

(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
18 juin 2020 (18.06.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/120870 A2

(51) Classification internationale des brevets :
B60C 9/18 (2006.01) *B60C 9/20* (2006.01)
B60C 19/12 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/052875

(22) Date de dépôt international :
02 décembre 2019 (02.12.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1872732 12 décembre 2018 (12.12.2018) FR
1901035 04 février 2019 (04.02.2019) FR

(71) Déposant : **COMPAGNIE GENERALE DES ÉTABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR] ; 23 Place des Carmes-Déchaux, 63000 CLERMONT-FERRAND (FR).

(72) Inventeur : **BARBARIN, François** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, CBS/CORP/J/PI - F35_Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR).

(74) Mandataire : **MILLANVOIS, Patrick** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN -, See CBS/CORP/J/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, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

(54) Title: TYRE FOR A CONSTRUCTION PLANT VEHICLE, COMPRISING A PROTECTIVE REINFORCEMENT WITH TWO-DIMENSIONAL BLOCKING

(54) Titre : PNEUMATIQUE POUR VEHICULE DE GENIE CIVIL COMPRENANT UNE ARMATURE DE PROTECTION A PAVAGE BIDIMENSIONNEL

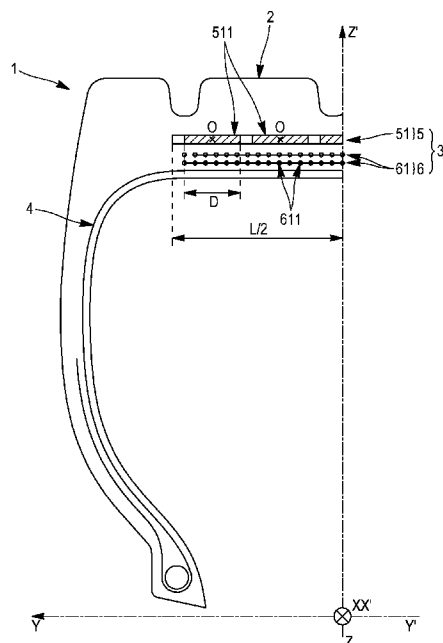


FIG. 1

(57) Abstract: The subject of the present invention is a tyre, intended to be fitted to a construction plant vehicle, and the invention relates more particularly to the protective reinforcement of said tyre. In order to increase the resistance to attack of its protective reinforcement, when running over sharp stones, the reinforcers of each protective layer (51) are two-dimensional elements (511) each having an individual cross section S_e and each one separated from the next, each two-dimensional element (511) is inscribed inside a minimum disc having centre O and diameter D which is both at least equal to 0.1 times L, expressed in mm, and at least equal to 30 mm, and the centres O of the minimum discs circumscribed around the two-dimensional elements (511) are positioned at the vertices of identical regular polygons so that the two-dimensional elements constitute a regular blocked pattern.

(57) Abrégé : La présente invention a pour objet un pneumatique, destiné à équiper un véhicule de génie civil, et concerne plus particulièrement son armature de protection. Pour augmenter la résistance aux agressions de son armature de protection, lors d'un roulage sur des pierres tranchantes, les renforts de chaque couche de protection (51) sont des éléments bidimensionnels (511) ayant chacun une section unitaire S_e et deux à deux séparés, chaque élément bidimensionnel (511) est inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D à la fois au moins égal à 0.1 fois L, exprimé en mm, et à 30 mm, et les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels (511) sont positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage régulier.

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès
réception de ce rapport (règle 48.2(g))*

**PNEUMATIQUE POUR VEHICULE DE GENIE CIVIL COMPRENANT UNE
ARMATURE DE PROTECTION A PAVAGE BIDIMENSIONNEL**

[0001] La présente invention a pour objet un pneumatique, destiné à équiper un véhicule de génie civil, et concerne plus particulièrement son armature de sommet, et
5 encore plus particulièrement son armature de protection.

[0002] Typiquement un pneumatique pour véhicule de génie civil, au sens de la norme de la European Tyre and Rim Technical Organisation ou ETRTO, est destiné à être monté sur une jante dont le diamètre est au moins égal à 25 pouces et peut atteindre 63
10 pouces. De plus un tel pneumatique est destiné à être soumis à de fortes charges et à rouler sur des sols agressifs.

[0003] De façon générale, un pneumatique ayant une géométrie de révolution par rapport à un axe de rotation, sa géométrie est généralement décrite dans un plan méridien contenant son axe de rotation. Pour un plan méridien donné, les directions radiale, axiale et circonférentielle désignent respectivement les directions
15 perpendiculaire à l'axe de rotation, parallèle à l'axe de rotation et perpendiculaire au plan méridien. Dans ce qui suit, les expressions «radialement intérieur», respectivement «radialement extérieur» signifient «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
20 pneumatique», le plan équatorial du pneumatique étant le plan passant par le milieu de la surface de roulement et perpendiculaire à l'axe de rotation.

[0004] Un pneumatique comprend une bande de roulement, destinée à venir en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement, dont les deux extrémités axiales sont reliées par l'intermédiaire de deux flancs à deux bourrelets assurant la
25 liaison mécanique entre le pneumatique et la jante sur laquelle il est destiné à être monté.

[0005] Un pneumatique radial comprend en outre une armature de renforcement, constituée d'une armature de sommet, radialement intérieure à la bande de roulement, et d'une armature de carcasse, radialement intérieure à l'armature de sommet.

[0006] L'armature de carcasse d'un pneumatique radial pour véhicule de génie civil comprend habituellement au moins une couche de carcasse comprenant des renforts généralement métalliques, enrobés par un matériau polymérique de type élastomère ou élastomérique, obtenu par mélangeage et appelé usuellement mélange d'enrobage. Une
5 couche de carcasse comprend une partie principale, reliant les deux bourrelets entre eux et s'enroulant généralement, dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique autour d'un élément de renforcement circonférentiel le plus souvent métallique appelé tringle, pour former un retournement. Les renforts métalliques d'une couche de carcasse sont sensiblement parallèles entre eux et forment, avec la direction
10 circonférentielle, un angle voisin de 90° , compris entre 85° et 95° .

[0007] L'armature de sommet d'un pneumatique radial pour véhicule de génie civil comprend une superposition de couches de sommet s'étendant circonférentiellement, radialement à l'extérieur de l'armature de carcasse. Chaque couche de sommet est constituée de renforts généralement métalliques, parallèles entre eux et enrobés par un
15 matériau polymérique de type élastomère ou mélange d'enrobage.

[0008] Parmi les couches de sommet, on distingue usuellement les couches de protection, constitutives de l'armature de protection et radialement les plus à l'extérieur, et les couches de travail, constitutives de l'armature de travail et radialement comprises entre l'armature de protection et l'armature de carcasse.

[0009] L'armature de protection, comprenant au moins une couche de protection, protège essentiellement les couches de travail des agressions mécaniques ou physico-chimiques, susceptibles de se propager à travers la bande de roulement radialement vers l'intérieur du pneumatique. L'armature de protection comprend souvent deux couches de protection, radialement superposées, formées de renforts métalliques élastiques,
25 parallèles entre eux dans chaque couche et croisés d'une couche à la suivante, en formant, avec la direction circonférentielle, des angles au moins égaux à 10° .

[0010] L'armature de travail, comprenant au moins deux couches de travail, a pour fonction de ceinturer le pneumatique et de lui conférer de la rigidité et de la tenue de route. Elle reprend à la fois des sollicitations mécaniques de gonflage, générées par la
30 pression de gonflage du pneumatique et transmises par l'armature de carcasse, et des sollicitations mécaniques de roulage, générées par le roulage du pneumatique sur un sol

et transmises par la bande de roulement. Elle doit en outre résister à l'oxydation et aux chocs et perforations, grâce à sa conception intrinsèque et à celle de l'armature de protection. L'armature de travail comprend usuellement deux couches de travail, radialement superposées, formées le plus souvent de renforts métalliques non extensibles, parallèles entre eux dans chaque couche et croisés d'une couche à la suivante, en formant, avec la direction circonférentielle, des angles au plus égaux à 60°, et, de préférence, au moins égaux à 15° et au plus égaux à 45°.

[0011] Les renforts métalliques constitutifs des diverses couches de carcasse ou de sommet sont des câbles métalliques constitués d'un assemblage de fils métalliques, le plus souvent en acier.

[0012] Lors du roulage du pneumatique sur des pierres plus ou moins tranchantes, présentes sur les pistes sur lesquelles circulent les véhicules de génie civil, la bande de roulement d'un pneumatique est fréquemment soumise à des coupures susceptibles de la traverser radialement vers l'intérieur jusqu'à l'armature de protection, qui fait obstacle à la propagation des fissures résultant des coupures jusqu'à l'armature de travail: l'armature de protection a ainsi un rôle de bouclier vis-à-vis des agressions mécaniques de l'armature de travail.

[0013] Les inventeurs se sont donné pour objectif, pour un pneumatique radial pour véhicule de génie civil, d'augmenter la résistance aux agressions de son armature de protection, et par conséquent celle de son armature de sommet, lors d'un roulage sur des pierres tranchantes.

[0014] Cet objectif a été atteint, selon l'invention, par un pneumatique pour véhicule de génie civil comprenant une armature de sommet, radialement intérieure à une bande de roulement et radialement extérieure à une armature de carcasse :

- l'armature de sommet comprenant, radialement de l'extérieur vers l'intérieur, une armature de protection et une armature de travail,
- l'armature de protection comprenant au moins une couche de protection comprenant des renforts enrobés dans un matériau élastomérique,
- la couche de protection ayant une largeur axiale L et une surface circonférentielle S,
- l'armature de travail comprenant au moins deux couches de travail comprenant chacune des renforts enrobés dans un matériau élastomérique,

- les renforts de chaque couche de protection étant des éléments bidimensionnels ayant chacun une surface unitaire S_e et deux à deux séparés,
- chaque élément bidimensionnel étant inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D à la fois au moins égal à 0.1 fois L, exprimé en mm, et à 30 mm
- 5 -et les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels étant positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage régulier.

[0015] Une couche de protection selon l'invention comprend des renforts bidimensionnels, le plus souvent mais pas nécessairement métalliques, répartis selon un pavage régulier, en remplacement des renforts unidimensionnels usuels, constitués généralement de câbles le plus souvent métalliques parallèles entre eux et formant, avec la direction circonférentielle du pneumatique, un angle donné. L'avantage d'un pavage régulier d'éléments bidimensionnels est de présenter des surfaces locales suffisantes opposant une résistance mécanique à la pénétration des pierres présentes sur le sol et de
15 permettre ainsi la répartition des efforts d'indentation résultants.

[0016] Par élément bidimensionnel, on entend un élément tridimensionnel présentant une plus petite dimension, appelée épaisseur E, très inférieure aux deux autres dimensions, typiquement au plus égale à 2% de chacune des deux autres dimensions. Les deux autres dimensions définissent la surface unitaire S_e de l'élément bidimensionnel.
20

[0017] Les éléments bidimensionnels sont deux à deux séparés, c'est-à-dire séparés les uns des autres par un matériau élastomérique d'enrobage, ce qui évite toute superposition entre eux et garantit un fonctionnement mécanique indépendant de chaque élément bidimensionnel et une reprise locale des efforts.

[0018] Encore selon l'invention chaque élément bidimensionnel est inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D à la fois au moins égal à 0.1 fois L, exprimé en mm, et à 30 mm, un disque minimal étant le plus petit disque contenant l'élément bidimensionnel. Autrement dit les inventeurs ont estimé que la surface du plus petit disque contenant l'élément bidimensionnel, qui est un majorant la surface unitaire
25 S_e de l'élément bidimensionnel, était une caractéristique technique pertinente vis-à-vis
30 de la géométrie de l'élément bidimensionnel, permettant une estimation par excès de la

surface unitaire S_e . Un diamètre de disque minimal au moins égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 10% de la largeur axiale L de la couche de protection et 30 mm, représentant la dimension moyenne des pierres susceptibles d'agresser la bande de roulement du pneumatique, a été considéré comme optimal par les inventeurs pour
5 assurer une protection locale suffisante.

[0019] Toujours selon l'invention les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels sont positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage régulier. Ce pavage régulier permet un fonctionnement mécanique homogène du
10 bouclier de protection. Par ailleurs, la forme des polygones réguliers est optimisée de façon à maximiser le nombre d'éléments bidimensionnels par unité de surface de la couche de protection, ou taux de recouvrement.

[0020] Préférentiellement la somme des surfaces élémentaires S_e des éléments bidimensionnels est au moins égale à 0.50 fois la surface circonférentielle S de la
15 couche de protection. En d'autres termes, le taux de recouvrement, défini comme le rapport entre la somme des surfaces élémentaires S_e des éléments bidimensionnels, c'est-à-dire la surface totale des renforts, et de la surface circonférentielle S de la couche de protection, c'est-à-dire de la surface développée de la couche de protection selon la direction circonférentielle, doit au moins être égal à 50% pour assurer l'effet
20 bouclier visé.

[0021] Avantageusement, chaque élément bidimensionnel est inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D au plus égal à 0.2 fois L , exprimé en mm. Au-delà de cette valeur, la couche de protection devient trop rigide à la fois vis-à-vis de la flexion méridienne du sommet du pneumatique, autour d'une direction
25 circonférentielle du pneumatique, et vis-à-vis de la flexion circonférentielle du sommet du pneumatique, autour d'une direction axiale du pneumatique. En d'autres termes les mises à plat méridienne et circonférentielle du sommet du pneumatique seraient pénalisées.

[0022] Chaque élément bidimensionnel a avantageusement une épaisseur E au moins
30 égale à 0.2 mm. En dessous de cette valeur, l'élément bidimensionnel est

insuffisamment rigide pour assurer sa fonction de barrière physique à la pénétration d'un indenteur.

[0023] Chaque élément bidimensionnel a encore avantageusement une épaisseur E au plus égale à 0.5 mm. Au-dessus de cette valeur, l'élément bidimensionnel est trop rigide, ce qui pénalise les rigidités de flexion méridienne et circonférentielle de l'armature de sommet.

[0024] Selon un mode de réalisation préféré, chaque élément bidimensionnel est un disque de centre O et de diamètre D. Dans ce cas, l'élément bidimensionnel est confondu avec le disque minimal dans lequel il est inscrit. L'avantage d'un contour circulaire permet d'éviter des points anguleux susceptibles de créer des contraintes locales pouvant entraîner une rupture des points anguleux ou une décohésion entre l'élément bidimensionnel et le matériau élastomérique d'enrobage, au niveau des points anguleux.

[0025] Préférentiellement le matériau constitutif de chaque élément bidimensionnel est un métal, de préférence un acier inox ou un acier à bas taux de carbone, c'est-à-dire avec un taux de carbone au plus égal à 0.2% de carbone en masse. Le métal, et en particulier l'acier, est un matériau couramment utilisé dans le domaine du pneumatique, et compatible avec un matériau élastomérique d'enrobage avec des revêtements adaptés bien connus dans l'état de la technique. L'acier inox et l'acier à bas taux de carbone ont été choisis préférentiellement en raison de leur résilience, c'est-à-dire de leur capacité à absorber des chocs.

[0026] Selon un mode de réalisation particulier, chaque élément bidimensionnel est percé de trous. La présence de trous, laissant passer le matériau élastomérique d'enrobage, permet un meilleur ancrage mécanique de l'élément bidimensionnel au matériau élastomérique d'enrobage.

[0027] Selon un premier mode de réalisation du pavage d'éléments bidimensionnels, les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels sont positionnés aux sommets de triangles équilatéraux identiques. Ce motif avec des triangles équilatéraux permet de minimiser la distance entre deux éléments bidimensionnels voisins et d'optimiser le taux de recouvrement de la couche de protection.

[0028] Selon un deuxième mode de réalisation du pavage d'éléments bidimensionnels, les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels sont positionnés aux sommets de carrés identiques. Ce motif avec des carrés permet également d'avoir une faible distance entre deux éléments bidimensionnels voisins et
5 d'optimiser le taux de recouvrement de la couche de protection.

[0029] Pour un pneumatique selon l'invention, comprenant une première et une deuxième couches de protection radialement superposées, les centres des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels de la deuxième couche de protection sont avantageusement décalés axialement et circonférentiellement par rapport
10 à ceux de la première couche de protection. Un décalage entre les centres de ces disques, supposés de même dimension entre les première et deuxième couches de protection, permet d'avoir une superposition partielle entre les éléments bidimensionnels respectifs de chaque couche et donc de constituer un bouclier de protection quasi continue et d'apporter davantage de résistance mécanique.

15 [0030] Le plus souvent les renforts métalliques des couches de travail sont des câbles parallèles entre eux.

[0031] Les caractéristiques de l'invention sont illustrées par les figures 1 à 6 schématiques et non représentées à l'échelle:

–Figure 1 : Coupe méridienne d'un pneumatique pour véhicule de génie civil selon
20 l'invention.

–Figure 2 : Vue en perspective d'une couche de protection à éléments bidimensionnels.

–Figure 3 : Vue de dessus d'une couche de protection à éléments bidimensionnels.

–Figure 4 : Élément bidimensionnel de forme disque.

–Figure 5 : Élément bidimensionnel de forme disque avec des trous.

25 –Figure 6 : Superposition de deux couches de protection avec décalage de leurs éléments bidimensionnels respectifs.

[0032] La figure 1 est une coupe méridienne d'un pneumatique 1 pour véhicule de génie civil selon l'invention. Le pneumatique 1 comprend une armature de sommet 3, radialement intérieure à une bande de roulement 2 et radialement extérieure à une
30 armature de carcasse 4. L'armature de sommet 3 comprend radialement de l'extérieur vers l'intérieur, une armature de protection 5 et une armature de travail 6. Dans le mode

de réalisation particulier de l'invention représenté, l'armature de protection 5 comprend une couche de protection 51 comprenant des renforts 511 enrobés dans un matériau élastomérique, la couche de protection 51 ayant une largeur axiale L et une surface circonférentielle S (non représentée). L'armature de travail 6 comprend deux couches de travail 61 comprenant chacune des renforts 611 de type câbles métalliques enrobés dans un matériau élastomérique. Selon l'invention, les renforts de chaque couche de protection 51 sont des éléments bidimensionnels 511 ayant chacun une section unitaire S_e et deux à deux séparés, chaque élément bidimensionnel 511 est inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D à la fois au moins égal à 0.1 fois L, exprimé en mm, et à 30 mm et les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels 511 sont positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage régulier.

[0033] La figure 2 est une vue en perspective d'une couche de protection 51 à éléments bidimensionnels 511, ayant la forme d'un disque ayant un centre O et un diamètre D. Les centres O des éléments bidimensionnels 511 en forme de disque sont positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage régulier. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2, le pavage régulier est constitué de triangles équilatéraux identiques.

[0034] La figure 3 est une vue de dessus d'une couche de protection 51 à éléments bidimensionnels 511, ayant la forme d'un disque ayant un centre O et un diamètre D. Les centres O des éléments bidimensionnels 511 en forme de disque sont positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage régulier. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 3, le pavage régulier est constitué de triangles équilatéraux identiques.

[0035] La figure 4 représente un mode de réalisation préféré d'élément bidimensionnel de forme disque ayant un centre O et un diamètre D. L'épaisseur E de l'élément bidimensionnel est petite par rapport au diamètre D, typiquement au plus égale à 2% de D. Préférentiellement, chaque élément bidimensionnel 511 a une épaisseur E au moins égale à 0.2 mm et au plus égale à 0.5 mm, pour garantir une rigidité optimale de l'élément bidimensionnel permettant d'assurer sa fonction de barrière physique à un

indenteur sans pénaliser les rigidités de flexion méridienne et circonférentielle de l'armature de sommet.

[0036] La figure 5 représente une variante du mode de réalisation préféré d'élément bidimensionnel de forme disque ayant un centre O et un diamètre D, présenté à la figure 4, avec des trous 512. La présence de trous 512, laissant passer le matériau élastomérique d'enrobage, permet un meilleur ancrage mécanique de l'élément bidimensionnel 511 avec le matériau élastomérique d'enrobage.

[0037] La figure 6 est une vue de dessus d'une armature de protection 5 constituée par une première et d'une deuxième couches de protection 51 radialement superposées, dans laquelle les centres des éléments bidimensionnels 511 en forme de disque de la deuxième couche de protection 51 (en traits pleins) sont décalés axialement et circonférentiellement par rapport à ceux de la première couche de protection 51 (en traits pointillés). Ce décalage entre les centres de ces disques de même diamètre D permet d'avoir une superposition partielle entre les éléments bidimensionnels respectifs de chaque couche et donc de constituer un bouclier de protection quasi continu et d'apporter davantage de résistance mécanique.

[0038] L'invention a été plus particulièrement étudiée pour un pneumatique de dimension 24.00R35. L'armature de sommet d'un tel pneumatique comprend, radialement de l'extérieur vers l'intérieur, une armature de protection et une armature de travail. L'armature de travail comprend deux couches de travail comprenant des renforts de type câbles métalliques de structure $(3+9+14)*0.30$ FR, constitués par 26 fils en acier ayant un diamètre de 0.30 mm et frettés. Ces câbles métalliques, parallèles entre eux, forment, avec la direction circonférentielle, un angle égal à 19° pour une couche de travail et égal à 34° pour l'autre couche de travail, et sont croisés d'une couche de travail à la suivante. Deux variantes d'armature de protection ont été étudiées. Une première variante d'armature de protection comprend trois couches de protection radialement superposées. Chaque couche de protection a une largeur axiale L égale à 400 mm et comprend des éléments bidimensionnels en forme de disque ayant une épaisseur E égale à 0.4 mm et un diamètre D égal à 70 mm. Les centres O des éléments bidimensionnels en forme de disque étant positionnés aux sommets de triangles équilatéraux, ayant une longueur de côté égale à 76 mm, de façon à constituer un

pavage régulier. Le taux de recouvrement d'une couche de protection, égal au rapport entre la somme des surfaces unitaires S_e des éléments bidimensionnels et la surface circonférentielle S de la couche de protection, est égal à 60%. Par ailleurs chaque élément bidimensionnel en forme de disque est percé de sept trous. Deux types de

5 matériaux constitutifs des éléments bidimensionnels ont été testés : un acier inox et un acier à bas taux de carbone. La deuxième variante d'armature de protection se distingue de la première variante par la superposition radiale de quatre couches de protection comprenant des éléments bidimensionnels en forme de disque ayant une épaisseur E égale à 0.3 mm et un diamètre D égal à 70 mm.

- 10 **[0039]** L'efficacité d'une armature de protection selon l'invention, en termes de bouclier mécanique vis-à-vis des obstacles, a été quantifiée par des tests de perforation du pneumatique, par roulage sur des obstacles normalisés. Ces obstacles normalisés sont des polars à tête hémisphérique, ayant un diamètre et une hauteur variables. Typiquement, le diamètre d'un polar varie entre 0.5 pouces et 3 pouces, pour une
- 15 hauteur comprise entre 25 mm à 500 mm. Le pneumatique à tester est monté sur la jante d'un véhicule de type Dumper et gonflé à une pression recommandée. Plusieurs passages successifs sur un polar ayant un diamètre donné sont réalisés avec une augmentation progressive de la hauteur du polar. Le test s'achève quand on finit par rouler sur un polar suffisamment haut pour perforer le sommet du pneumatique testé.
- 20 Pendant le test, un dispositif permet de mesurer les efforts maximaux générés au centre de la roue. A l'issue du test, les efforts mesurés au centre de la roue sont représentés en fonction de la hauteur du polar. On appelle rigidité d'indentation le rapport entre la variation de l'effort vertical mesuré au centre de la roue et la variation de hauteur du polar, entre l'état initial et la perforation du pneumatique. Ce test a été réalisé pour un
- 25 pneumatique selon l'invention et un pneumatique de référence de l'état de la technique. Pour des armatures de protection ayant des masses de renforts métalliques sensiblement égales, un gain de 30% en perforation, correspondant à une augmentation de 30% de la hauteur de polar nécessaire à la perforation, a été mesuré pour un pneumatique selon l'invention par rapport au pneumatique de référence.

REVENDICATIONS

- 1 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil comprenant une armature de sommet (3), radialement intérieure à une bande de roulement (2) et radialement extérieure à une armature de carcasse (4),
- 5 -l'armature de sommet (3) comprenant, radialement de l'extérieur vers l'intérieur, une armature de protection (5) et une armature de travail (6),
- l'armature de protection (5) comprenant au moins une couche de protection (51) comprenant des renforts (511) enrobés dans un matériau élastomérique,
- la couche de protection (51) ayant une largeur axiale L et une surface circonférentielle
- 10 S,
- l'armature de travail (6) comprenant au moins deux couches de travail (61) comprenant chacune des renforts (611) enrobés dans un matériau élastomérique,
- caractérisé en ce que** les renforts de chaque couche de protection (51) sont des éléments bidimensionnels (511) ayant chacun une section unitaire S_e et deux à deux
- 15 séparés, **en ce que** chaque élément bidimensionnel (511) est inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D à la fois au moins égal à 0.1 fois L, exprimé en mm, et à 30 mm **et en ce que** les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels (511) sont positionnés aux sommets de polygones réguliers identiques, de telle sorte que les éléments bidimensionnels constituent un pavage
- 20 régulier.
- 2 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon la revendication 1, **dans lequel** la somme des surfaces élémentaires S_e des éléments bidimensionnels (511) est au moins égale à 0.50 fois la surface circonférentielle S de la couche de protection (51).
- 3 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une des revendications 1 ou 2,
- 25 **dans lequel** chaque élément bidimensionnel (511) est inscrit dans un disque minimal ayant un centre O et un diamètre D au plus égal à 0.2 fois L, exprimé en mm.
- 4 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **dans lequel** chaque élément bidimensionnel (511) a une épaisseur E au moins égale à 0.2 mm.

5 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **dans lequel** chaque élément bidimensionnel (511) a une épaisseur E au plus égale à 0.5 mm.

6 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des
5 revendications 1 à 5, **dans lequel** chaque élément bidimensionnel (511) est un disque de centre O et de diamètre D.

7 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **dans lequel** le matériau constitutif de chaque élément bidimensionnel (511) est un métal, de préférence acier inox ou un acier à bas taux de
10 carbone.

8 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **dans lequel** chaque élément bidimensionnel (511) est percé de trous (512).

9 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des
15 revendications 1 à 8, **dans lequel** les centres O des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels (511) sont positionnés aux sommets de triangles équilatéraux identiques.

10 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **dans lequel** les centres O des disques minimaux circonscrits aux
20 éléments bidimensionnels (511) sont positionnés aux sommets de carrés identiques.

11 – Pneumatique (1) pour véhicule de génie civil selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant une première et une deuxième couches de protection (51) radialement superposées, **dans lequel** les centres des disques minimaux circonscrits aux éléments bidimensionnels (511) de la deuxième couche de protection
25 (51) sont décalés axialement et circonférentiellement par rapport à ceux de la première couche de protection (51).

1 / 4

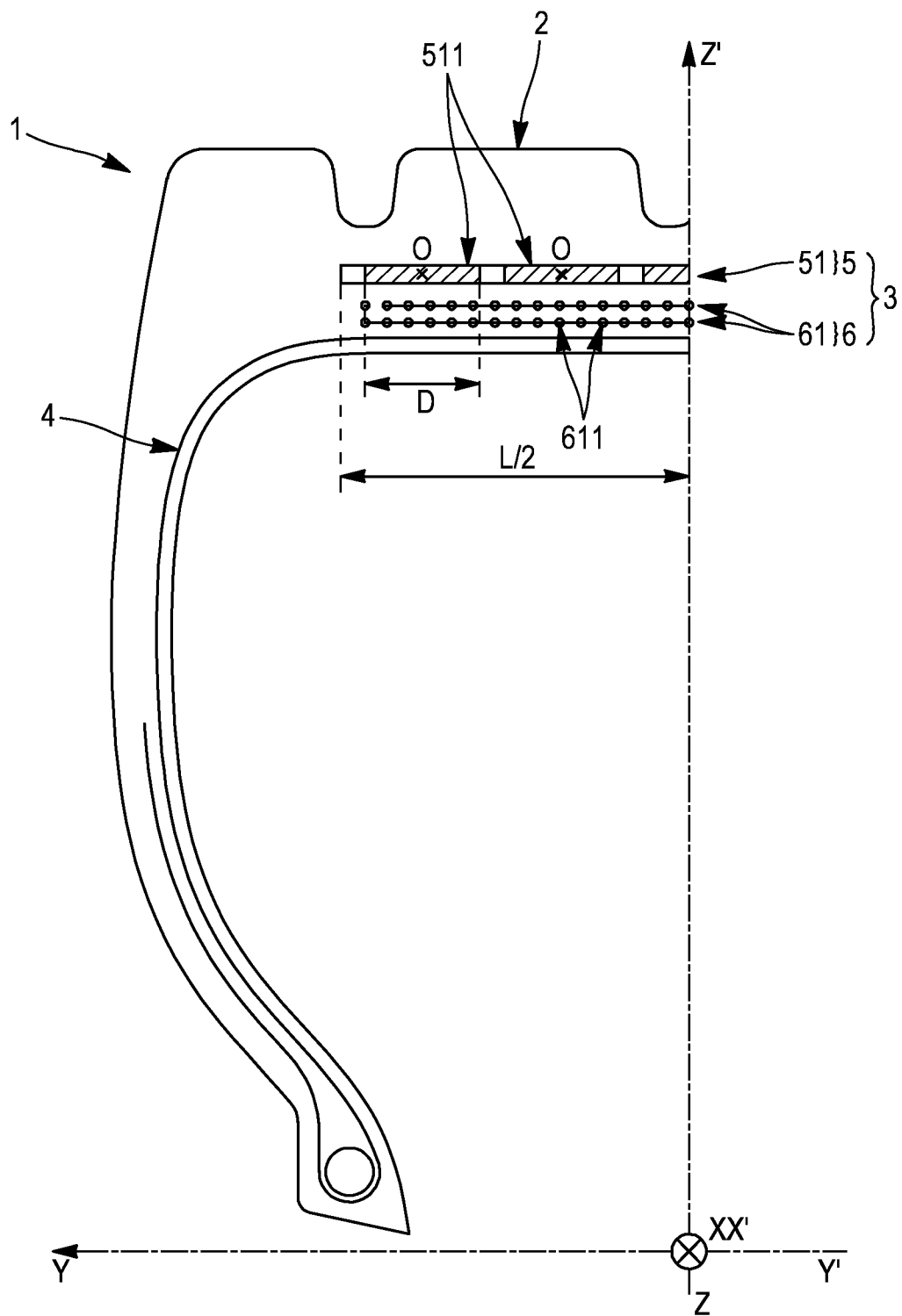


FIG. 1

2 / 4

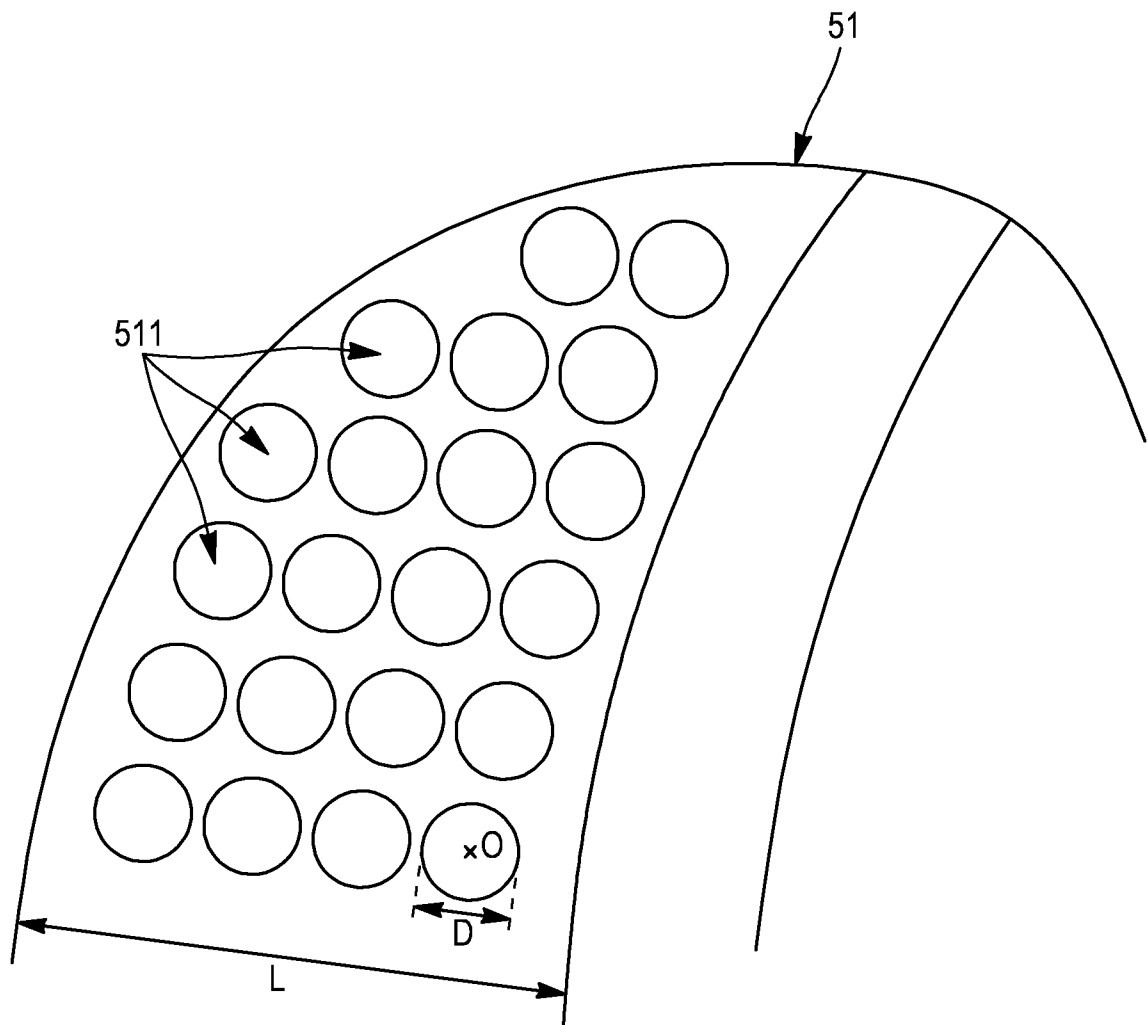


FIG. 2

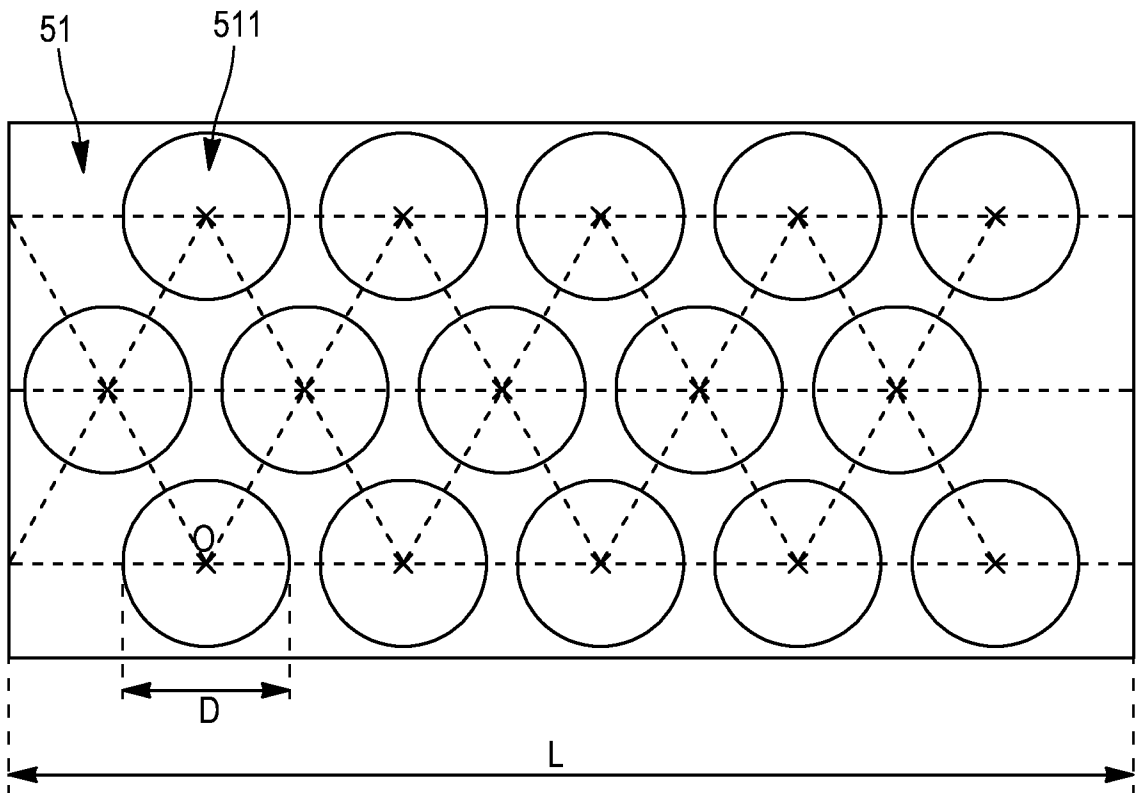


FIG. 3

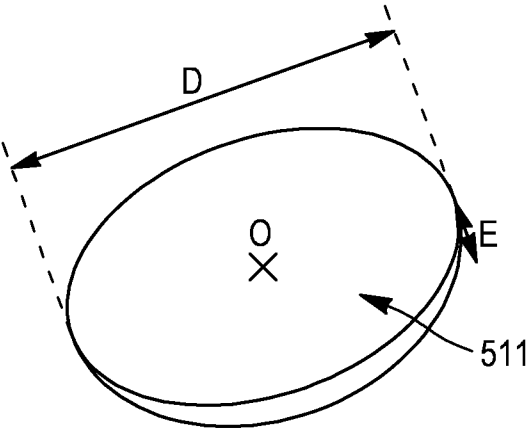


FIG. 4

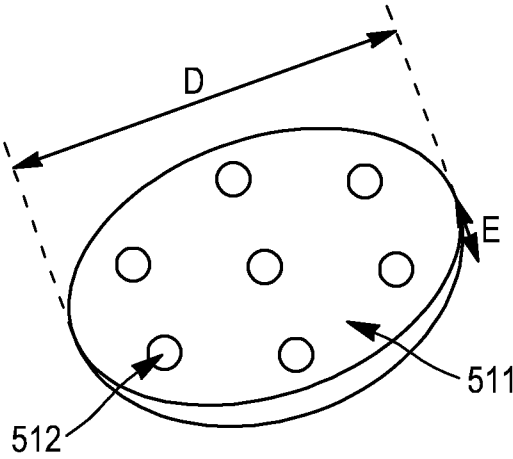


FIG. 5

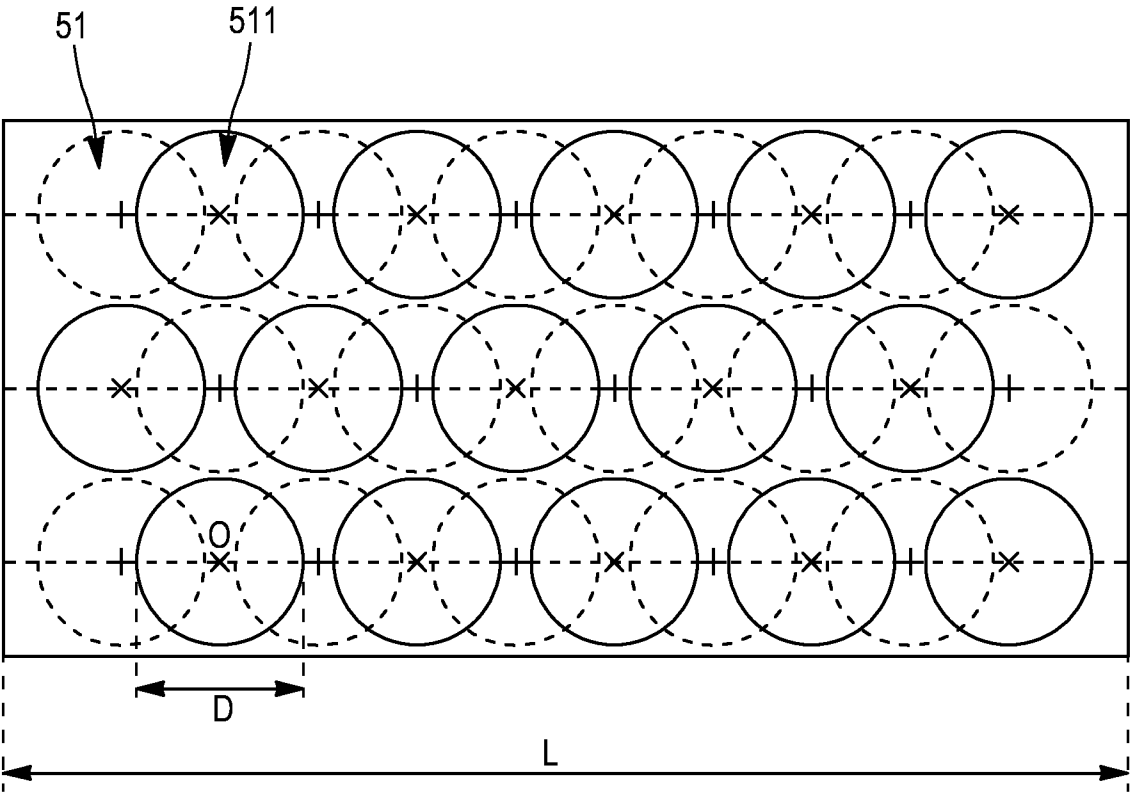


FIG. 6