

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 126 923**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **21 09489**

⑤① Int Cl⁸ : **B 60 C 11/03 (2020.12), B 60 C 11/13, B 60 C 11/12**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Pneumatique pour bus urbain comprenant une bande de roulement à adhérence améliorée.

②② Date de dépôt : 10.09.21.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 17.03.23 Bulletin 23/11.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 19.01.24 Bulletin 24/03.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en
commandite — FR.*

⑦② Inventeur(s) : DOMPROBST Frédéric et LACOSTE
Paul.

⑦③ Titulaire(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en
commandite.*

⑦④ Mandataire(s) : *MANUFACTURE FRANCAISE DES
PNEUMATIQUES MICHELIN.*

FR 3 126 923 - B1



Description

Titre de l'invention : Pneumatique pour bus urbain comprenant une bande de roulement à adhérence améliorée

- [0001] La présente invention a pour objet un pneumatique pour un véhicule lourd à usage urbain, tel qu'un bus urbain, et concerne plus particulièrement sa bande de roulement.
- [0002] Une bande de roulement, constituée par au moins un matériau à base de caoutchouc, est la partie usante et adhérente du pneumatique, positionnée à sa périphérie et destinée à être usée lors de son entrée en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement et à garantir l'adhérence du pneumatique dans son contact avec le sol pouvant être sec ou mouillé.
- [0003] Pour assurer sa fonction d'adhérence, la bande de roulement comprend généralement une sculpture qui est une combinaison de découpures, ou creux, et d'éléments en relief, de type blocs ou de type nervures. La proportion de découpures d'une bande de roulement est, de façon usuelle, quantifiée par un taux d'entaillement volumique, défini comme le ratio entre le volume de découpures et le volume total de la bande de roulement supposée sans découpures, correspondant au volume géométrique délimité par la surface de roulement et une surface tangente à la découpe la plus profonde et parallèle à la surface de roulement. Dans le cas d'un pneumatique pour bus urbain, le taux d'entaillement volumique de la bande de roulement peut atteindre une faible valeur, typiquement inférieure à 10%. Un tel niveau d'entaillement volumique est possible car, compte tenu de la faible vitesse d'un bus urbain, l'évacuation de l'eau, éventuellement présente sur le sol, par les découpures de la bande de roulement ne nécessite pas un volume de découpures élevé.
- [0004] Les découpures peuvent être de deux types : les rainures et les incisions. Les rainures sont des découpures larges, permettant essentiellement le stockage et l'évacuation de l'eau éventuellement présente sur le sol. Une découpe est dite large lorsqu'elle a une épaisseur telle que les parois de matière en vis-à-vis la délimitant n'entrent pas en contact l'une avec l'autre, lors du passage de la bande de roulement dans la surface de contact, le pneumatique étant soumis à des conditions de gonflage et de charge recommandées telles que définies, par exemple, par les normes européennes de la « European Tyre and Rim Technical Organization » (Organisation technique européenne du pneu et de la roue) ou « E.T.R.T.O » dans son « Standards Manual 2020 – Commercial Vehicle Tyres » (Manuel de normes 2020 – Pneus pour véhicules commerciaux). Les incisions sont des découpures étroites dont les intersections avec la surface de roulement ou arêtes contribuent à l'adhérence sur un sol mouillé, grâce à un effet d'arête dans le contact au sol qui permet de casser le film d'eau présent sur le sol.

Une découpe est dite étroite lorsqu'elle a une épaisseur telle que les parois de matière en vis-à-vis la délimitant entrent en contact au moins partiellement l'une avec l'autre, lors du passage de la bande de roulement dans la surface de contact, dans les conditions de charge et de pression du pneumatique spécifiées, par exemple, par les normes « E.T.R.T.O », comme vu précédemment.

- [0005] En outre, les découpures peuvent avoir des directions différentes et sont usuellement classées en découpures longitudinales, transversales ou obliques. Une découpe est dite longitudinale, si sa ligne moyenne forme, avec la direction longitudinale du pneumatique, tangente à la surface de roulement selon la direction de rotation du pneumatique, un angle moyen au plus égal à 10° . Une découpe est dite transversale, si sa ligne moyenne forme, avec la direction transversale du pneumatique, parallèle à l'axe de rotation du pneumatique, un angle moyen au plus égal à 10° . Une découpe est dite oblique si elle n'est ni longitudinale, ni transversale, c'est-à-dire si elle forme, avec la direction longitudinale, un angle moyen supérieur à 10° et inférieur à 80° . Par définition, la ligne moyenne d'une découpe est l'intersection de la surface de roulement avec une surface moyenne de la découpe, perpendiculaire à la surface de roulement et équidistante des parois de matière délimitant la découpe : c'est donc la trace de la surface moyenne de la découpe sur la surface de roulement du pneumatique.
- [0006] La sécurité est une préoccupation constante des constructeurs et des exploitants de véhicules urbains. Par conséquent l'adhérence sur sol sec et sur sol mouillé est une performance fondamentale recherchée par les fabricants de pneumatiques.
- [0007] Aussi les inventeurs se sont donnés pour objectif, pour un pneumatique pour un véhicule lourd à usage urbain, tel qu'un bus urbain, comprenant une bande de roulement ayant en particulier un faible taux d'entaillage volumique, d'améliorer encore l'adhérence du pneumatique sur sol sec et sur sol mouillé, afin de garantir le niveau de sécurité requis.
- [0008] Cet objectif a été atteint par un pneumatique pour un véhicule lourd à usage urbain comprenant une bande de roulement destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement,
- la bande de roulement ayant une largeur transversale, mesurée entre deux extrémités transversales de la surface de roulement, selon une direction transversale parallèle à un axe de révolution du pneumatique, et comprenant des découpures délimitant des éléments en relief,
 - toute découpe étant délimitée par deux parois coupant la surface de roulement selon deux arêtes,
 - toute découpe ayant une épaisseur, mesurée sur la surface de roulement entre les deux arêtes, perpendiculairement aux deux arêtes, et une profondeur, mesurée entre la

surface de roulement et un fond de découpure, perpendiculairement à la surface de roulement,

-chaque paroi formant, dans tout plan perpendiculaire à ladite paroi et avec la droite, passant par l'arête, intersection de ladite paroi avec la surface de roulement, et perpendiculaire à la surface de roulement, un angle de dépouille,

-la bande de roulement comprenant au moins deux découpures larges, appelées rainures, en zigzag et parallèles entre elles,

-chaque rainure en zigzag étant constituée par une alternance de portions longitudinales, parallèles à une direction longitudinale du pneumatique, et de portions obliques, formant chacune, avec la direction longitudinale, un même angle au moins égal à 15° ,

-la profondeur de chaque rainure en zigzag étant au moins égale à 7 mm

-et l'angle de dépouille de chaque paroi délimitant chaque rainure en zigzag étant au moins égal à 10° .

[0009] Le principe essentiel de l'invention est de pourvoir une bande de roulement d'un système de découpures dont au moins d'eux d'entre elles sont larges et ont une orientation générale oblique avec une bonne efficacité vis-à-vis de l'adhérence transversale et de l'adhérence longitudinale.

[0010] Par découpure large, on entend une découpure dont les parois de matière la délimitant sont suffisamment distantes l'une de l'autre pour ne pas entrer en contact l'une avec l'autre en roulage, lors du passage de la découpure dans le contact avec le sol : une telle découpure large est usuellement qualifiée de rainure. En outre cette rainure doit être suffisamment profonde, avec une profondeur minimale égale à 7 mm, pour garantir un volume de stockage et d'évacuation de l'eau potentiellement présente sur le sol en cas de pluie, et donc une adhérence sur sol mouillé suffisante. Enfin les parois délimitant une telle rainure doivent être suffisamment inclinées, avec un angle dit de dépouille au moins égal à 10° , cet angle de dépouille étant mesuré dans un plan perpendiculaire à l'axe de révolution du pneumatique et avec la droite, passant par l'arête correspondante et perpendiculaire à la surface de roulement. Un angle de dépouille suffisamment élevé permet d'obtenir une rigidité des éléments en relief, délimitant la découpure, permettant de garantir une résistance à l'usure de la bande de roulement satisfaisante. Il est à noter que les deux parois en vis-à-vis n'ont pas nécessairement la même valeur d'angle de dépouille.

[0011] Par orientation générale oblique, on entend une direction moyenne de la rainure large formant, avec la direction longitudinale du pneumatique, un angle typiquement supérieur à 10° et inférieur à 80° . Dans le cadre de l'invention, la rainure a une forme en zigzag, constituée d'une alternance de portions longitudinales et de portions obliques oscillant autour d'une droite moyenne oblique, les portions obliques formant,

avec la direction longitudinale, un angle au moins égal à 10° . Les portions longitudinales, ayant des arêtes longitudinales, sont efficaces vis-à-vis de l'adhérence transversale. Les portions obliques ont des arêtes ayant une composante longitudinale efficace vis-à-vis de l'adhérence transversale, et une composante transversale efficace vis-à-vis de l'adhérence longitudinale. Ainsi une telle rainure large oblique est efficace vis-à-vis des adhérences respectivement transversale et longitudinale. Par conséquent, un réseau de telles rainures larges obliques est aussi efficace qu'un réseau de rainures longitudinales et transversales, vis-à-vis de l'adhérence, avec un volume de découpures inférieur, donc un volume de matière à user supérieur. C'est donc un système de découpures particulièrement intéressant pour garantir une bonne adhérence d'une bande de roulement à faible taux d'entaillement volumique.

- [0012] En outre, la présence de portions longitudinales est intéressante du point de vue de l'assemblage des éléments de moule de cuisson, destinés à la réalisation de la sculpture, car ceux-ci peuvent être facilement connectés entre eux aux niveaux desdites portions longitudinales avec une grande précision.
- [0013] Il est avantageux que l'angle de dépouille de chaque paroi délimitant chaque rainure en zigzag soit au plus égal à 25° , car, au-delà de cette valeur d'angle, le volume de rainure devient trop petit pour garantir un stockage et une évacuation efficaces de l'eau éventuellement présente dans le contact avec le sol.
- [0014] Avantagement chaque portion oblique de chaque rainure en zigzag forme, avec la direction longitudinale du pneumatique, un angle au moins égal à 30° et au plus égal à 45° , de préférence au plus égal à 40° .
- [0015] En dessous de 30° , la composante transversale des arêtes de portion oblique est de taille limitée et donc moins efficace vis-à-vis de l'adhérence longitudinale. Au-delà de 45° , la portion oblique a une inclinaison ne lui permettant pas de déboucher en entrée et en sortie d'aire de contact, et donc de canaliser l'eau éventuellement présente sur le sol, d'où une moins bonne performance en adhérence sur sol mouillé.
- [0016] Encore avantagement, le pneumatique ayant un diamètre extérieur D et une circonférence extérieure $\pi * D$, chaque portion longitudinale de chaque rainure en zigzag a une longueur longitudinale, mesurée sur la surface de roulement, selon la direction longitudinale du pneumatique, au moins égale à $0.5 * \pi * D / 120$ et au plus égale à $2 * \pi * D / 120$.
- [0017] Cet intervalle de valeurs permet un compromis intéressant entre la résistance au roulement, d'autant plus faible que la longueur longitudinale de chaque portion longitudinale est grande, et la motricité sur neige, d'autant meilleure que la longueur longitudinale de chaque portion longitudinale est petite. A titre d'exemple, pour un pneumatique à usage urbain, une longueur longitudinale égale à 25 mm est un choix intéressant. En revanche, pour un pneumatique destiné à rouler sur la neige, une

longueur longitudinale réduite à 12 mm est un choix plus adapté. A contrario, pour un pneumatique à usage grand routier, pour lequel on cherche à optimiser la résistance au roulement, une longueur longitudinale augmentée à 50 mm est plus efficace.

- [0018] Également avantageusement les portions longitudinales de toute première rainure en zigzag sont décalées longitudinalement par rapport aux portions longitudinales de toute deuxième rainure en zigzag, de telle sorte que deux portions longitudinales quelconques respectivement de ladite première rainure en zigzag et de ladite deuxième rainure en zigzag n'entrent pas simultanément dans le contact avec le sol, lors du roulage du pneumatique.
- [0019] En désignant par première extrémité d'une portion longitudinale, l'extrémité destinée à entrer en premier dans le contact avec un sol, toute droite transversale passant par une première extrémité de portion longitudinale d'une première rainure en zigzag donnée ne passe par aucune autre première extrémité de portion longitudinale d'une deuxième rainure en zigzag. Ceci implique que les portions longitudinales respectives de deux rainures en zigzag n'entrent pas simultanément dans le contact. Il en résulte une réduction du bruit de roulement généré par la circulation de l'air dans lesdites rainures en zigzag.
- [0020] Préférentiellement aucune rainure en zigzag ne débouche au niveau d'une extrémité transversale de la surface de roulement.
- [0021] Cette absence de rainures débouchant au niveau des bords de la bande de roulement permet de rigidifier les bords de la bande de roulement, par la présence d'une nervure continue, et donc de renforcer les bords de la bande de roulement et également de diminuer le risque d'apparition de formes d'usure irrégulière en bord de bande de roulement.
- [0022] Encore préférentiellement les portions longitudinales les plus transversalement extérieures des rainures en zigzag sont positionnées, par rapport à un plan circonférentiel médian du pneumatique, à une distance au plus égale à 40% de la largeur transversale de la bande de roulement.
- [0023] Dans ce mode de réalisation particulier, chaque nervure continue en bord de bande de roulement a par conséquent une largeur suffisante pour résister aux arrachements, résultant, par exemple, de chocs du pneumatique contre les trottoirs, fréquents en usage urbain.
- [0024] Selon un mode de réalisation avantageux des rainures en zigzag, au moins une des rainures en zigzag est prolongée radialement vers l'intérieur, à partir de son fond de découpe, par une incision.
- [0025] Une telle rainure en zigzag, prolongée radialement vers l'intérieur par une incision, est dite étagée. Pour rappel une incision est une découpe de plus faible épaisseur qu'une rainure et dont les parois sont destinées à entrer au moins en partie en contact

l'une avec l'autre, en roulage. Dans une telle rainure étagée, l'incision apparaît donc sur la surface de roulement après un certain niveau d'usure de la bande roulement. Une rainure étagée, du fait de la présence d'une incision la prolongeant dans l'épaisseur de la bande de roulement, permet une plus grande mobilité des éléments de matière en relief qu'elle délimite, et donc contribue à une mise à plat facilitée de la bande déroulement, ce qui limite les glissements dans le contact et donc ralentit l'usure. Une mise à plat facilitée de la bande de roulement est également favorable à une diminution de la résistance au roulement. En outre, une rainure étagée garantit la présence de deux arêtes en vis-à-vis, au cours de l'usure -d'abord celle de la rainure radialement extérieure, puis celles de l'incision radialement intérieure-, d'où une pérennité de l'adhérence au cours de la vie du pneumatique. Cette incision, du fait de sa faible épaisseur, impacte peu le volume de découpures, et donc le taux d'entaillement volumique : par conséquent, elle n'a pas d'impact significatif sur la durée de vie en usure.

- [0026] Selon un mode de réalisation avantageux de la sculpture, la bande de roulement comprend au moins une incision débouchant sur la surface de roulement et parallèle aux au moins deux rainures en zigzag.
- [0027] La présence d'au moins une incision en zigzag, parallèle aux au moins deux rainures en zigzag selon l'invention, permet d'augmenter le nombre d'arêtes, ce qui est favorable à l'adhérence, sans augmenter le taux d'entaillement volumique, ce qui est favorable à la durée de vie en usure.
- [0028] Selon un mode de réalisation avantageux de ladite au moins une incision en zigzag, ladite au moins une incision est prolongée radialement vers l'intérieur par une rainure.
- [0029] Une telle incision en zigzag, prolongée radialement vers l'intérieur par une rainure, est dite étagée. Pour rappel une rainure est une découpure de plus grande épaisseur qu'une incision et dont les parois sont destinées à ne pas entrer en contact l'une avec l'autre, en roulage. Dans une telle incision étagée, la rainure apparaît donc sur la surface de roulement après un certain niveau d'usure de la bande roulement. Une incision étagée, du fait de la présence d'une rainure la prolongeant dans l'épaisseur de la bande de roulement, permet d'augmenter le volume de découpures en surface, après un certain niveau d'usure, permettant de retrouver une capacité de stockage et d'évacuation de l'eau. Elle permet ainsi de compenser la perte de capacité de stockage d'une rainure étagée qui se transforme en incision au cours de l'usure. A titre d'exemple, une telle rainure radialement intérieure à une incision débouchant en surface a des parois ayant un angle de dépouille minimal de 10° et une largeur minimale en fond de rainure de 2 mm.
- [0030] Pour un pneumatique à usage urbain, la bande de roulement ayant un taux d'entaillement volumique, défini comme le ratio entre le volume de découpures et le

volume total de la bande de roulement supposée sans découpures, correspondant au volume géométrique délimité par la surface de roulement et une surface tangente à la découpe la plus profonde et parallèle à la surface de roulement, le taux d'entaillement volumique est au plus égal à 10%, pour satisfaire la performance en durée de vie visée.

- [0031] Le pneumatique selon l'un des modes de réalisation précédents de l'invention comprenant une armature de sommet comprenant au moins deux couches de travail constituées par des renforts enrobés dans un mélange caoutchoutique et croisés d'une couche de travail à la suivante, les renforts de chacune des au moins deux couches de travail forment, avec la direction longitudinale du pneumatique, un angle au moins égal à 15° et au plus égal à 35° .
- [0032] Il est connu que la combinaison des angles des renforts respectifs des couches de travail, par un effet de triangulation, génère, dans le sommet du pneumatique, des efforts transversaux dits de ply-steer. L'inclinaison des rainures en zigzag selon l'invention crée une orthotropie de la rigidité de la bande de roulement qui contrebalance ledit effet de ply-steer, et participe à un meilleur équilibre des efforts transversaux s'exerçant sur le pneumatique.
- [0033] Selon un mode de réalisation particulier de l'armature de sommet, l'armature de sommet comprend au moins une couche de frettage constituée par des renforts enrobés dans un mélange caoutchoutique, parallèles à la direction longitudinale du pneumatique, et radialement intercalée entre deux couches de travail.
- [0034] La présence d'une couche de frettage, caractérisée par des renforts longitudinaux, entre les deux couches de travail augmente la distance radiale entre les deux couches de travail et contribue à l'augmentation de l'effort de plysteer. Une sculpture selon l'invention devient alors particulièrement intéressante pour équilibrer ledit effort de ply-steer.
- [0035] Les caractéristiques de l'invention seront mieux comprises à l'aide des figures 1 à 5, non représentées à l'échelle :
- [Fig.1] : Vue de dessus d'une bande de roulement d'un pneumatique pour bus urbain selon l'invention,
 - [Fig.2] : Vue en coupe d'une bande de roulement d'un pneumatique pour bus urbain selon l'invention, selon un plan de coupe CC' perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique,
 - [Fig.3] : Vue en coupe d'une rainure en zigzag, perpendiculaire à ladite rainure en zigzag et prolongée radialement vers l'intérieur par une incision,
 - [Fig.4] : Vue en coupe d'une incision en zigzag, perpendiculaire à ladite incision en zigzag et prolongée radialement vers l'intérieur par une rainure,
 - [Fig.5] : Schéma des orientations respectives des rainures en zigzag et des renforts

des couches des couches respectivement de travail et de frettage de l'armature de sommet d'un pneumatique selon l'invention.

[0036] La [Fig.1] est une vue de dessus d'une bande de roulement 2 d'un pneumatique 1 pour bus urbain selon l'invention. La bande de roulement 2, destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement 3, a une largeur transversale W, mesurée entre deux extrémités transversales 21 de la surface de roulement 3, selon une direction transversale YY' parallèle à un axe de révolution du pneumatique. La bande de roulement 2 comprend des découpures 4 délimitant des éléments en relief 5. Toute découpure 4 est délimitée par deux parois coupant la surface de roulement 3 selon deux arêtes 7, et a une épaisseur E, mesurée sur la surface de roulement 3 entre les deux arêtes 7, perpendiculairement aux deux arêtes 7. Selon l'invention, la bande de roulement 2 comprend au moins deux découpures larges, appelées rainures, en zigzag 41 et parallèles entre elles. Chaque rainure en zigzag 41, oscillante autour d'une droite T'T', est constituée par une alternance de portions longitudinales 411, ayant une longueur circonférentielle L, parallèles à une direction longitudinale XX' du pneumatique, et de portions obliques 412, formant chacune, avec la direction longitudinale XX', un même angle A au moins égal à 15°. Dans le mode de réalisation représenté, aucune rainure en zigzag 41 ne débouche au niveau d'une extrémité transversale 21 de la surface de roulement 3. En outre la bande de roulement comprend une incision 43 débouchant sur la surface de roulement 3, intercalée entre deux rainures en zigzag 41 consécutives, et parallèles auxdites rainures en zigzag 41.

[0037] La [Fig.2] est une vue en coupe d'une bande de roulement 2 d'un pneumatique pour bus urbain selon l'invention, selon un plan de coupe CC' coupant toutes les découpures en zigzag (41, 42) de la bande de roulement, tel que représenté sur la [Fig.1]. Dans le mode de réalisation représenté, 3 découpures larges ou rainures 41 alternent avec 3 découpures étroites ou incisions 42. Chaque rainure en zigzag 41 est prolongée radialement vers l'intérieur par une incision 43. Chaque incision en zigzag 42 est prolongée radialement vers l'intérieur par une rainure 44. En outre le pneumatique comprend une armature de sommet 9 comprenant au moins deux couches de travail (91, 92) constituées par des renforts enrobés dans un mélange caoutchoutique et croisés d'une couche de travail à la suivante. L'armature de sommet 9 comprend également une couche de frettage 93 constituée par des renforts enrobés dans un mélange caoutchoutique, parallèles à la direction longitudinale du pneumatique, et radialement intercalée entre les deux couches de travail (91, 92).

[0038] La [Fig.3] est une vue en coupe d'une rainure en zigzag 41, perpendiculaire à ladite rainure en zigzag 41 et prolongée radialement vers l'intérieur par une incision 43. La rainure en zigzag 41 est délimitée par deux parois 6 coupant la surface de roulement 3 selon deux arêtes 7. Elle a une épaisseur E, mesurée sur la surface de roulement 3 entre

les deux arêtes 7, perpendiculairement aux deux arêtes 7, et une profondeur P, mesurée entre la surface de roulement 3 et un fond de découpe 8, perpendiculairement à la surface de roulement 3. Chaque paroi 6 forme, dans tout plan perpendiculaire à ladite paroi 6 et avec la droite NN', passant par l'arête 7, intersection de ladite paroi 6 avec la surface de roulement 3, et perpendiculaire à la surface de roulement 3, un angle de dépouille (D1, D2). Selon l'invention, la profondeur P de chaque rainure en zigzag 41 est au moins égale à 7 mm et l'angle de dépouille (D1, D2) de chaque paroi 6 délimitant chaque rainure en zigzag 41 est au moins égal à 10°.

[0039] La [Fig.4] est une vue en coupe d'une incision en zigzag 42, perpendiculaire à ladite incision en zigzag 42 et prolongée radialement vers l'intérieur par une rainure 44.

[0040] La [Fig.5] est un schéma des orientations respectives des rainures en zigzag 41 et des renforts des couches respectivement de travail (91, 92) et de freinage (93) de l'armature de sommet 9 d'un pneumatique selon l'invention, telles que représentées sur la [Fig.2]. Selon un mode de réalisation avantageux les renforts (910, 920) de chacune des deux couches de travail (91, 92) forment, avec la direction longitudinale (XX') du pneumatique, un angle (B1, B2) au moins égal à 15° et au plus égal à 35°, les renforts 930 de la couche de freinage 93 étant, par définition, parallèles à la direction longitudinale XX'.

[0041] L'invention a été plus particulièrement étudiée pour un pneumatique de dimension 275/70R22.5 X Incity Michelin, destiné à équiper un bus urbain. Pour un tel pneumatique, la pression de gonflage recommandée est égale à 9 bars, la charge statique recommandée est égale à 3550 kg et la vitesse maximale recommandée est égale à 100 km/h.

[0042] Le tableau 1 ci-dessous présente les caractéristiques de la bande de roulement testée :

[Tableaux1]

Caractéristiques	Valeurs	Commentaires
Largeur transversale W de la bande de roulement (2)	255 mm	
Diamètre extérieur D du pneumatique (1)	969 mm	
Epaisseur E de rainure en zigzag (41)	7 mm	
Profondeur P de rainure en zigzag (41)	12 mm	
Angles de dépouille (D1, D2) des parois (6) de de rainure en zigzag (41)	10°	Au moins égal à 10°
Angle A des portions obliques (412) de rainure en zigzag (41)	35°	Au moins égal à 15° et au plus égal à 45°
Longueur longitudinale L des portions longitudinales (411) de rainure en zigzag (41)	25 mm	Compris entre $0.5 * \pi * D / 120 = 12.5$ mm et $2 * \pi * D / 120 = 50$ mm
Distance De des portions des portions longitudinales (411) les plus transversalement extérieures de rainure en zigzag (41) par rapport au plan circonférentiel médian (XZ)	98 mm	Au plus égale à $40\%W = 102$ mm
Taux d'entaillement volumique TEV	8.4%	Au plus égal à 10%
Angles (B1, B2) des renforts des couches de travail, par rapport à la direction longitudinale (XX')	18°/-30°	Au moins égal à 15° et au plus égal à 35° en valeur absolue

[0043] Les simulations numériques par éléments finis et les tests réalisés sur un pneumatique selon l'invention, tel que caractérisé dans le tableau 1 précédent, ont montré, par rapport un pneumatique de référence 275/70R22.5, une augmentation de la capacité en adhérence, tant en motricité qu'en freinage de +40%, avec une réduction de la résistance au roulement de 5% pour un même niveau de durée en vie en usure.

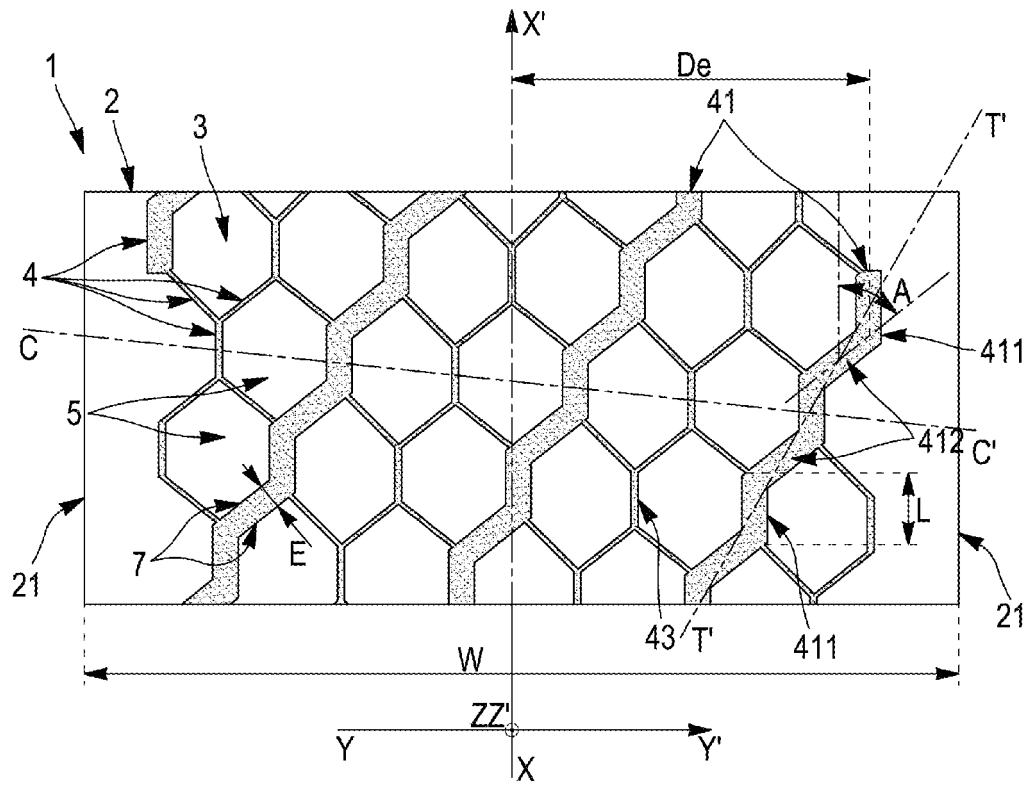
Revendications

- [Revendication 1] Pneumatique (1) pour un véhicule lourd à usage urbain comprenant une bande de roulement (2) destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement (3),
- la bande de roulement (2) ayant une largeur transversale (W), mesurée entre deux extrémités transversales (21) de la surface de roulement (3), selon une direction transversale (YY') parallèle à un axe de révolution du pneumatique, et comprenant des découpures (4) délimitant des éléments en relief (5),
 - toute découpe (4) étant délimitée par deux parois (6) coupant la surface de roulement (3) selon deux arêtes (7),
 - toute découpe (4) ayant une épaisseur (E), mesurée sur la surface de roulement (3) entre les deux arêtes (7), perpendiculairement aux deux arêtes (7), et une profondeur (P), mesurée entre la surface de roulement (3) et un fond de découpe (8), perpendiculairement à la surface de roulement (3),
 - chaque paroi (6) formant, dans tout plan perpendiculaire à ladite paroi (6) et avec la droite (NN'), passant par l'arête (7), intersection de ladite paroi (6) avec la surface de roulement (3), et perpendiculaire à la surface de roulement (3), un angle de dépouille (D1, D2),
- caractérisé en ce que** la bande de roulement (2) comprend au moins deux découpures larges, appelées rainures, en zigzag (41) et parallèles entre elles, **en ce que** chaque rainure en zigzag (41) est constituée par une alternance de portions longitudinales (411), parallèles à une direction longitudinale (XX') du pneumatique, et de portions obliques (412), formant chacune, avec la direction longitudinale (XX'), un même angle (A) au moins égal à 15°, **en ce que** la profondeur (P) de chaque rainure en zigzag (41) est au moins égale à 7 mm **et en ce que** l'angle de dépouille (D1, D2) de chaque paroi (6) délimitant chaque rainure en zigzag (41) est au moins égal à 10°.
- [Revendication 2] Pneumatique (1) selon la revendication 1 **dans lequel** chaque portion oblique (412) de chaque rainure en zigzag (41) forme, avec la direction longitudinale (XX') du pneumatique, un angle (A) au moins égal à 30° et au plus égal à 45°, de préférence au plus égal à 40°.
- [Revendication 3] Pneumatique (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, le pneumatique ayant un diamètre extérieur D et une circonférence extérieure $\pi * D$, **dans lequel** chaque portion longitudinale (411) de chaque rainure en

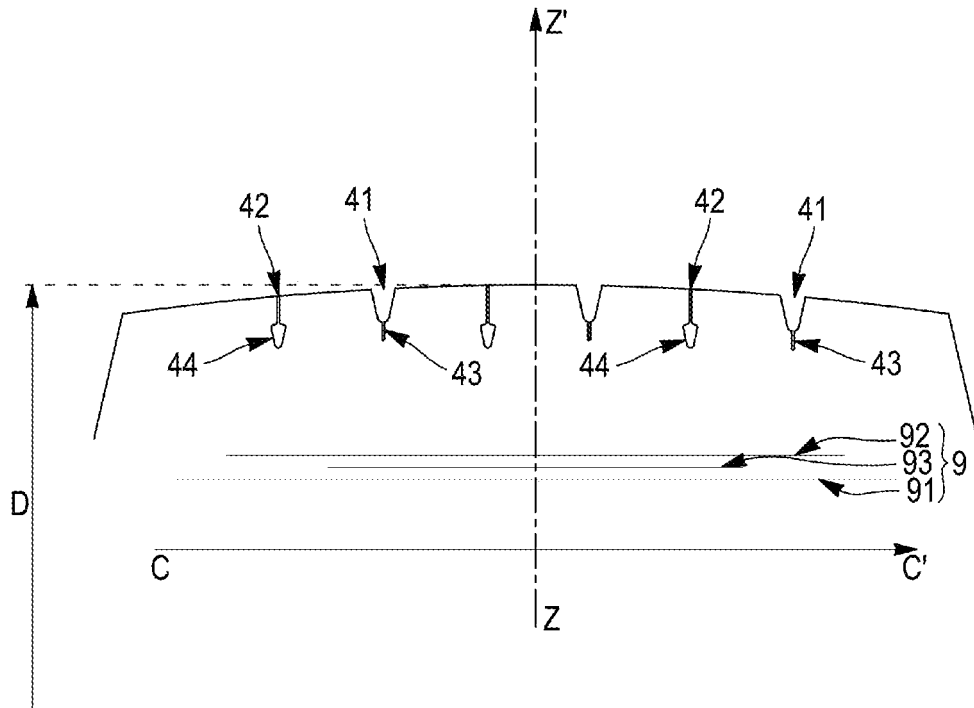
- zigzag (41) a une longueur longitudinale (L), mesurée sur la surface de roulement (3), selon la direction longitudinale (XX') du pneumatique, au moins égale à $0.5 * \pi * D / 120$ et au plus égale à $2 * \pi * D / 120$.
- [Revendication 4] Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **dans lequel** les portions longitudinales (411) de toute première rainure en zigzag (41) sont décalées longitudinalement par rapport aux portions longitudinales (411) de toute deuxième rainure en zigzag (41), de telle sorte que deux portions longitudinales (411) quelconques respectivement de ladite première rainure en zigzag (41) et de ladite deuxième rainure en zigzag (41) n'entrent pas simultanément dans le contact avec le sol, lors du roulage du pneumatique.
- [Revendication 5] Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **dans lequel** aucune rainure en zigzag (41) ne débouche au niveau d'une extrémité transversale (21) de la surface de roulement (3).
- [Revendication 6] Pneumatique (1) selon la revendication 5, **dans lequel** les portions longitudinales (411) les plus transversalement extérieures des rainures en zigzag (41) sont positionnées, par rapport à un plan circonférentiel médian (XZ) du pneumatique, à une distance (D_e) au plus égale à 40% de la largeur transversale (W) de la bande de roulement (2).
- [Revendication 7] Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 **dans lequel** au moins une des rainures en zigzag (41) est prolongée radialement vers l'intérieur, à partir de son fond de découpe (8), par une incision (42).
- [Revendication 8] Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 **dans lequel** la bande de roulement comprend au moins une incision (43) débouchant sur la surface de roulement (3) et parallèle aux au moins deux rainures en zigzag (41).
- [Revendication 9] Pneumatique (1) selon la revendication 8 **dans lequel** ladite au moins une incision (43) est prolongée radialement vers l'intérieur par une rainure (44).
- [Revendication 10] Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, la bande de roulement (2) ayant un taux d'entaillement volumique, défini comme le ratio entre le volume de découpures (4) et le volume total de la bande de roulement (2) supposée sans découpures, correspondant au volume géométrique délimité par la surface de roulement (3) et une surface tangente à la découpe (4) la plus profonde et parallèle à la surface de roulement (3), **dans lequel** le taux d'entaillement volumique est au plus égal à 10%.

- [Revendication 11] Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant une armature de sommet (9) comprenant au moins deux couches de travail (91, 92) constituées par des renforts (910, 920) enrobés dans un mélange caoutchoutique et croisés d'une couche de travail à la suivante, **dans lequel** les renforts (910, 920) de chacune des au moins deux couches de travail (91, 92) forment, avec la direction longitudinale (XX') du pneumatique, un angle (B1, B2) au moins égal à 15° et au plus égal à 35°.
- [Revendication 12] Pneumatique (1) selon la revendication 11, **dans lequel** l'armature de sommet (9) comprend au moins une couche de freinage (93) constituée par des renforts (930) enrobés dans un mélange caoutchoutique, parallèles à la direction longitudinale (XX') du pneumatique, et radialement intercalée entre deux couches de travail (91, 92).

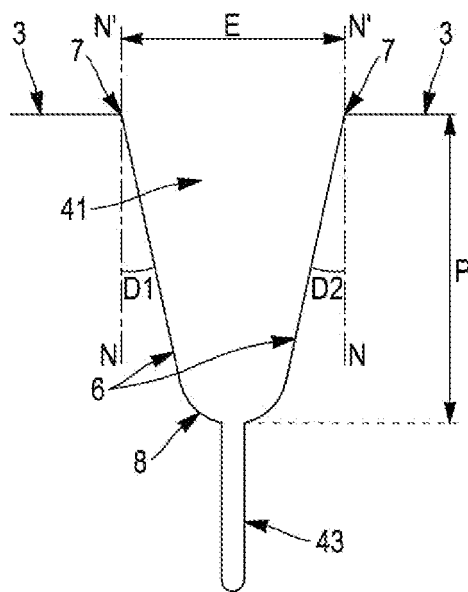
[Fig. 1]



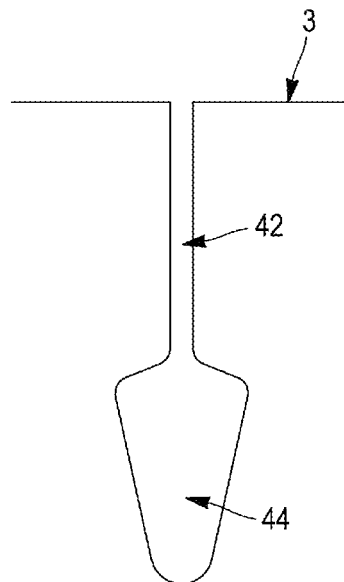
[Fig. 2]



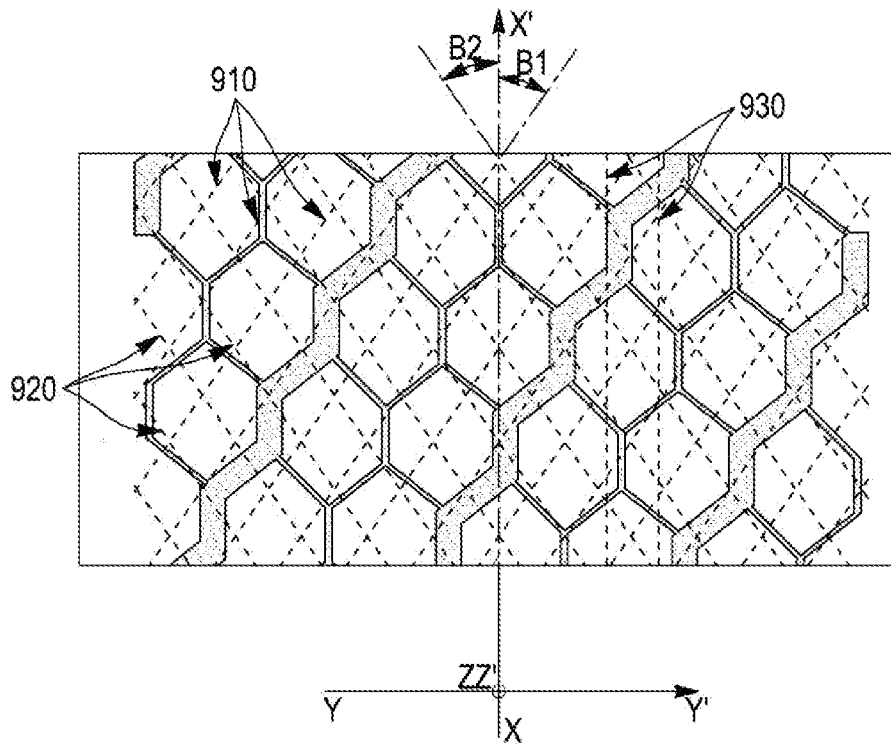
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 0 066 531 A2 (GOODYEAR TIRE & RUBBER
[US]) 8 décembre 1982 (1982-12-08)

EP 2 556 971 A2 (CONTINENTAL REIFEN
DEUTSCHLAND [DE])
13 février 2013 (2013-02-13)

JP 2016 011027 A (SUMITOMO RUBBER IND)
21 janvier 2016 (2016-01-21)

FR 3 014 022 A1 (MICHELIN & CIE [FR];
MICHELIN RECH TECH [CH])
5 juin 2015 (2015-06-05)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT