



(51) Classification internationale des brevets :
B29D 30/30 (2006.01) **B60C 9/26** (2006.01)
B29D 30/70 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/053690

(22) Date de dépôt international :
23 février 2015 (23.02.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1451429 24 février 2014 (24.02.2014) FR

(71) Déposants : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12 Cours Sablon, F-63000 Clermont-Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-Paccot (CH).

(72) Inventeur : **ROMERO DE LA OSA, Marc**; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont Ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : **MILLANVOIS, Patrick**; Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, 23, place des Car-

mes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

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

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : CROWN REINFORCEMENT FOR AIRPLANE TIRE

(54) Titre : ARMATURE DE SOMMET DE PNEUMATIQUE POUR AVION

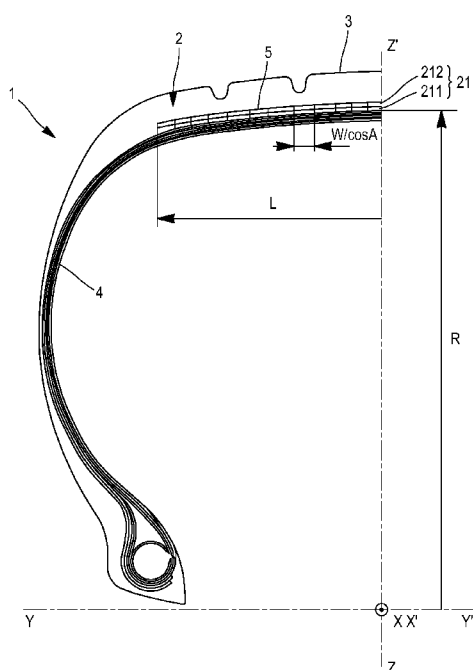


FIG. 1

(57) Abstract : The present invention relates to an airplane tire and, particularly, to the crown reinforcement thereof. An airplane tire (1) includes a working reinforcement (2) located radially inside a tread (3) and radially outside a carcass reinforcement (4). The working reinforcement (2) includes at least one working dual ply (21) consisting of two radially stacked working layers (211, 212). The working dual ply (21) consists of the circumferential zigzag winding of a strip (5) having a width W over a cylindrical laying surface (6) with radius R and having, for a rotational axis, the rotational axis (YY') of the tire along a periodic curve (7). The periodic curve (7) has a period P and forms an angle A with the circumferential direction (XX') of the tire within the equatorial plane (XZ) of the tire. The circumferential zigzag winding of the strip (5) includes N periods P of the periodic curve (7) over a number T of circumferences $2\pi R$ of the cylindrical laying surface (6). According to the invention, the number N of periods P of the periodic curve (7) is an integer that fits the following conditions: (a) $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$; (b) $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, where T is an integer, (c) $N \cdot T$ is the lowest common multiple of N and T, and the ratio T/N is 1.8 to 2.2.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un pneumatique pour avion, et, en particulier, son armature de sommet.

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

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

Un pneumatique (1) pour avion comprend une armature de travail (2) radialement intérieure à une bande de roulement (3) et radialement extérieure à une armature de carcasse (4), l'armature de travail (2) comprenant au moins un binappe de travail (21) constitué de deux couches de travail (211, 212) radialement superposées, le binappe de travail (21) étant constitué par l'enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette (5) de largeur W, sur une surface cylindrique de pose (6) de rayon R, ayant pour axe de révolution l'axe de rotation (YY') du pneumatique, selon une courbe périodique (7), la courbe périodique (7) ayant une période P et formant un angle A, avec la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, dans le plan équatorial (XZ) du pneumatique, l'enroulement circonférentiel en zigzag de la bandelette (5) comprenant N périodes P de la courbe périodique (7) sur un nombre T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose (6). Selon l'invention, le nombre N de périodes P de la courbe périodique (7) est un nombre entier qui vérifie les conditions suivantes: (a) $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$, (b) $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, où T est un nombre entier, (c) $N \cdot T$ est le plus petit commun multiple à N et T, et le rapport T/N est au moins égal à 1.8 et au plus égal à 2.2.

ARMATURE DE SOMMET DE PNEUMATIQUE POUR AVION

[0001] La présente invention concerne un pneumatique pour avion et, en particulier, une armature de sommet de pneumatique pour avion.

[0002] Dans ce qui suit, les directions circonférentielle, axiale et radiale désignent respectivement une direction tangente à la surface de roulement du pneumatique selon le sens de rotation du pneumatique, une direction parallèle à l'axe de rotation du pneumatique et une direction perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique. Par «radialement intérieur, respectivement radialement extérieur», on entend «plus proche, respectivement plus éloigné de l'axe de rotation du pneumatique». Par «axialement intérieur, respectivement axialement extérieur», on entend «plus proche, respectivement plus éloigné du plan équatorial du pneumatique», le plan équatorial du pneumatique étant le plan passant par le milieu de la surface de roulement du pneumatique et perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique.

[0003] De façon générale, un pneumatique comprend une bande de roulement, destinée à venir en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement, la bande de roulement étant reliée par deux flancs à deux bourrelets, les deux bourrelets étant destinés à assurer une liaison mécanique du pneumatique avec une jante sur laquelle le pneumatique est monté.

[0004] Un pneumatique radial pour avion comprend plus particulièrement une armature de carcasse radiale et une armature de sommet, telles que décrites, par exemple, dans le document EP 1381525.

[0005] L'armature de carcasse radiale est la structure de renforcement du pneumatique reliant les deux bourrelets du pneumatique. L'armature de carcasse radiale d'un pneumatique pour avion comprend généralement au moins une couche de carcasse, chaque couche de carcasse étant constituée de renforts le plus souvent textiles, enrobés dans un matériau polymérique de type élastomère ou mélange élastomérique, parallèles entre eux et formant, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 80° et 100°.

[0006] L'armature de sommet est la structure de renforcement du pneumatique radialement intérieure à la bande de roulement et au moins en partie radialement

- 2 -

extérieure à l'armature de carcasse radiale. L'armature de sommet d'un pneumatique pour avion comprend généralement au moins une couche de sommet, chaque couche de sommet étant constituée de renforts parallèles entre eux et enrobés dans un matériau polymérique de type élastomère ou mélange élastomérique. Parmi les couches de
5 sommet, on distingue usuellement les couches de travail, composant l'armature de travail et constituées le plus souvent de renforts textiles, et les couches de protection, composant l'armature de protection, constituées de renforts métalliques ou textiles, et disposées radialement à l'extérieur de l'armature de travail. L'armature de travail conditionne le comportement mécanique global de l'armature de sommet, alors que
10 l'armature de protection protège essentiellement les couches de travail des agressions susceptibles de se propager à travers la bande de roulement radialement vers l'intérieur du pneumatique.

[0007] Les renforts textiles des couches de carcasse et des couches de sommet sont le plus souvent des câbles constitués de filés de filaments textiles,
15 préférentiellement en polyamide aliphatique ou en polyamide aromatique. Les propriétés mécaniques en extension, telles que le module d'élasticité, l'allongement à rupture et la force à rupture des renforts textiles, sont mesurées après un conditionnement préalable. Par "conditionnement préalable", on entend le stockage des renforts textiles pendant au moins 24 heures, avant mesure, dans une atmosphère
20 standard selon la norme européenne DIN EN 20139 (température de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, hygrométrie de $65 \pm 2\%$). Les mesures sont réalisées de manière connue à l'aide d'une machine de traction ZWICK GmbH & Co (Allemagne) de type 1435 ou de type 1445. Les renforts textiles subissent une traction sur une longueur initiale de 400 mm à une vitesse nominale de 200 mm/min. Tous les résultats sont une moyenne de 10 mesures.

25 [0008] Lors de la fabrication d'un pneumatique pour avion, et plus précisément lors de l'étape de pose de l'armature de travail, une couche de travail est le plus souvent obtenue par un enroulement circonférentiel en zigzag ou par un enroulement circonférentiel en spires d'une bandelette, sur une surface cylindrique de pose ayant pour axe de révolution l'axe de rotation du pneumatique. La bandelette est
30 généralement constituée d'au moins un renfort textile continu enrobé dans un mélange élastomérique et, le plus souvent, d'une juxtaposition de renforts textiles parallèles

- 3 -

entre eux. Qu'elle soit réalisée par un enroulement circonférentiel en zigzag ou un enroulement circonférentiel en spires, la couche de travail est alors constituée par la juxtaposition de portions de bandelette.

[0009] Par enroulement circonférentiel en spires d'une bandelette, on entend un enroulement de la bandelette, selon la direction circonférentielle, et selon une hélice ayant un rayon égal au rayon de la surface cylindrique de pose et un angle moyen, par rapport à la direction circonférentielle, compris entre 0° et 5° . La couche de travail ainsi obtenue par un enroulement en spires est dite circonférentielle, car l'angle des renforts textiles deux à deux parallèles de la bandelette, formé dans le plan équatorial avec la direction circonférentielle, est compris entre 0° et 5° .

[0010] Par enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette, on entend un enroulement de la bandelette, selon la direction circonférentielle, et selon une courbe périodique, c'est-à-dire une courbe formée d'ondulations périodiques oscillant entre des extrema. Enrouler une bandelette selon une courbe périodique signifie que la ligne moyenne de la bandelette, équidistante des bords de la bandelette, coïncide avec la courbe périodique. Lors d'un enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette, les couches de travail sont posées par paire, chaque paire de couches de travail constituant un binappe de travail. Ainsi un binappe de travail est constitué, en zone courante, c'est-à-dire en dehors de ses extrémités axiales, par deux couches de travail radialement superposées. Au niveau de ses extrémités axiales, un binappe de travail comprend généralement plus de deux couches de travail radialement superposées. On appelle surépaisseur d'extrémité axiale le nombre de couches de travail supplémentaires, selon la direction radiale, par rapport aux deux couches de travail de la zone courante du binappe de travail. Cette surépaisseur d'extrémité axiale est générée par les croisements de la bandelette, en extrémité de binappe de travail, à chaque tour d'enroulement en zigzag. Une telle armature de travail comprenant des binappes de travail obtenus par un enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette a été décrite dans les documents EP 0540303, EP 0850787, EP 1163120 et EP 1518666.

[0011] La courbe périodique d'un enroulement circonférentiel en zigzag est caractérisée par son amplitude et sa période. L'amplitude de la courbe périodique,

c'est-à-dire la distance entre ses extrema, mesurée selon la direction axiale, définit la largeur axiale du binappe de travail, c'est-à-dire la distance entre les extrémités axiales du binappe de travail. Plus précisément la largeur axiale du binappe de travail est égale à l'amplitude de la courbe périodique, majorée par la largeur de la bandelette. La période de la courbe périodique, mesurée dans le plan équatorial du pneumatique, est telle que la circonférence de la surface cylindrique de pose est le plus souvent un multiple entier de cette période ou de la demi-période correspondante. Les documents EP 2199108 et US 5730814 décrivent des relations entre la période de la courbe périodique et la circonférence de la surface cylindrique de pose de la bandelette.

- 10 **[0012]** Dans le cas d'un pneumatique pour avion, l'angle formé par la tangente à la courbe périodique, dans le plan équatorial, c'est-à-dire au point où la courbe périodique coupe le plan équatorial, ne peut prendre qu'un nombre limité de valeurs, pour une amplitude donnée de la courbe périodique, c'est-à-dire pour une largeur axiale donnée du binappe de travail. A titre d'exemples et de façon non exhaustive,
- 15 pour un pneumatique pour avion de dimension 1400X530 R 23 ayant un binappe de travail de largeur axiale d'environ 350 mm et posé sur une surface cylindrique de pose de rayon égal à 650 mm, une période égale à la circonférence de la surface cylindrique de pose permet d'obtenir un angle de l'ordre de 10°, une période égale à la demi-circonférence de la surface cylindrique de pose permet d'obtenir un angle de l'ordre de
- 20 20° et une période égale au tiers de la circonférence de la surface cylindrique de pose permet d'obtenir un angle de l'ordre de 30°. Cet angle, qui est également l'angle formé par les renforts textiles de la bandelette avec la direction circonférentielle, dans le plan équatorial du pneumatique, est un paramètre de conception important qui conditionne les diverses rigidités mécaniques du binappe de travail et donc celles de l'armature de
- 25 travail, ce qui impacte en particulier la rigidité de dérive du pneumatique. Par définition, la rigidité de dérive du pneumatique est égale au couple à appliquer selon la direction radiale du pneumatique, pour entraîner en rotation le pneumatique, selon un angle de rotation de 1° autour de la direction radiale. Par conséquent, un nombre restreint de valeurs d'angles, atteignables par les nombres de période couramment
- 30 utilisés, limite les possibilités d'optimisation des rigidités mécaniques de l'armature de travail.

- 5 -

[0013] Les inventeurs se sont donnés pour objectif d'augmenter le nombre de valeurs possible de l'angle formé, avec la direction circonférentielle du pneumatique, par les renforts textiles de la bandelette enroulée en zigzag, constitutive d'un binappe de travail de l'armature de travail d'un pneumatique pour avion, afin de pouvoir optimiser les rigidités mécaniques de l'armature de travail.

[0014] Cet objectif a été atteint, selon l'invention, par un pneumatique pour avion, comprenant :

- une armature de travail radialement intérieure à une bande de roulement et radialement extérieure à une armature de carcasse,
- l'armature de travail comprenant au moins un binappe de travail constitué de deux couches de travail radialement superposées,
- le binappe de travail étant constitué par l'enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette de largeur W, sur une surface cylindrique de pose de rayon R, ayant pour axe de révolution l'axe de rotation du pneumatique, selon une courbe périodique,
- la courbe périodique ayant une période P et formant un angle A, avec la direction circonférentielle du pneumatique, dans le plan équatorial du pneumatique,
- l'enroulement circonférentiel en zigzag de la bandelette comprenant N périodes P de la courbe périodique sur un nombre T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose,
- le nombre N de périodes P de la courbe périodique étant un nombre entier qui vérifie les conditions suivantes:
 - (a) $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$,
 - (b) $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, où T est un nombre entier,
 - (c) $N \cdot T$ est le plus petit commun multiple à N et T,
- et le rapport T/N entre le nombre entier T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose et le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique, nécessaires à la constitution du binappe de travail, étant au moins égal à 1.8 et au plus égal à 2.2.

[0015] Chacune des deux couches de travail, composant le binappe de travail, est constituée par la juxtaposition de N portions de bandelette, la bandelette ayant une largeur W et formant un angle A avec la direction circonférentielle du pneumatique, où

N est le nombre de périodes P de la courbe périodique, c'est-à-dire le nombre de fois que l'on doit répéter la trajectoire de pose de la bandelette pour réaliser le binappe de travail. Par conséquent, la longueur circonférentielle développée d'une couche de travail est égale à $N \cdot (W/\sin A)$, où $W/\sin A$ est la largeur de la bandelette projetée sur la direction circonférentielle. La première condition $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$ traduit le fait que la longueur circonférentielle développée d'une couche de travail est strictement égale à la circonférence $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose de rayon R, c'est-à-dire que la juxtaposition de portions de bandelette est réalisée de manière uniforme. Par juxtaposition uniforme de portions de bandelette, on entend une juxtaposition sans discontinuité ou trou entre deux portions de bandelette adjacentes, ou sans recouvrement de deux portions de bandelette adjacentes.

[0016] La longueur totale de bandelette, projetée sur la direction circonférentielle, nécessaire à la réalisation du binappe de travail, est égale à $N \cdot P$, où N est le nombre entier de périodes P de la courbe périodique et où P est la période de la courbe périodique. La deuxième condition $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, où T est un nombre entier, exprime le fait que la longueur totale projetée de bandelette est égale à un multiple entier T de la circonférence $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose de rayon R. T représente le nombre de tours d'enroulement de la bandelette sur la surface cylindrique de pose de rayon R, nécessaire à la réalisation du binappe de travail. Le fait que T soit un nombre entier permet de garantir une résistance mécanique du binappe de travail uniforme selon la direction circonférentielle. En effet, si T n'est pas un nombre entier, le binappe de travail comprend alors, en zone courante axialement intérieure à ses extrémités axiales, des zones constituées de deux couches de travail radialement superposées et des zones constituées de plus de deux couches de travail radialement superposées, donc des zones avec des résistances mécaniques différenciées, d'où une résistance mécanique non uniforme du binappe de travail.

[0017] La troisième condition « $N \cdot T$ est le plus petit commun multiple à N et T » traduit le fait que, pour réaliser un binappe de travail d'épaisseur uniforme, il est nécessaire d'avoir une relation arithmétique particulière entre le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique et le nombre entier T de tours d'enroulement de la bandelette sur la surface cylindrique de pose. Si cette condition n'est pas respectée, le

binappe de travail comprend alors des zones comprenant des trous, dus à l'absence de bandelette, et des zones comprenant des surépaisseurs, générées par des croisements et donc des superpositions de portions de bandelette.

5 [0018] La combinaison des trois conditions permet de réaliser un binappe de travail, par enroulement en zigzag d'une bandelette formant, avec la direction circonférentielle, un angle A donné, c'est à-dire de maîtriser les rigidités mécaniques du binappe de travail, dans un but d'optimisation des performances du pneumatique, telles que l'endurance ou l'usure.

10 [0019] Selon l'invention, le rapport T/N entre le nombre entier T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose et le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique, nécessaires à la constitution du binappe de travail, est au moins égal à 1.8 et au plus égal à 2.2. Avec un enroulement circonférentiel en spires usuel, l'angle A, formée avec la direction circonférentielle par la bandelette, est proche de 0° . Avec un enroulement circonférentiel en zigzag usuel, dans lequel la
15 période P de la courbe périodique est égale à la circonférence $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose, c'est-à-dire dans lequel le ratio T/N est égale à 1, l'angle A est proche de 10° . Un enroulement circonférentiel en zigzag, avec un ratio T/N proche de 2, permet d'obtenir un angle A égal à environ 5° , qui entraîne une faible rigidité de dérive du pneumatique souvent visée pour un pneumatique d'avion.

20 [0020] Il est également avantageux que la largeur W de la bandelette soit au moins égale à 2 mm, de préférence au moins égale à 6 mm. Une valeur minimale de largeur de bandelette est nécessaire à la fois pour la faisabilité technologique de la bandelette et pour une productivité minimale de l'étape de pose de la bandelette.

25 [0021] Il est encore avantageux que la largeur W de la bandelette soit au plus égale à 20 mm, de préférence au plus égale à 14 mm. Une valeur maximale de largeur de bandelette permet de réduire le nombre de tours d'enroulement de la bandelette sur la surface cylindrique de pose, nécessaire à la réalisation du binappe de travail, d'où une réduction du temps nécessaire à la réalisation du binappe de travail et donc un gain de productivité.

[0022] La bandelette comprend généralement des renforts constitués d'un matériau textile, de préférence d'un polyamide aliphatique. En effet, les renforts textiles, en particulier en polyamide aliphatique tel que le nylon, ont une masse relativement faible par rapport à des renforts métalliques, ce qui permet un gain significatif sur la masse du pneumatique et donc sur la charge utile de l'avion.

[0023] Alternativement, la bandelette comprend des renforts constitués d'un polyamide aromatique. Les renforts en polyamide aromatique, tel que l'aramide, permettent en effet d'obtenir un bon compromis entre la résistance mécanique et la masse.

[0024] Selon un autre mode de réalisation, la bandelette comprend des renforts constitués d'une combinaison d'un polyamide aliphatique et d'un polyamide aromatique. De tels renforts sont usuellement appelés renforts hybrides et présentent à la fois les avantages techniques du nylon et ceux de l'aramide : résistance mécanique, déformabilité en traction et masse faible.

[0025] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un pneumatique pour avion, comprenant une étape de fabrication d'une armature de travail dans laquelle le binappe de travail est obtenu par l'enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette de largeur W, sur une surface cylindrique de pose de rayon R, ayant pour axe de révolution l'axe de rotation du pneumatique, selon une courbe périodique, la courbe périodique ayant une période P et formant un angle A, avec la direction circonférentielle du pneumatique, dans le plan équatorial du pneumatique, l'enroulement circonférentiel en zigzag de la bandelette comprenant N périodes P de la courbe périodique sur un nombre T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose, le nombre N de périodes P de la courbe périodique étant un nombre entier qui vérifie les conditions suivantes:

(a) $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$,

(b) $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, où T est un nombre entier,

(c) $N \cdot T$ est le plus petit commun multiple à N et T,

et le rapport T/N entre le nombre entier T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose et le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique,

nécessaires à la constitution du binappe de travail, étant au moins égal à 1.8 et au plus égal à 2.2.

[0026] Les caractéristiques et autres avantages de l'invention seront mieux compris à l'aide des figures suivantes, non représentées à l'échelle :

5 -Figure 1 : demi-vue en coupe d'un pneumatique pour avion selon l'invention, dans un plan radial (YZ) passant par l'axe de rotation (YY') du pneumatique.

-Figure 2 : vue en perspective d'une bandelette, constitutive d'un binappe de travail d'un pneumatique selon l'invention, enroulée circonférentiellement en zigzag, selon une courbe périodique, sur une surface cylindrique de pose.

10 -Figure 3 : vue développée d'une bandelette, constitutive d'un binappe de travail d'un pneumatique selon l'invention, enroulée circonférentiellement en zigzag, selon une courbe périodique, après la pose d'une période.

-Figures 4A à 4D : vues développées d'une bandelette, constitutive d'un binappe de travail d'un pneumatique selon l'invention, enroulée circonférentiellement en zigzag, selon une courbe périodique, à différentes étapes de la pose : après la pose de N=1 période (figure 4A), de N=4 périodes (figure 4B), de N=8 périodes (figure 4C) et de N=16 périodes (figure 4D).

[0027] La figure 1 représente une demi-vue en coupe, dans un plan radial (YZ) passant par l'axe de rotation (YY') du pneumatique, d'un pneumatique 1 pour avion
20 comprenant une armature de travail 2 radialement intérieure à une bande de roulement 3 et radialement extérieure à une armature de carcasse 4. L'armature de travail 2 comprend un binappe de travail 21, constitué au moins en partie de deux couches de travail (211, 212) radialement superposées, et obtenu par l'enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette de largeur W, sur une surface cylindrique de pose de rayon
25 R, ayant pour axe de révolution l'axe de rotation (YY') du pneumatique. Dans un plan radial (YZ), chaque couche de travail (211, 212) est constituée par une juxtaposition axiale de portions de bandelette 5 de largeur $W/\cos A$, où W est la largeur (non représentée) de la bandelette 5, mesurée perpendiculairement à la ligne moyenne de la bandelette 5, et A est l'angle (non représenté) formé par la ligne moyenne de la
30 bandelette 5, avec la direction circonférentielle (XX'), dans le plan équatorial (XZ).

[0028] La figure 2 est une vue en perspective d'une bandelette 5, constitutive d'un binappe de travail d'un pneumatique selon l'invention, enroulée circonférentiellement en zigzag, selon une courbe périodique 7, sur une surface cylindrique de pose 6, de révolution autour de l'axe de rotation (YY') du pneumatique, ayant un rayon R.

5 [0029] La figure 3 est une vue développée d'une bandelette 5, constitutive d'un binappe de travail d'un pneumatique selon l'invention, enroulée circonférentiellement en zigzag, selon une courbe périodique 7, après la pose d'une période. La bandelette 5 est posée sur une surface cylindrique 6 de circonférence $2\pi R$, représentée sous forme développée. La ligne moyenne de la bandelette 5 suit une courbe périodique 7, formant
10 un angle A avec la direction circonférentielle (XX'). La courbe périodique 7 a une période P, égale à $2\pi R + B$, où B est la portion de période P au-delà de la circonférence $2\pi R$, et une amplitude C, qui, majorée par deux demi-largeurs $W/2$ de la bandelette 5, c'est-à-dire par la largeur W de la bandelette 5, définit la largeur $L = C + W$ du binappe de travail. La largeur de la bandelette 5, projetée sur la direction circonférentielle
15 (XX'), est par conséquent égale à $W/\sin A$.

[0030] Les figures 4A à 4D représentent des vues développées d'une bandelette, constitutive d'un binappe de travail d'un pneumatique selon l'invention, enroulée circonférentiellement en zigzag, selon une courbe périodique, à différentes étapes de la pose, respectivement après la pose de N=1 période (figure 4A), de N=4 périodes
20 (figure 4B), de N=8 périodes (figure 4C) et de N=16 périodes (figure 4D). L'exemple représenté correspond à la réalisation d'un binappe de travail par un enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette, l'enroulement comprenant N=16 périodes P de la courbe périodique sur un nombre $T=21$ circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose de rayon R. La figure 4D représente la vue développée du binappe
25 de travail complètement réalisé, présentant un aspect uniforme sans trou.

[0031] Les inventeurs ont réalisé l'invention pour un pneumatique pour avion de dimension 1400X530 R 23 dont l'armature de travail comprend 3 binappes superposés, respectivement radialement intérieur, intermédiaire et radialement extérieur, dont les caractéristiques de géométrie et de pose sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous:

- 11 -

Binappe de travail	Binappe radialement intérieur	Binappe intermédiaire	Binappe radialement extérieur
Largeur axiale L (mm)	370 mm	347.3 mm	321.5 mm
Largeur bandelette W (mm)	11.4 mm	11.4 mm	11.4 mm
Angle A (°)	5.1°	4.8°	4.5°
Période P (mm)	8283 mm	8330 mm	8378 mm
Rayon de pose R (mm)	649 mm	652 mm	655 mm
Circonférence de pose $2\pi R$ (mm)	4076 mm	4095 mm	4113 mm
Nombre de périodes N	32	30	28
Nombre de tours d'enroulement T	65	61	57
Rapport T/N	2.03	2.03	2.03

Tableau 1

[0032] Dans le pneumatique étudié, les inventeurs, visant à obtenir trois binappes de travail, radialement superposés de l'intérieur vers l'extérieur, ayant des largeurs axiales respectives sensiblement égales à 370 mm, 350 mm et 320 mm, et comprenant des renforts textiles hybrides formant un angle d'environ 5° avec la direction circonférentielle, ont réalisé lesdits binappes de travail par un enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette de largeur 11.4 mm, dans lequel le rapport entre le nombre T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose, ou nombre de tours d'enroulement, et le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique, nécessaires à la constitution de chaque binappe de travail, est égal à 2.03, donc compris entre 1.8 et 2.2. Les binappes de travail ainsi obtenus satisfont le critère d'épaisseur uniforme et donc de résistance mécanique uniforme.

[0033] Cette invention n'est pas limitée au domaine technique du pneumatique pour avion, mais est également applicable à tout pneumatique comprenant une

- 12 -

armature de sommet avec au moins un binappe obtenu par un enroulement en zigzag d'une bandelette, tel que, par exemple et de façon non exhaustive, un pneumatique pour métro. Elle est également applicable à une armature de protection lorsque celle-ci comprend un binappe obtenu par un enroulement en zigzag d'une bandelette.

REVENDICATIONS

1 – Pneumatique (1) pour avion comprenant:

- une armature de travail (2) radialement intérieure à une bande de roulement (3) et
5 radialement extérieure à une armature de carcasse (4),
 - l'armature de travail (2) comprenant au moins un binappe de travail (21) constitué de deux couches de travail (211, 212) radialement superposées,
 - le binappe de travail (21) étant constitué par l'enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette (5) de largeur W, sur une surface cylindrique de pose (6) de rayon R,
10 ayant pour axe de révolution l'axe de rotation (YY') du pneumatique, selon une courbe périodique (7),
 - la courbe périodique (7) ayant une période P et formant un angle A, avec la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, dans le plan équatorial (XZ) du pneumatique,
 - l'enroulement circonférentiel en zigzag de la bandelette (5) comprenant N périodes P de
15 la courbe périodique (7) sur un nombre T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose (6),
- caractérisé en ce que** le nombre N de périodes P de la courbe périodique (7) est un nombre entier qui vérifie les conditions suivantes:

- (a) $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$,
- 20 (b) $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, où T est un nombre entier,
- (c) $N \cdot T$ est le plus petit commun multiple à N et T,

et en ce que le rapport T/N entre le nombre entier T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose (6) et le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique (7), nécessaires à la constitution du binappe de travail (21), est au moins égal à 1.8 et au plus
25 égal à 2.2.

2 – Pneumatique (1) pour avion selon la revendication 1, **dans lequel** la largeur W de la bandelette (5) est au moins égale à 2 mm, de préférence au moins égale à 6 mm.

3 – Pneumatique (1) pour avion selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **dans lequel** la largeur W de la bandelette (5) est au plus égale à 20 mm, de préférence au plus
30 égale à 14 mm.

- 14 -

4 – Pneumatique (1) pour avion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, la bandelette (5) étant constituée de renforts enrobés dans un mélange élastomérique, **dans lequel** la bandelette (5) comprend des renforts constitués d'un matériau textile, de préférence d'un polyamide aliphatique.

5 5 – Pneumatique (1) pour avion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, la bandelette (5) étant constituée de renforts enrobés dans un mélange élastomérique, **dans lequel** la bandelette (5) comprend des renforts constitués d'un polyamide aromatique.

6 – Pneumatique (1) pour avion selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, la bandelette (5) étant constituée de renforts enrobés dans un mélange élastomérique, **dans lequel** la bandelette (5) comprend des renforts constitués d'une combinaison d'un polyamide aliphatique et d'un polyamide aromatique.

7 – Procédé de fabrication d'un pneumatique (1) pour avion selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant une étape de fabrication du binappe de travail (21), **dans laquelle** le binappe de travail (21) est obtenu par l'enroulement circonférentiel en zigzag d'une bandelette (5) de largeur W, sur une surface cylindrique de pose (6) de rayon R, ayant pour axe de révolution l'axe de rotation (YY') du pneumatique, selon une courbe périodique (7), la courbe périodique (7) ayant une période P et formant un angle A, avec la direction circonférentielle (XX') du pneumatique, dans le plan équatorial (XZ) du pneumatique, l'enroulement circonférentiel en zigzag de la bandelette (5) comprenant N périodes P de la courbe périodique (7) sur un nombre T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose (6), le nombre N de périodes P de la courbe périodique (7) étant un nombre entier qui vérifie les conditions suivantes:

(a) $N \cdot (W/\sin A) = 2\pi R$,

(b) $N \cdot P = 2\pi R \cdot T$, où T est un nombre entier,

25 (c) $N \cdot T$ est le plus petit commun multiple à N et T,

et le rapport T/N entre le nombre entier T de circonférences $2\pi R$ de la surface cylindrique de pose (6) et le nombre entier N de périodes P de la courbe périodique (7), nécessaires à la constitution du binappe de travail (21), étant au moins égal à 1.8 et au plus égal à 2.2.

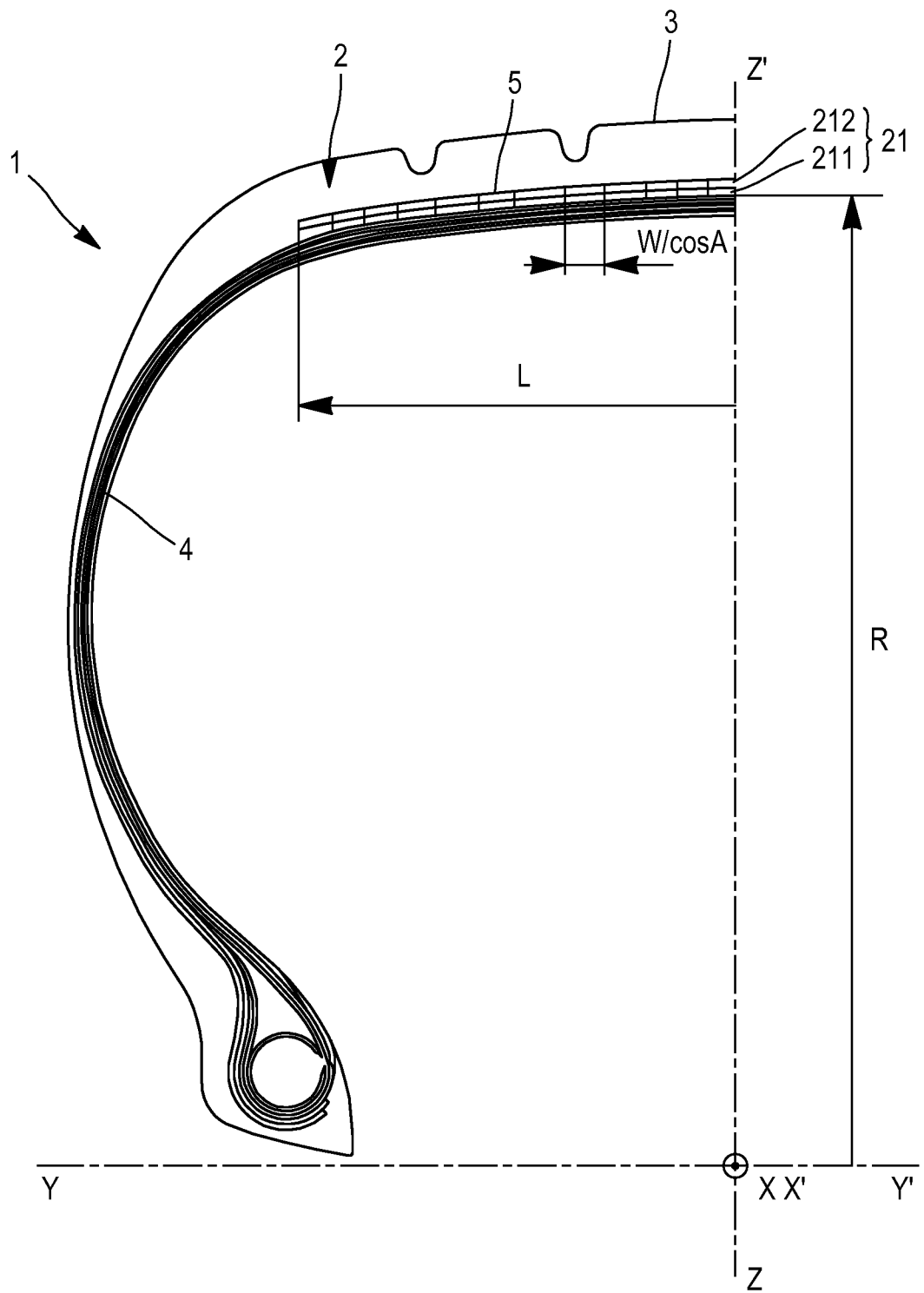


FIG. 1

2 / 4

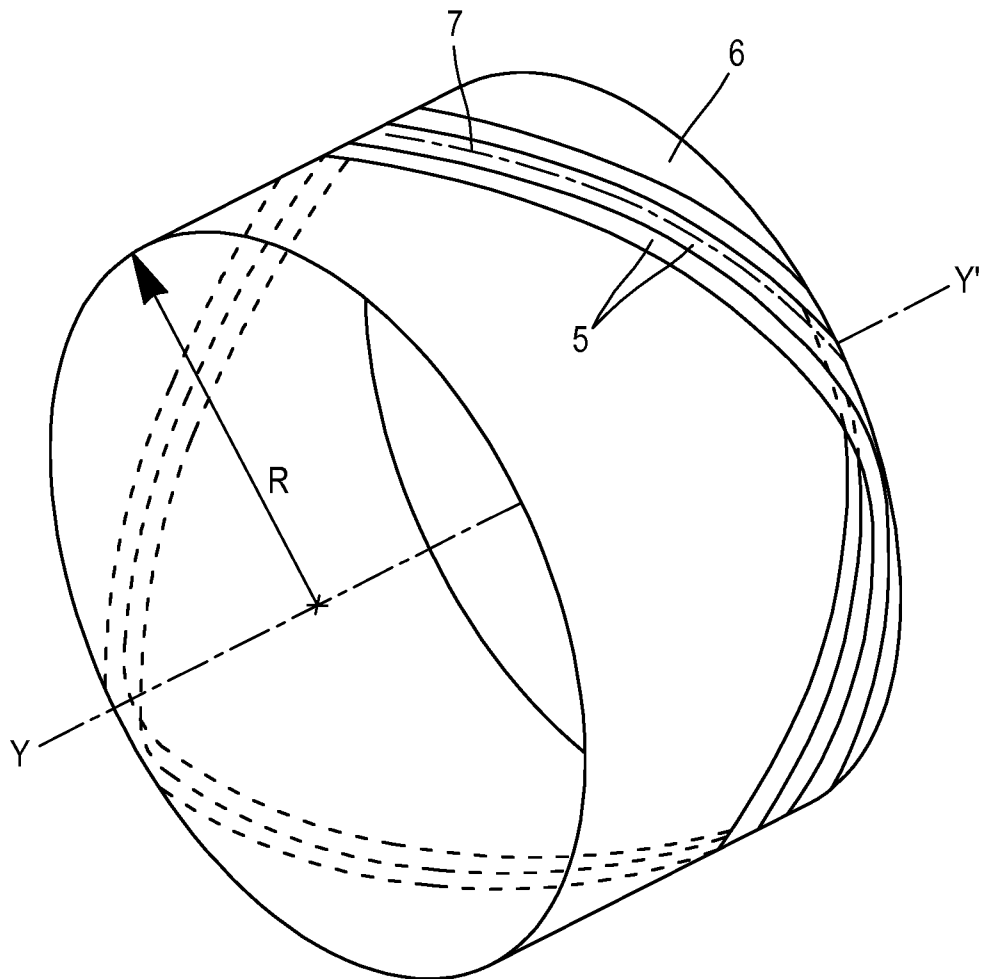


FIG. 2

3 / 4

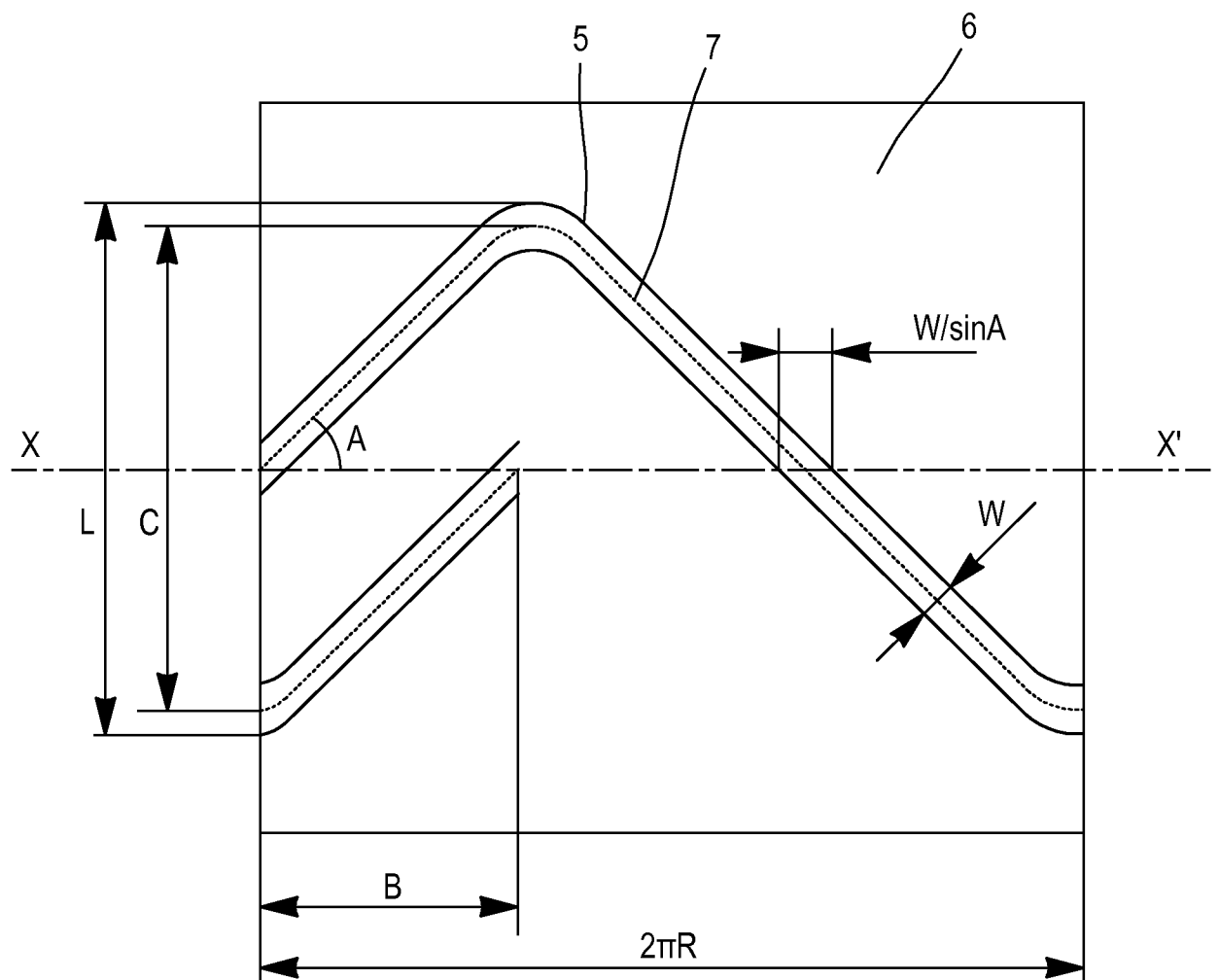


FIG. 3

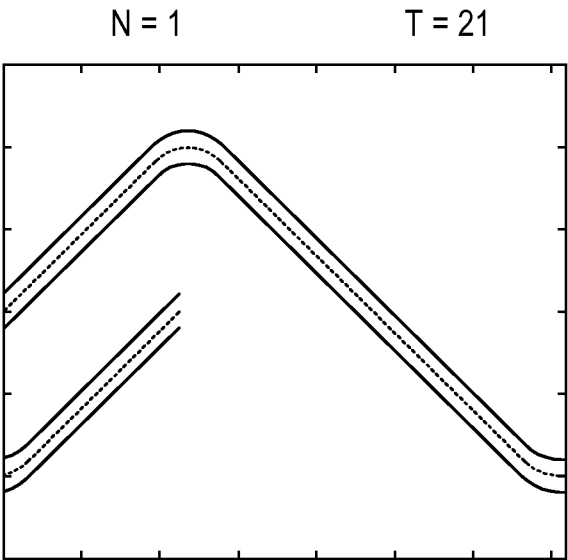


FIG. 4A

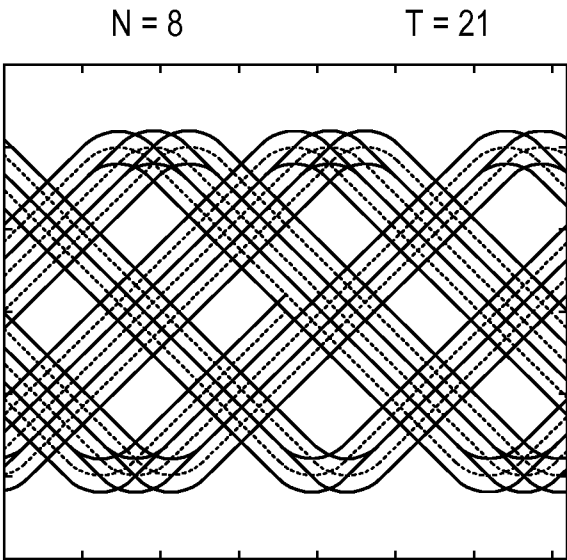


FIG. 4C

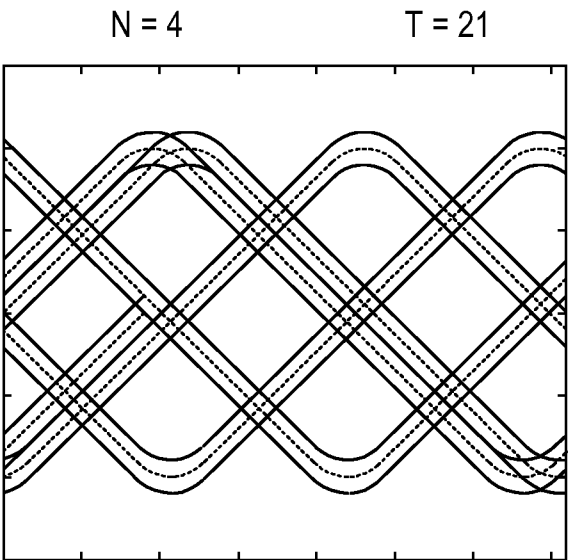


FIG. 4B

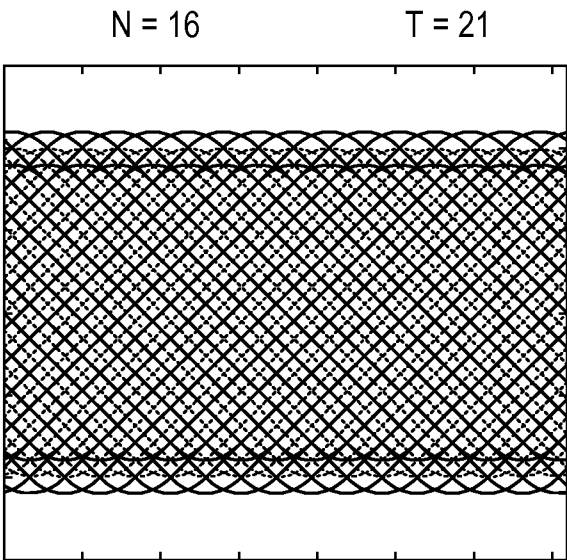


FIG. 4D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/053690

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B29D30/30 B29D30/70 B60C9/26
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 B29D

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 1 268 334 A (PIRELLI) 28 July 1961 (1961-07-28) pages 1-5; figures 1-3 -----	1-7
A	EP 2 199 105 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 23 June 2010 (2010-06-23) paragraph [0050]; claim 7; figures 5a-5d -----	1-7
A	JP H11 180110 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 6 July 1999 (1999-07-06) paragraphs [0021], [0022]; figure 3 -----	1-7
A	JP 2000 280710 A (TOYO TIRE & RUBBER CO) 10 October 2000 (2000-10-10) paragraphs [0010] - [0015]; figures 1,2 ----- -/-	1,7



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

5 May 2015

Date of mailing of the international search report

19/05/2015

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

Brito, Fernando

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/053690

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000 198317 A (TOYO TIRE & RUBBER CO) 18 July 2000 (2000-07-18) paragraphs [0015], [0016], [0026]; figure 4 -----	1,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/053690

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 1268334	A	28-07-1961	NONE

EP 2199105	A1	23-06-2010	BR PI0904894 A2 15-03-2011
		CN 101746066 A	23-06-2010
		EP 2199105 A1	23-06-2010
		US 2010154974 A1	24-06-2010
		ZA 200909065 A	29-09-2010

JP H11180110	A	06-07-1999	NONE

JP 2000280710	A	10-10-2000	NONE

JP 2000198317	A	18-07-2000	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/053690

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29D30/30 B29D30/70 B60C9/26 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 B29D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 1 268 334 A (PIRELLI) 28 juillet 1961 (1961-07-28) pages 1-5; figures 1-3 -----	1-7
A	EP 2 199 105 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 23 juin 2010 (2010-06-23) alinéa [0050]; revendication 7; figures 5a-5d -----	1-7
A	JP H11 180110 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 6 juillet 1999 (1999-07-06) alinéas [0021], [0022]; figure 3 -----	1-7
A	JP 2000 280710 A (TOYO TIRE & RUBBER CO) 10 octobre 2000 (2000-10-10) alinéas [0010] - [0015]; figures 1,2 ----- -/-	1,7
☒ 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 5 mai 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 19/05/2015
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 Brito, Fernando

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 2000 198317 A (TOYO TIRE & RUBBER CO) 18 juillet 2000 (2000-07-18) alinéas [0015], [0016], [0026]; figure 4 -----	1,7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2015/053690

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 1268334	A	28-07-1961	AUCUN	

EP 2199105	A1	23-06-2010	BR PI0904894 A2	15-03-2011
			CN 101746066 A	23-06-2010
			EP 2199105 A1	23-06-2010
			US 2010154974 A1	24-06-2010
			ZA 200909065 A	29-09-2010

JP H11180110	A	06-07-1999	AUCUN	

JP 2000280710	A	10-10-2000	AUCUN	

JP 2000198317	A	18-07-2000	AUCUN	
