travail (4),
- l'armature de travail (4) comprenant au moins deux couches de travail (41, 42), comprenant chacune des éléments de renforcement (411, 421) enrobés par un matériau élastomérique, parallèles entre eux et formant respectivement avec une
- 25 direction circonférentielle (XX') du pneumatique, un angle orienté (A1, A2) au moins égal à 20° et au plus égal à 50° en valeur absolue et de signe opposé d'une couche à la suivante,
- les dits éléments de renforcement de chaque couche de travail étant constitués par des fils métalliques unitaires ou monofilaments ayant une section S dont la plus petite dimension est au moins égale à 0.20 mm et au plus égale à
- 30 0.5 mm, et une résistance à la rupture Rm,

- la densité d'éléments d de renforcement de chaque couche de travail étant au moins égale à 100 fils par dm et au plus égale à 200 fils par dm,
- les éléments de renforcement des aux moins deux couches de travail (41,42) étant séparés par un mélange caoutchouteux d'une épaisseur radiale E, la valeur

5

caractérisé en ce que, dans au moins une portion axialement extérieure (22, 23) comprenant des rainures majeures axialement extérieures (24), l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux entre les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42), est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c entre les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) dans le plan circonférentiel médian, et le mélange caoutchouteux s'étendant depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail (41, 42) sur une longueur axiale au moins égale à 25 mm.

10

15

et en ce que la résistance à rupture R_c de chaque couche de travail (41, 42) est au moins égale à 30 000 N/dm, R_c étant définie par : $R_c = R_m \cdot S \cdot d$, où R_m est la résistance à la rupture en traction des monofilaments en MPa, S la section des monofilaments en mm^2 et d la densité de monofilaments de la couche de travail considérée, en nombre de monofilaments par dm.

20

2. Pneumatique selon la revendication 1 **dans lequel** dans au moins une portion axialement extérieure (22, 23) comprenant des rainures majeures axialement extérieures (24) de profondeur D, l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) dans le plan circonférentiel médian, le mélange caoutchouteux s'étendant depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail jusqu'à l'ordonnée axiale du point le plus axialement intérieur (26) des faces de fond (243) des rainures majeures axialement extérieures où la distance radiale entre la surface de roulement (21) et la face de fond (243) est égale à 5 mm.

25

30

3. Pneumatique selon la revendication 1, au moins un sillon circonférentiel (25) étant disposé dans au moins une portion axialement extérieure comprenant des rainures majeures axialement extérieures, et **dans lequel** l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) dans le plan circonférentiel médian, le mélange caoutchouteux s'étendant depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail jusqu'à l'ordonnée axiale de la paroi la plus axialement extérieure du sillon le plus axialement extérieur.
4. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **dans lequel** dans au moins une portion axialement extérieure (22, 23) comprenant des rainures majeures axialement extérieures (24), l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) est au moins égale à 1.5 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) dans le plan circonférentiel médian, le mélange caoutchouteux s'étendant depuis les extrémités les moins axialement extérieures des éléments de renforcement des couches de travail sur une longueur axiale au plus égale à 60 mm.
5. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **dans lequel** l'épaisseur radiale E du mélange caoutchouteux séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) dans toute portion axialement extérieure (22, 23) comprenant des rainures majeures axialement extérieures (24), est au plus égale à 3.8 fois la valeur de l'épaisseur radiale E_c séparant les éléments de renforcement des au moins deux couches de travail (41, 42) dans le plan circonférentiel médian.
6. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 **dans lequel** toute rainure majeure axialement extérieure (24) a une largeur W au plus égale à 10 mm.
7. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 **dans lequel** toute rainure majeure axialement extérieure (24) a une profondeur D au plus égale à 8 mm.

8. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 **dans lequel** les rainures majeures axialement extérieures (24) sont espacées, selon la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, d'un pas circonférentiel P au moins égal à 8 mm.
- 5 9. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 **dans lequel** les rainures majeures axialement extérieures (24) sont espacées, selon la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, d'un pas circonférentiel P au plus égal à 50 mm.
- 10 10. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 **dans lequel** la face de fond (243) d'une rainures majeure axialement extérieure (24) est positionnée radialement à l'extérieur de l'armature de sommet (3) à une distance radiale D1 au moins égale à 1.5 mm.
- 15 11. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 **dans lequel** la face de fond (243) d'une rainure majeure axialement extérieure (24) est positionnée radialement à l'extérieur de l'armature de sommet (3) à une distance radiale D1 au plus égale à 3.5 mm.
- 20 12. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 **dans lequel** au moins une portion axialement extérieure (23, 24), comprenant des rainures majeures axialement extérieures (24), comprend des incisions ayant une largeur W1 au plus égale à 1 mm.
13. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 **dans lequel** les deux portions axialement extérieures (22, 23) ont chacune une largeur axiale (LS1, LS2) au plus égale à 0.2 fois la largeur axiale LT de la bande de roulement (2).
- 25 14. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 **dans lequel** les angles (A1, A2) des éléments de renforcements respectifs (411, 421) des couches de travail (41,42) sont égaux en valeur absolue.
- 30 15. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 **dans lequel** chaque couche de travail (41, 42) comprend des éléments de renforcement (411, 421), formant, avec la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, un angle (A1, A2) au moins égal à 22° et au plus égal à 35°.

16. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 **dans lequel** chaque couche de travail (41, 42) comprend des éléments de renforcement (411, 421), constitués par des fils métalliques unitaires ou monofilaments ayant un diamètre au moins égal à 0.3 mm et au plus égal à 0.37 mm.
- 5 17. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 16 **dans lequel** les éléments de renforcement des couches de travail (41, 42) sont en acier, de préférence en acier au carbone.
18. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 17 **dans lequel** la densité d'éléments de renforcement de chaque couche de travail est au moins
10 égale à 120 fils par dm et au plus égale à 180 fils par dm.
19. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 18 **dans lequel** l'armature de sommet (3) comprend une armature de frettage (5) comprenant au moins une couche de frettage comprenant des éléments de renforcement, parallèles entre eux et formant, avec la direction circonférentielle (XX') du
15 pneumatique, un angle B au plus égal à 10° en valeur absolue.
20. Pneumatique selon la revendication 19 **dans lequel** les éléments de renforcement de la au moins une couche de frettage sont en textile, de préférence de type polyamide aliphatique, polyamide aromatique, combinaison de polyamide aliphatique et de polyamide aromatique, polytéréphtalate d'éthylène ou rayonne.
- 20 21. Pneumatique selon l'une quelconque des revendications 19 ou 20 **dans lequel** l'armature de frettage (5) est radialement extérieure à l'armature de travail (4).

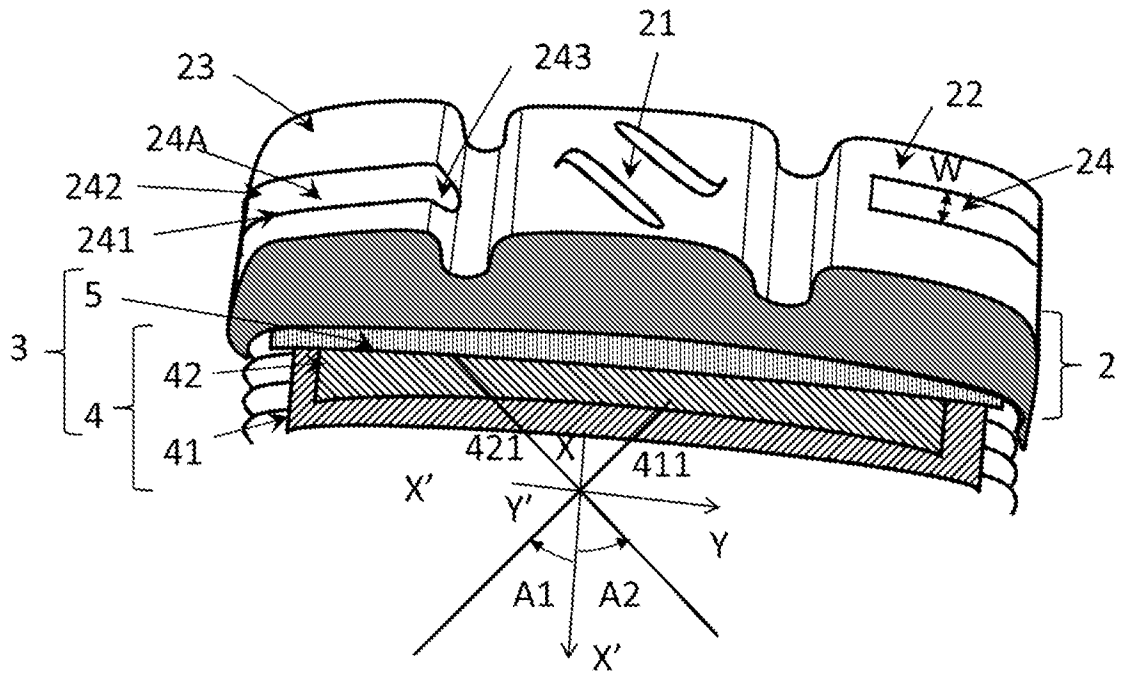


Figure 1

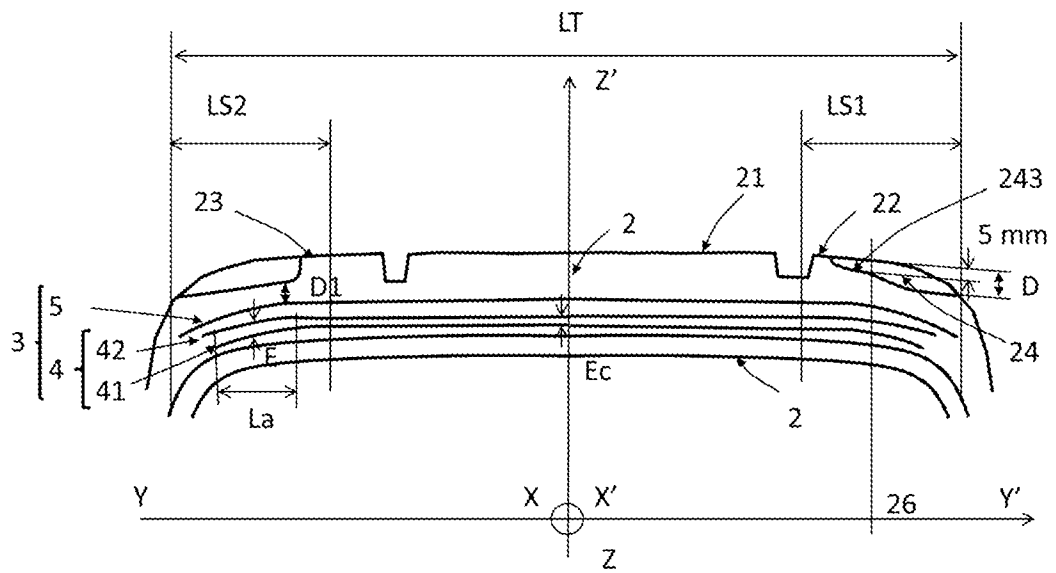


Figure 2

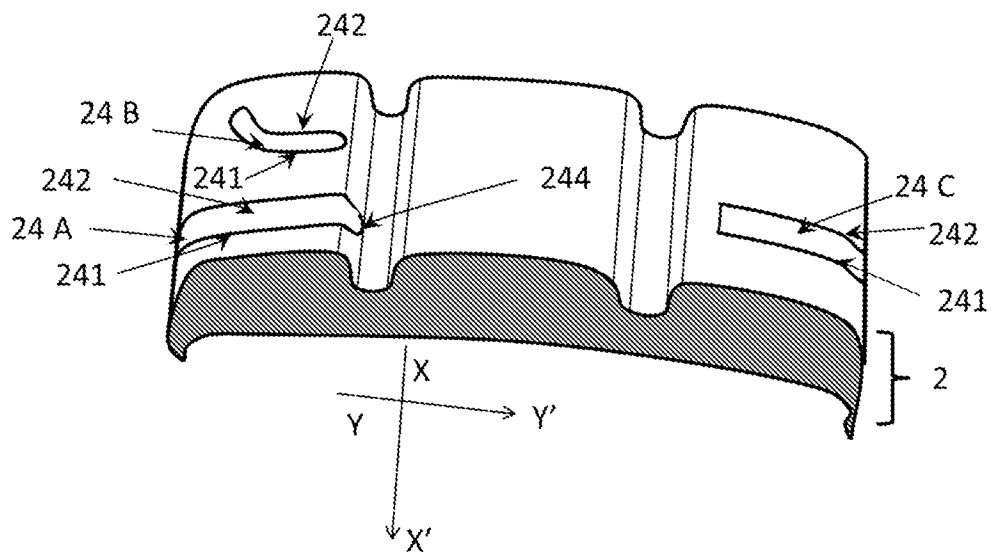
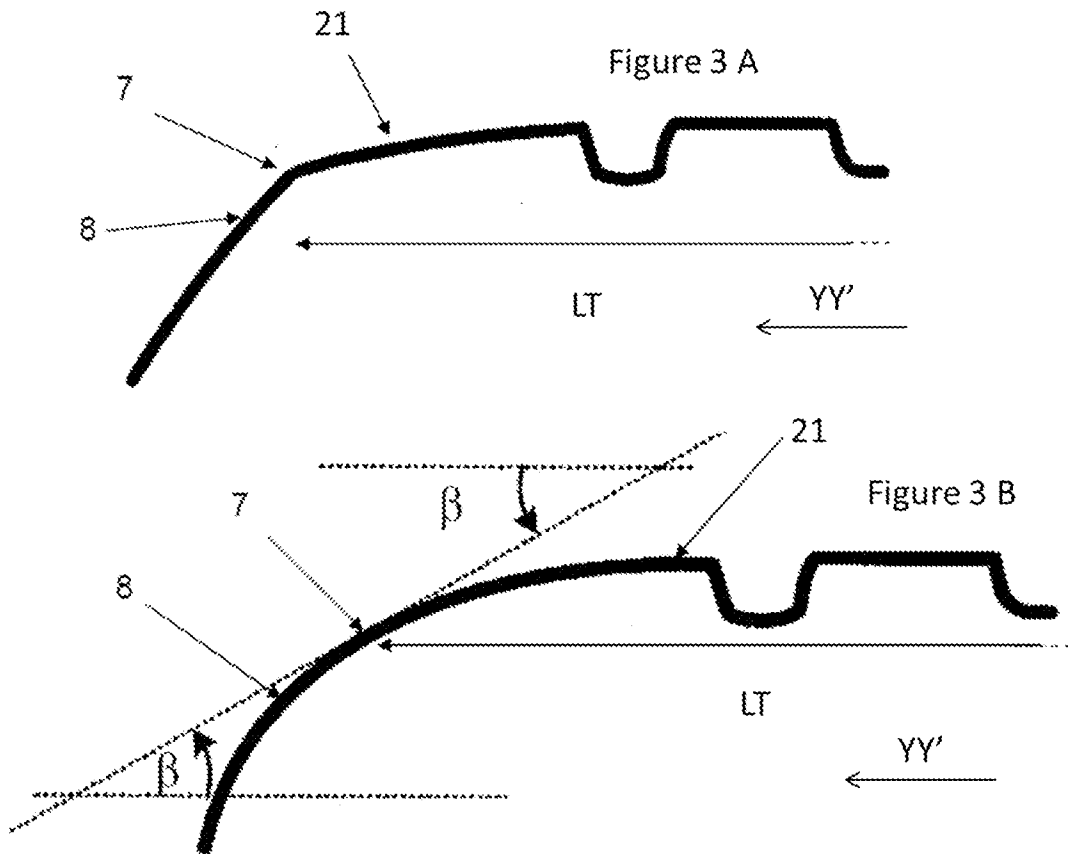


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/052127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60C9/20 B60C11/03 B60C9/18 B60C9/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/000598 A1 (HUYGHE JEAN-MICHEL [FR]) 6 January 2011 (2011-01-06) paragraphs [0051] - [0053]; claim 1; figure 2 -----	1
A	US 2005/051251 A1 (SINOPOLI ITALO MARZIALE [US] ET AL) 10 March 2005 (2005-03-10) paragraph [0066]; figures 1,4; table 4 -----	1
A	EP 2 433 814 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 28 March 2012 (2012-03-28) claims 1,3; figure 1 -----	1
A	EP 0 043 563 A1 (PIRELLI [IT]) 13 January 1982 (1982-01-13) claims; figure 1 -----	1-21



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

26 October 2017

Date of mailing of the international search report

13/11/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Peschel, Wolfgang

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/052127

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011000598	A1	06-01-2011	AT 546301 T 15-03-2012
		BR PI0819178 A2 05-05-2015	
		CN 101848817 A 29-09-2010	
		EA 201070561 A1 30-12-2010	
		EP 2217453 A1 18-08-2010	
		FR 2923182 A1 08-05-2009	
		JP 2011502078 A 20-01-2011	
		US 2011000598 A1 06-01-2011	
		WO 2009059710 A1 14-05-2009	
US 2005051251	A1	10-03-2005	AU 717037 B2 16-03-2000
		BR 9706235 A 06-04-1999	
		CA 2209094 A1 17-06-1998	
		DE 69719932 D1 24-04-2003	
		DE 69719932 T2 27-11-2003	
		EP 0849098 A1 24-06-1998	
		JP H10175404 A 30-06-1998	
		US 6247514 B1 19-06-2001	
		US 2001023730 A1 27-09-2001	
		US 2004016497 A1 29-01-2004	
		US 2005051251 A1 10-03-2005	
EP 2433814	A1	28-03-2012	NONE
EP 0043563	A1	13-01-1982	AR 225508 A1 31-03-1982
		DE 3168299 D1 28-02-1985	
		EP 0043563 A1 13-01-1982	
		ES 259474 U 16-01-1982	
		IT 1132524 B 02-07-1986	
		JP S5726002 A 12-02-1982	
		US 4371025 A 01-02-1983	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052127

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60C9/20 B60C11/03 B60C9/18 B60C9/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B60C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2011/000598 A1 (HUYGHE JEAN-MICHEL [FR]) 6 janvier 2011 (2011-01-06) alinéas [0051] - [0053]; revendication 1; figure 2 -----	1
A	US 2005/051251 A1 (SINOPOLI ITALO MARZIALE [US] ET AL) 10 mars 2005 (2005-03-10) alinéa [0066]; figures 1,4; tableau 4 -----	1
A	EP 2 433 814 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 28 mars 2012 (2012-03-28) revendications 1,3; figure 1 -----	1
A	EP 0 043 563 A1 (PIRELLI [IT]) 13 janvier 1982 (1982-01-13) revendications; figure 1 -----	1-21
☐ 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 26 octobre 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 13/11/2017
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Peschel, Wolfgang

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052127

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011000598	A1	06-01-2011	AT 546301 T	15-03-2012
			BR PI0819178 A2	05-05-2015
			CN 101848817 A	29-09-2010
			EA 201070561 A1	30-12-2010
			EP 2217453 A1	18-08-2010
			FR 2923182 A1	08-05-2009
			JP 2011502078 A	20-01-2011
			US 2011000598 A1	06-01-2011
			WO 2009059710 A1	14-05-2009

US 2005051251	A1	10-03-2005	AU 717037 B2	16-03-2000
			BR 9706235 A	06-04-1999
			CA 2209094 A1	17-06-1998
			DE 69719932 D1	24-04-2003
			DE 69719932 T2	27-11-2003
			EP 0849098 A1	24-06-1998
			JP H10175404 A	30-06-1998
			US 6247514 B1	19-06-2001
			US 2001023730 A1	27-09-2001
			US 2004016497 A1	29-01-2004
			US 2005051251 A1	10-03-2005

EP 2433814	A1	28-03-2012	AUCUN	

EP 0043563	A1	13-01-1982	AR 225508 A1	31-03-1982
			DE 3168299 D1	28-02-1985
			EP 0043563 A1	13-01-1982
			ES 259474 U	16-01-1982
			IT 1132524 B	02-07-1986
			JP S5726002 A	12-02-1982
			US 4371025 A	01-02-1983
