

(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
30 décembre 2021 (30.12.2021)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/260335 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B60C 11/00 (2006.01) B60C 1/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2021/051169

(22) Date de dépôt international :
24 juin 2021 (24.06.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2006739 26 juin 2020 (26.06.2020) FR

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

(72) Inventeur : CAREME, Christopher ; MANUFACTURE
FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23,
place des Carmes-Déchaux, DCJ/PI- F35 - Ladoux, 63040
CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR).

(74) Mandataire : LE CAM, Stéphane ; MANUFACTURE
FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23,
place des Carmes-Déchaux, DCJ/PI- F35 - Ladoux, 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, IT, 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,

(54) Title: TYRE COMPRISING A TREAD OPTIMISED FOR GRIP ON WET GROUND IN THE WORN CONDITION

(54) Titre : PNEUMATIQUE COMPORTANT UNE BANDE DE ROULEMENT OPTIMISÉE EN ADHÉRENCE SUR SOL MOUILLÉ A L'ÉTAT USÉ

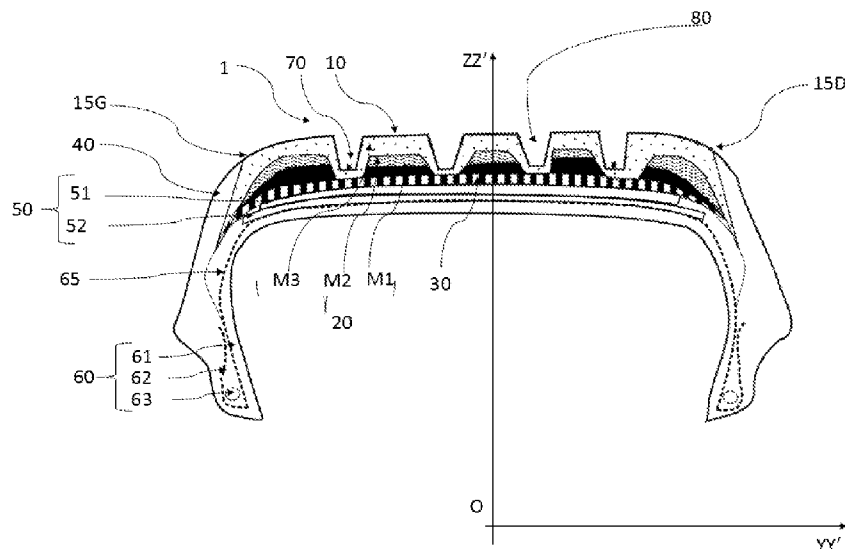


Figure 1

(57) Abstract: This invention relates to a tyre which has improved wet grip performance even when it is close to the legal tyre wear limit. The tread comprises three layers of materials (M1, M2, M3) which are radially superimposed: the layer (M1) is arranged radially on the outside of the crown reinforcement. The layer (M2) is arranged radially on the outside of the layer (M1), and the last layer (M3) intended to be in contact with the ground is arranged radially on the outside of the layer (M2). The shear rigidity moduli $G'(M1)$, $G'(M2)$, $G'(M3)$, and the viscoelastic losses $Tg\delta(M1)$, $Tg\delta(M2)$ and $Tg\delta(M3)$ of the materials of the layers satisfy the following equations: - $G'(M1)/G'(M2)$ belongs to the range [7; 25]; - $Tg\delta(M2)$ and $Tg\delta(M3)$ are connected by the equation: $(Tg\delta(M2) - Tg\delta(M3))/Tg\delta(M2) \geq 30\%$ - layer thickness (M3)/layer thickness (M2) is in the range [3; 10].

(57) Abrégé : Cette invention a pour objet un pneumatique qui a une performance en adhérence sur sol mouillé améliorée même quand il est proche de l'usure légale. La bande de roulement comprend trois couches de matériaux (M1, M2, M3), radialement superposés :

[Suite sur la page suivante]



WO 2021/260335 A1

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

la couche (M1) est posée radialement extérieurement sur l'armature de sommet. La couche (M2) est posée radialement extérieurement sur la couche (M1), et la dernière couche (M3) destinée à être en contact avec le sol est posée radialement extérieurement sur la couche (M2). Les modules de rigidité de cisaillement, $G'(M1)$, $G'(M2)$, $G'(M3)$, et les pertes viscoélastiques $Tg\delta(M1)$, $Tg\delta(M2)$, $Tg\delta(M3)$ des matériaux des couches vérifient les relations suivantes : - $G'(M1)/G'(M2)$ appartient à l'intervalle [7; 25]; - $Tg\delta(M2)$ et $Tg\delta(M3)$ sont reliées par la relation : $(Tg\delta(M2) - Tg\delta(M3))/Tg\delta(M2) \geq 30\%$ - Epaisseur couche (M3)/Epaisseur couche (M2) est compris dans l'intervalle [3; 10].

Pneumatique comportant une bande de roulement optimisée en adhérence sur sol mouillé à l'état usé

Domaine technique

5 [0001] La présente invention concerne un pneumatique pour véhicule automobile dont les performances en adhérence longitudinale sur sol mouillé, à l'état usé, sont améliorées. L'invention est plus particulièrement adaptée pour un pneumatique radial destiné à équiper un véhicule de tourisme ou une camionnette.

[0002] Par pneumatique usé, on entend des pneumatiques qui ont eu une vie de service normal,
10 jusqu'à se rapprocher de la limite légale des témoins d'usure positionnés sur les flancs des pneumatiques.

[0003] La légalité dont il est question ici est relative aux règlements de sécurité des pneumatiques R30, et R54 de l'UNECE (Organisation des Nations Unies pour le Conseil Economique Européen). Cette organisation regroupe la plupart des pays européens, en
15 particulier ceux de l'Union Européenne, mais aussi des pays en dehors de l'Europe tels que le Japon, la Thaïlande ou l'Australie. Ces pays ont validé un accord de reconnaissance mutuelle des homologations réglementaires des pneumatiques. Autrement dit, un pneumatique homologué réglementairement dans l'un des pays de l'UNECE est validé également dans tous les autres pays de l'organisation où ces règlements sont en vigueur.

20 [0004] Avant toute commercialisation dans les pays de l'UNECE, un pneumatique pour véhicules tourisme ou camionnette doit se conformer aux requis réglementaires sur la sécurité selon les règlements R30, R54 et aux requis sur les seuils de performances selon le règlement R117. Les témoins d'usure dans les sillons ou dans les entailles transversales de la bande de roulement, ainsi que leur repérage sur les flancs des pneumatiques sont des requis de ces
25 règlements. Le règlement sur les seuils de performances R117 exige que les pneumatiques aient un niveau de performances supérieur à des seuils fixés par le règlement en ce qui concerne la résistance au roulement, l'adhérence sur sols mouillés et enneigés, et le bruit de roulement.

[0005] A titre d'illustration, un pneumatique tourisme pour être commercialisé dans les pays de l'UNCE doit avoir une valeur de résistance au roulement inférieure ou égale à 6kg/t, comme
30 le requiert le règlement R117. Ce même pneumatique doit avoir un freinage sur sol mouillé supérieur d'au moins de 10% par rapport à pneumatique témoin fixé par le règlement R117. Les méthodes et paramètres de ces tests sont également définis par ce règlement.

[0006] Le règlement sur les seuils de performance R117 s'applique aux pneumatiques neufs pour leur commercialisation sur le marché de l'UNECE, mais la question se pose de l'effectivité de ces exigences en fonction de l'usure des pneumatiques.

[0007] L'invention ici est relative à la pérennité de la performance d'adhérence sur sol mouillé, c'est-à-dire à la capacité du pneumatique à être encore conforme aux seuils réglementaires même pour un pneumatique proche de l'usure légale, selon une méthode de test appropriée.

Définitions

[0008] Par convention, un repère (O, XX', YY', ZZ'), dont le centre O coïncide avec le centre du pneumatique, les directions circonférentielles XX', axiale YY', et radiale ZZ' désignent respectivement une direction tangente à la surface de roulement du pneumatique selon le sens de rotation, une direction parallèle à l'axe de rotation du pneumatique, et une direction orthogonale à l'axe de rotation du pneumatique.

[0009] Par radialement intérieur, respectivement radialement extérieur, on entend plus proche, respectivement plus éloigné de l'axe de rotation du pneumatique.

[0010] 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 bande de roulement du pneumatique et perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique.

[0011] Un pneumatique comprend un sommet, destinée à venir en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une bande de roulement, dont les deux extrémités axiales sont reliées par l'intermédiaire de deux flancs à deux bourrelets assurant la liaison mécanique entre le pneumatique et la jante sur laquelle il est destiné à être monté.

[0012] De façon générale, l'homme du métier définit la bande de roulement d'un pneumatique principalement à l'aide des caractéristiques de conception suivantes : la surface de roulement permettant de définir la largeur totale de la bande de roulement, et la sculpture caractérisée par un taux d'entaillage volumique.

[0013] Par « surface de roulement » de la bande de roulement, on entend la surface qui regroupe l'ensemble des points du pneumatique qui vont entrer en contact avec un sol dans des conditions usuelles de roulage. Ces points qui vont entrer en contact avec le sol appartiennent aux faces de contact des blocs. Pour un pneumatique, les « conditions usuelles » de roulage sont les conditions d'utilisation définies par la norme ETRTO (European Tyre and Rim Technical

Organisation). Ces conditions d'utilisation précisent la pression de gonflage de référence correspondant à la capacité de charge du pneu indiquée par son indice de charge et à son code vitesse. Ces conditions d'utilisation peuvent aussi être dites « conditions nominales » ou « conditions d'usage ».

5 [0014] La largeur totale de la bande de roulement est la distance axiale entre les extrémités axiales de la surface de roulement, symétriques par rapport au plan équatorial du pneumatique. Sur un plan pratique, une extrémité axiale de la surface de roulement ne correspond pas nécessairement à un point clairement défini. Sachant que la bande de roulement est délimitée
10 extérieurement, d'une part, par la surface de roulement et, d'autre part, par deux surfaces de raccordement avec deux flancs reliant ladite bande de roulement à deux bourrelets destinés à assurer la liaison avec une jante de montage, une extrémité axiale peut être alors définie mathématiquement comme la projection orthogonale, sur la bande de roulement, d'un point théorique d'intersection entre la tangente à la surface de roulement, dans la zone d'extrémité
15 axiale de la surface de roulement, et la tangente à la surface de raccordement, dans la zone d'extrémité radialement extérieure de la surface de raccordement. La largeur totale de la bande de roulement correspond sensiblement à la largeur axiale de la surface de contact lorsque que le pneumatique est soumis aux conditions de charge et de pression recommandées.

[0015] Par mélange élastomérique, on entend un matériau élastomérique obtenu par mélangeage de ses divers constituants. Un mélange élastomérique comprend classiquement une
20 matrice élastomérique avec au moins un élastomère diénique de type caoutchouc naturel ou synthétique, au moins une charge renforçante de type noir de carbone et/ou de type silice, un système de réticulation le plus souvent à base de soufre, et des agents de protection.

[0016] Par l'expression composition "à base de", il faut entendre une composition comportant le mélange et/ou le produit de réaction des différents constituants utilisés, certains de ces
25 constituants de base étant susceptibles de, ou destinés à, réagir entre eux, au moins en partie, lors des différentes phases de fabrication de la composition, en particulier au cours de sa réticulation ou vulcanisation.

[0017] Par l'expression « partie en poids pour cent parties en poids d'élastomère » (ou pce), il faut entendre au sens de la présente invention, la part, en masse pour cent parties d'élastomère
30 présent dans la composition de mélange considérée.

[0018] Le choix du matériau constitutif de la bande de roulement est une étape essentielle de la conception d'un pneumatique. Généralement, c'est un mélange élastomérique caractérisé par

ses propriétés dynamiques, telles que sa perte viscoélastique $Tg\delta$ (tangente delta) et/ou son module complexe de cisaillement dynamique G^* .

[0019] La perte viscoélastique, $Tg\delta$, et le module de cisaillement complexe G^* sont généralement déterminées lors de la mesure des propriétés dynamiques du mélange élastomérique, sur un viscoanalyseur (Metravib VA4000), selon la norme ASTM D 5992-96. La mesure des propriétés dynamiques est réalisée sur un échantillon de mélange élastomérique vulcanisé, c'est-à-dire cuit jusqu'à un taux de conversion d'au moins 90%, l'échantillon ayant la forme d'une éprouvette cylindrique ayant une épaisseur égale à 2 mm et une section égale à 78,5 mm². On enregistre la réponse de l'échantillon de mélange élastomérique à une sollicitation sinusoïdale en cisaillement simple alterné, ayant une amplitude crête-crête égale à 0,7 MPa et une fréquence égale à 10 Hz. On effectue un balayage en température à vitesse de montée en température constante de +1.5°C/min. Les résultats exploités sont généralement le module complexe de cisaillement dynamique G^* , comprenant une partie élastique G' et une partie visqueuse G'' , et la perte dynamique $Tg\delta$, égale au rapport G''/G' . La température de transition vitreuse Tg est la température à laquelle la perte dynamique $Tg\delta$ atteint un maximum lors du balayage en température. La valeur de G^* mesurée à 23°C est représentative de la rigidité du matériau caoutchoutique, c'est-à-dire de sa résistance à la déformation élastique.

Technique antérieure

[0020] De manière connue, la bande de roulement d'un pneumatique est pourvue d'une sculpture comprenant notamment des éléments de sculpture ou blocs élémentaires délimités par diverses rainures principales, longitudinales, transversales ou encore obliques, les blocs élémentaires pouvant comporter diverses incisions ou lamelles plus fines. Les rainures constituent des canaux destinés à évacuer l'eau lors d'un roulage sur sol mouillé et définissent les bords des éléments de sculpture.

[0021] A mesure qu'un pneumatique s'use, le volume de la bande de roulement diminue du fait de la perte de matière liée au frottement avec la surface de la route. Quand le pneumatique est neuf, la bande de roulement a son épaisseur maximale. Lorsque le pneumatique s'use, la hauteur des blocs élémentaires de la sculpture diminue, et la raideur de ces blocs augmente. L'augmentation de raideur de blocs élémentaires de sculpture entraîne une diminution de certaines performances du pneumatique, comme l'adhérence sur sol mouillé, même quand la hauteur des blocs de sculpture est au niveau du témoin d'usure légal.

[0022] Il est donc nécessaire de ne pas se limiter à tester les pneumatiques à l'état neuf mais de réaliser aussi des tests de performance à l'état usé, notamment sur sol mouillé.

[0023] A titre d'exemple, le brevet EP2163403B1, propose une bande de roulement comprenant deux couches de matériaux superposées radialement, et posées extérieurement sur le sommet d'un pneumatique. L'interface entre les deux couches composant la bande de roulement est ondulée. La sculpture de la bande de roulement s'adapte en fonction de l'usure du pneumatique pour laisser apparaître d'autres découpures.

[0024] Dans la demande internationale WO2004/096583A1, un pneumatique avec une bande de roulement multicouche, et son procédé de fabrication sont divulgués. La bande de roulement comprend une première couche interne, radialement intérieure à une couche externe destinée à être en contact avec un sol. D'une part, le module élastique d'extension-compression de la couche interne est supérieur à celui de la couche externe, et d'autre part la couche de la bande de roulement radialement intérieur a un profil avec des protubérances radialement orientées extérieurement étalées sur toute la largeur de la bande de roulement. Cette divulgation explique qu'un tel pneumatique monté sur un véhicule améliore le comportement du véhicule notamment lors des prises de virages.

[0025] La durée de vie des pneumatiques est variable en fonction de leurs conditions d'usage. Mais, même dans des conditions d'usage sévère, c'est-à-dire de roulages à accélérations latérales du véhicule élevées, cette durée de vie est souvent supérieure à 10 000 kms.

[0026] Pour limiter les coûts liés à l'obtention d'un pneumatique usé, il est d'usage de raboter la bande de roulement c'est-à-dire de diminuer par découpe ou brossage l'épaisseur de la bande de roulement du pneumatique d'une hauteur correspondant à celle qui serait obtenue par usure en roulage du pneumatique. A cet effet, le brevet FR3059421 divulgue une méthode de rabotage pour la préparation des pneumatiques pour des tests à l'état usé.

[0027] Les inventeurs se sont donnés pour objectif de réaliser un pneumatique qui conserve une performance en adhérence sur sol mouillé tout le long de sa vie sans dégrader pour autant les autres performances tel que la résistance au roulement.

Exposé de l'invention

[0028] Ce but a été atteint par un pneumatique comportant une armature de sommet, une sous-couche, et une bande de roulement multicouche formée de trois couches de mélanges élastomériques M1, M2, M3, dont la couche M3 est destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement :

- l'armature de sommet étant disposée radialement intérieurement à la bande de roulement multicouche;
- la sous-couche étant disposée radialement extérieurement à l'armature de sommet et radialement intérieurement à la bande de roulement multicouche, et s'étendant sur toute la largeur axiale de l'armature de sommet ;
- la bande de roulement multicouche comprenant une première couche M1 disposée radialement extérieurement à la sous-couche et s'étendant axialement sur toute ou partie de la largeur axiale de la sous-couche au moins en tronçons ;
- la bande de roulement comprenant également une couche M3 la plus radialement extérieure dotée d'une surface de roulement ;
- les mélanges élastomériques des couches respectivement M1, M2, M3 ayant respectivement un module de rigidité de cisaillement, $G'(M1)$, $G'(M2)$, $G'(M3)$, et ayant respectivement une perte viscoélastiques $Tg\delta(M1)$, $Tg\delta(M2)$, $Tg\delta(M3)$, mesurés à 23°C à 10 Hz et sous une déformation de cisaillement alterné de 10% du matériau de chaque couche ;
- la bande de roulement multicouche comporte une couche intermédiaire M2 disposée radialement extérieurement à la première couche M1 en contact avec elle, et radialement intérieurement avec la couche M3, s'étendant axialement au moins en tronçons le long de la couche M1 ;
- le rapport $G'(M1)/G'(M2)$ est compris dans l'intervalle [7; 25];
- la perte viscoélastique $Tg\delta (M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire M2, et la perte viscoélastique $Tg\delta (M3)$ du mélange élastomérique de la couche M3 la plus radialement extérieure, sont reliées par la relation : $(Tg\delta (M2)-Tg\delta (M3))/Tg\delta (M2) \geq 30\%$

- le rapport de l'épaisseur radiale de la couche M3 la plus radialement extérieure divisée par l'épaisseur radiale de la couche intermédiaire M2, $\text{Epaisseur (M3)}/\text{Epaisseur (M2)}$, est compris dans l'intervalle $[3; 10]$, lesdites épaisseurs étant mesurées sur l'axe de symétrie d'un plan méridien du pneumatique.

5

[0029] Le principe de l'invention est de faire un gain en adhérence sur sol mouillé en contrepartie d'une hausse en résistance au roulement dans des proportions maîtrisées, car le pneumatique de l'invention doit être conforme à la réglementation sur les seuils de performances y compris en résistance au roulement. Pour cela, l'ajout de la couche de mélange M2 optimisée en adhérence à la place d'une partie du volume de la couche M3, optimisée en résistance au roulement, engendre un nouvel équilibre des performances. Après usure de la couche de la bande de roulement M3, le pneumatique dispose encore d'un fort potentiel adhérence sur sol mouillé avec la couche M2. De fait, le pneumatique de l'invention, pendant toute sa durée d'utilisation garde potentiellement une performance adhérence sur sol mouillé conforme à la réglementation.

15

[0030] Selon l'invention, la bande de roulement multicouche comporte une couche intermédiaire M2 disposée radialement extérieurement à la première couche M1 en contact avec elle, et radialement intérieurement avec la couche M3, s'étendant axialement au moins en tronçons le long de la couche M1.

20

[0031] La couche de mélange M2 est optimisée en adhérence sur sol mouillé avec une dissipation viscoélastique relativement forte en comparaison de celle du mélange de la couche M3. A titre d'illustration, si la perte viscoélastique du mélange de la couche M2 est 0,25, alors pour la couche M3, la perte viscoélastique sera de l'ordre de 0,17. La couche M2 est souple au sens où sa rigidité de cisaillement est relativement faible au regard des rigidités des matériaux adjacents. La forte hystérèse conjuguée à la faible rigidité du mélange de la couche M2 vont dans le sens d'améliorer l'adhérence sur sol mouillé.

25

[0032] A titre d'exemple, le module de rigidité de cisaillement du mélange de la couche M1 pourrait être de l'ordre de 25 Mpa, et celui du mélange de la couche M2 de l'ordre de 1,7 Mpa. Avec de telles valeurs, le mélange de la couche M1 est dite rigide par rapport à celui de la couche M2.

30

[0033] Le phénomène d'adhérence du pneumatique sur un sol mouillé se déroule en trois étapes. La première étape consiste à assécher le sol par évacuation de l'eau grâce à la sculpture

de la bande de roulement, puis une phase de contact avec le sol par adhésion et indentation. Et c'est précisément dans la phase indentation que les aspérités du sol s'accrochent à la couche de mélange pour s'opposer au mouvement. Plus l'hystérèse du mélange est importante, et plus l'opposition au mouvement est amplifiée.

5 [0034] Pour obtenir le compromis de performances visé, selon l'invention, les rigidités et l'hystérèse des couches de mélanges de la bande de roulement M1, M2, et M3 vérifient les relations suivantes :

a. le rapport $G'(M1)/G'(M2)$ est compris dans l'intervalle [7; 25];

10 b. la perte viscoélastique $Tg\delta(M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire M2, et la perte viscoélastique $Tg\delta(M3)$ du mélange élastomérique de la couche M3 la plus radialement extérieure, sont reliées par la relation : $(Tg\delta(M2) - Tg\delta(M3))/Tg\delta(M2) \geq 30\%$.

15 [0035] La première relation (a) signifie que la couche de mélange M1 doit être très rigide au regard de la couche M2. La couche M1 n'est jamais en contact avec le sol, d'une part elle participe à la rigidification de la bande de roulement, utile pour générer des poussées de dérive suffisantes, et d'autre part du fait de sa grande rigidité, lors de la fabrication elle est le support de pose de la couche M2 qui est relativement "molle". La pose de la couche M2 dans ces
20 conditions permet d'avoir son contour radialement extérieur parallèle au profil axial du moule. Le profil axial du moule est défini de manière à obtenir une répartition uniforme des pressions verticales dans l'aire de contact. L'uniformité des pressions de contact est nécessaire pour obtenir une usure régulière de la bande de roulement dans la direction axiale. La couche M2, après usure de la couche M3 est destinée à être en contact avec le sol, et son profil radialement
25 extérieur parallèle au profil axial du moule garantit donc l'obtention d'une usure régulière. Par ailleurs, les pénétrations entre les couches sont limitées avec la couche rigide M1 en support de pose.

[0036] Selon l'invention, le rapport $G'(M1)/G'(M2)$ est compris dans l'intervalle [7; 25], ce qui signifie que la rigidité de cisaillement de la couche M1 est au moins sept fois supérieure à
30 celle de la couche M2 pour commencer à percevoir les effets de l'invention. Cependant, au-delà d'un rapport de rigidité de cisaillement, $G'(M1)/G'(M2)$ supérieur à 25, l'effet se tasse asymptotiquement.

[0037] Quant à la deuxième relation (b) sur la perte viscoélastique, elle indique l'écart d'hystérèse nécessaire pour percevoir le gain du potentiel d'adhérence du mélange de la couche M2 qui est destinée à venir en contact avec le sol, en regard de la couche M3.

[0038] Le lien entre les rigidités et les hystérèses des couches de la bande de roulement M1, M2, et M3 étant établies, il s'agit maintenant d'établir les relations géométriques entre ces couches. Encore selon l'invention le rapport de l'épaisseur radiale de la couche M3 la plus radialement extérieure divisée par l'épaisseur radiale de la couche intermédiaire M2, Epaisseur (M3)/Epaisseur (M2), est compris dans l'intervalle [3; 10], lesdites épaisseurs étant mesurées sur l'axe de symétrie d'un plan méridien du pneumatique.

[0039] Compte tenu de l'axisymétrie du pneumatique autour de son axe de rotation, le volume d'une couche est directement proportionnel à son épaisseur radiale dans un plan méridien. La distribution des volumes des couches de la bande de roulement M1, M2, et M3 est le deuxième levier à combiner avec les propriétés mécaniques et hystérétiques des couches pour parvenir à l'invention. La couche de la bande de roulement M3 optimisée en hystérèse représente le plus grand volume. L'invention fonctionne si la couche M2 a un volume supérieur ou égal au dixième du volume de la couche M3, et inférieur ou égal au tiers de ce volume.

[0040] Si le volume de la couche M2 est inférieur au dixième du volume de la couche M3, alors le gain en adhérence sur sol mouillé n'est pas dans ce cas significatif. Inversement, si la couche M2 est supérieure au tiers du volume de la couche M3, alors la dégradation de la résistance au roulement devient prohibitive.

[0041] La combinaison des caractéristiques essentielles de l'invention, décrites plus haut, permettent de réaliser un pneumatique avec une bande de roulement multicouche permettant la pérennisation de la performance d'adhérence sur sol mouillé. Autrement dit, grâce à l'invention, la performance d'adhérence sur sol mouillé ne se dégrade quand le pneumatique s'use. Nous pouvons maintenant examiner les autres caractéristiques et les modes de réalisation de l'invention.

[0042] Avantageusement, le rapport du module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la première couche M1, divisé par le module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la couche radialement la plus extérieure M3, $G'(M1)/G'(M3)$ est compris dans l'intervalle [7; 25]. La couche M3 de la bande de roulement est destinée à être en contact avec le sol quand le pneumatique est neuf et dispose du plus grand volume parmi les trois couches. Le compromis des performances plaide pour une couche M3 avec une faible

hystérèse et une rigidité de cisaillement du même ordre de grandeur que pour la deuxième couche M2.

[0043] Préférentiellement, le rapport $G'(M1)/G'(M3)$ est compris dans l'intervalle [6; 22], de même le rapport $G'(M1)/G'(M2)$ est compris dans l'intervalle [6; 22]. La différence de propriétés mécaniques entre les couches M2 et M3 se situent principalement au niveau de l'hystérèse, mais en termes de rigidités, les modules de cisaillement sont du même ordre de grandeur en comparaison du mélange de la couche M1.

[0044] Encore préférentiellement, le module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la sous-couche est inférieur ou égal à 1.5 MPa. La bande de roulement multicouche se raccorde à une sous couche dite "molle", en regard de la rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la première couche M1.

[0045] Avantageusement, la perte viscoélastique $Tg\delta(M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire M2 est supérieure ou égale à 0.2, et encore plus avantageusement, la perte viscoélastique $Tg\delta(M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire M2, et la perte viscoélastique $Tg\delta(M3)$ du mélange élastomérique de la couche la plus radialement extérieure M3, sont reliées par la relation : $(Tg\delta(M2) - Tg\delta(M3))/Tg\delta(M2) \geq 20\%$. L'écart relatif des pertes viscoléastiques des mélanges élastomériques des couches M2 et M3 sont dans un rapport supérieur à 20%. Autrement dit, un écart relatif d'au moins 20% entre les pertes viscoélastiques des mélanges élastomériques des deux couches, est nécessaire pour commencer à percevoir les effets de l'invention.

[0046] Préférentiellement, le module de rigidité de cisaillement $G'(M1)$ du mélange élastomérique de la première couche M1 est supérieur à 7 MPa, et encore plus préférentiellement, le module de rigidité de cisaillement $G'(M1)$ du mélange élastomérique de la première couche M1 est supérieur ou égal à 12 MPa.

[0047] Pour le bon fonctionnement de l'invention, les rigidités des couches de la bande de roulement sont corrélées. La première couche M1 a la plus grande rigidité, avec une valeur au moins de 7 Mpa, et préférentiellement supérieure ou égale à 12 Mpa.

[0048] Avantageusement, le profil raboté de la bande de roulement étant par convention, défini tel que la hauteur de sculpture résiduelle après rabotage soit de 2mm sur toute la largeur axiale de la bande de roulement, l'écart maximal E_{max} étant la distance radiale entre le profil raboté de la bande de roulement, et le profil radialement extérieur de la première couche M1 caractérisé

en ce que l'écart maximal E_{max} est constant à ± 5 mm sur au moins une portion centrale de la bande de roulement.

[0049] Dans un premier mode de réalisation, les sillons de la bande de roulement étant les rainures les plus profondes de la sculpture, le matériau apparaissant en fond de sillon est le même que le matériau constitutif de la couche la plus radialement extérieure M3 de la bande de roulement.

[0050] Dans un deuxième mode de réalisation, la couche intermédiaire M2 disposée radialement extérieurement à la première couche M1, et en contact radialement intérieurement avec la couche M3, s'étend axialement en continue le long de la couche M1.

[0051] Dans un troisième mode de réalisation, la bande de roulement comportant des blocs de sculpture séparés par des sillons orientés essentiellement circonférentiellement, la première couche M1 est, axialement en regard de certains blocs de sculpture, prolongée radialement vers l'extérieur par au moins un élément renforçant s'étendant radialement de la surface radialement extérieure de la couche M1 vers l'extérieur de la bande de roulement jusqu'à une hauteur radiale supérieure à 75% de l'épaisseur radiale de la bande de roulement, ledit élément renforçant étant de largeur axiale variable, depuis une valeur maximale inférieure à 50% de la largeur axiale dudit bloc de sculpture, ladite largeur axiale allant en décroissant lorsque l'on se déplace radialement vers le haut.

Description des Figures

[0052] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

[0053] [Fig 1] La figure 1 montre une coupe méridienne schématique d'un pneumatique conforme à un premier mode de réalisation de l'invention.

[0054] [Fig 2] La figure 2 montre sur une coupe méridienne, la cinétique d'usure du pneumatique où les figures 2-A, 2-B, 2-C représentent différents états d'usure du pneumatique, selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0055] [Fig 3] La figure 3 montre une coupe méridienne schématique d'un pneumatique conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0056] [Fig 4] La figure 4 montre une coupe méridienne schématique d'un pneumatique conforme à un troisième mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0057] Sur la figure 1, il est représenté un pneumatique de référence générale 1 comportant une armature de sommet 50 radialement intérieure à armature carcasse 60, une sous-couche 30, et une bande de roulement multicouches 20 formée des couches M1, M2, M3, dont la
5 couche M3 est destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement 10 :

- l'armature de carcasse 60 radialement la plus intérieure comprend au moins une couche de carcasse, représentée sur la figure 1 en traits discontinus. La couche de
10 carcasse est formée de renforts enrobés par un mélange élastomérique. La couche de carcasse 60 comprend une partie principale 61, reliant les deux bourrelets 65 entre eux et s'enroulant dans chaque bourrelet, de l'intérieur vers l'extérieur du pneumatique autour d'un élément de renforcement circonférentiel le plus souvent métallique appelé tringle 63, pour former un retournement 62. Les renforts métalliques d'une couche de
15 carcasse sont sensiblement parallèles entre eux et forment, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 85° et 95°.
- l'armature de sommet 50 est disposée radialement extérieurement à l'armature de carcasse 60 et radialement intérieurement à la bande de roulement multicouche 20, et
20 est formée notamment de deux couches de sommet (51, 52) constitués de renforts métalliques enrobés dans un mélange élastomérique.
- la sous-couche 30 est disposée radialement extérieurement à l'armature de sommet 50 et radialement intérieurement à la bande de roulement multicouches 20, et s'étend sur
25 toute la largeur axiale de l'armature de sommet 50. La sous couche 30 est représentée sur la figure 1, par un motif formé de hachures verticales de couleurs blanches et noires.

[0058] Plus précisément, les trois couches de mélanges M1, M2, et M3 de la bande de
30 roulement 20 sont radialement superposées sur la sous couche 30, et orientées radialement vers l'extérieur. La première couche de mélange élastomérique M1 est représentée sur la figure 1 par un fonds noir, et est posé la plus radialement intérieurement sur la sous couche 30. La

deuxième couche M2 est radialement extérieurement posée sur la première couche M1. Sur la figure 1, la couche M2 est représentée par un motif en forme de vaguelettes. Enfin, la troisième couche M3 posée radialement extérieurement sur la couche M2 est représentée par un motif à fonds clair avec des points noirs. Cette couche M3 comprend la surface de roulement 10 et est destinée à être en contact avec un sol quand le pneumatique est à l'état neuf.

[0059] Dans le mode de réalisation de la figure 1, la bande de roulement 20 comprend également des sillons 80 orientés principalement circonférentiellement et déterminent des blocs de sculpture successifs dans la direction axiale depuis l'épaule 15G à l'épaule 15D. Chaque sillon 80 est délimité radialement vers l'intérieur par un fond de sillon. La couche M3 s'étend de façon continue sur toute la largeur axiale de la bande de roulement en passant par le fond des sillons, tandis que les couches M2, et M3 sont discontinues. Dans certains fonds de sillons, se trouve un indicateur 70 de l'état d'usure de la bande de roulement. Cet indicateur se prolonge radialement vers l'extérieure depuis le fond du sillon sur une hauteur de 1.6 mm.

[0060] La figure 2 représente des états d'usure successifs du pneumatique, 2-A, 2-B et 2-C. La figure 2-A montre le pneu neuf avec la bande de roulement constituée des trois couches de mélange élastomérique M1, M2, M3. Sur la figure 2-B, la couche M3 est entièrement usée, et la couche M2 vient directement en contact avec le sol. Le pneumatique dispose encore d'un potentiel d'usage, les témoins d'usure 70 ayant une hauteur radiale inférieure à celle de la couche M2. Sur la figure 2-C, le pneumatique est usé. La hauteur de la bande de roulement est au niveau de l'indicateur d'usure 70.

[0061] La figure 3 représente le schéma d'un pneumatique d'un deuxième mode de réalisation de l'invention dans un plan méridien où la première couche M1 de la bande de roulement se prolonge radialement extérieurement sous la forme d'un trapèze 27 sur la surface de roulement 10 de manière à border axialement les sillons 80 de part et d'autre. En parcourant la bande de roulement depuis l'extrémité 15G vers l'extrémité 15D, chaque bloc de sculpture délimité par les sillons 80 sont bordés par les prolongements de la couche M1 sous forme de trapèze 27 de part et d'autre. Les blocs situés aux extrémités 15G et 15D ne sont bordés que du côté orienté vers le centre de la bande de roulement.

[0062] La figure 4 montre le troisième mode de réalisation de l'invention, qui se caractérise par l'utilisation de trois couches M1, M2 et M3 continues sur toute la largeur du sommet.

[0063] Dans d'autres modes de réalisation, non représentés ici, le pneumatique peut contenir une armature de frettage comprenant une ou deux couches de frettage, radialement

extérieurement superposées sur l'armature de sommet 50. Chaque couche de fretage est formée de renforts parallèles entre eux, en faisant avec la direction circonférentielle, des angles au plus égaux à 2.5°.

Essais

5 [0064] L'invention a été plus particulièrement étudiée pour un pneumatique tourisme de désignation normalisée, selon l'ETRTO (Organisation Technique Européenne pour les Jantes et les Pneumatiques), 245/45 R18 100W. Pour cette dimension une version conforme au premier mode de réalisation de l'invention a été réalisée, comparée à un pneu classique de l'état de l'art avec une bande de roulement monocouche.

10 [0065] Les couches M1, M2, et M3 de la bande de roulement sont caractérisées par leurs propriétés dynamiques et géométriques regroupées dans le tableau qui suit :

[0066] [Tableau 1]

	Epaisseur radiale (mm)	G' en Mpa	Tgδ	Volume en cm ³
Sous-Couche	1.6	0.2	0,06	785
Mélange couche M1	1.3	25	0,27	342
Mélange couche M2	1.3	1.7	0,25	330
Mélange couche M3	4.5	1.4	0,17	1331

15 [0067] La sous couche posée radialement extérieurement à l'armature de sommet a une épaisseur radiale de 1.6 mm, mesurée sur l'axe de symétrie d'un plan méridien du pneumatique. A cette épaisseur correspond à un volume au tour de roue de 785 cm³.

[0068] Un exemple de composition appropriée pour la sous couche est donné dans le tableau suivant :

20

25

[0069] [Tableau 2]

Sous Couche	
Composant	Pce
NR ^(a)	100
Noir de carbone	4
6-PPD ^(b)	2.2
DPG ^(c)	2.1
ZnO ^(d)	1.5
Acide stéarique	3
Résine	29.3
HTO ^(e)	38
CBS ^(f)	1,4
Soufre	1,6

Avec :

- 5 *a. NR : Caoutchouc Naturel*
- b. 6-PPD : N-1,3-diméthylbutyl-N'-phényl-p-phénylène-diamine*
 (« Santoflex 6-PPD » de la société Flexsys) - antioxydant
- 10 *c. DPG : Diphénylguanidine (« Perkacit » DPG de la société Flexsys)*
 – activateur vulcanisation
- d. ZnO : Oxyde de Zinc, Vulcanisation*
- 15 *e. HTO : Huile de tournesol à 85 % en poids d'acide oléique,*
 « Lubrirob Tod 1880 » de la société Novance – plastifiant
- f. CBS : N-cyclohexyl-2-benzothiazyl-sulfénamide (Santocure CBS de*
 la société Flexsys) – accélérateur vulcanisation

20 [0070] Avec une telle composition, la sous couche a un module de rigidité de cisaillement de 0.45 Mpa, et une perte viscoélastique de 0,06. La sous couche est optimisée en hystérèse pour contribuer à l'atteinte de la cible performance en résistance au roulement.

[0071] La première couche M1 de la bande de roulement posée radialement extérieurement sur la sous couche a une épaisseur de 1.3 mm, mesurée sur l'axe de symétrie d'un plan méridien du pneumatique, ce qui représente un volume de 342 cm³.

[0072] Un exemple de composition pour la couche M1 est dans le tableau suivant :

[0073] [Tableau 3]

Couche M1	
Composant	Pce
NR ^(a)	100
Noir de carbone	70
Résine Formophénolique	12
6-PPD ^(b)	2.5
Soufre	3
ZnO ^(c)	3
Acide stéarique	2
CBS ^(d)	2
HTMT ^(e)	4
Soufre	3

Avec :

a. NR : Caoutchouc Naturel

b. 6-PPD : N-1,3-diméthylbutyl-N'-phényl-p-phénylène-diamine
(« Santoflex 6-PPD » de la société Flexsys) - antioxydant

c. ZnO : Oxyde de Zinc, Vulcanisation

d. CBS : N-cyclohexyl-2-benzothiazyl-sulfénamide (Santocure CBS de
la société Flexsys) – accélérateur vulcanisation

e. HTMT : Résine

[0074] Le module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la couche M1 est de 25 Mpa, pour une perte viscoélastique mesurée par une valeur de Tgδ de 0,27.

[0075] La deuxième couche M2 de la bande de roulement posée radialement extérieurement à la couche M1 a une épaisseur radiale de 1.3 mm, mesurée sur l'axe de symétrie d'un plan méridien. Le volume de la couche M2 est de 330 mm³. Un exemple de composition pour cette couche est :

[0076] [Tableau 4]

Couche M2	
Composant	<u>pce</u>
SBR (a)	100
Silice (b)	110
Agent de couplage (c)	9
Plastifiant liquide (d)	20
Plastifiant résine (e)	50
Noir	5
Oxyde de zinc	3
Acide stéarique	2
Antioxydant (f)	2
Accélérateur (g)	2
DPG	2
Soufre	1

Avec :

(a) SBR avec 27% styrène, butadiène -1,2 :5%, cis-1,4 :15%, trans -1,4: 80% Tg - 48°C

(b) Silice « Zeosil1165MP » de la société Solvay de surface BET 160m2/g

(c) Silane TESPT « SI69 » de la société Evonik

(d) Huile TDAE « Flexon 630 » de la société Shell

(e) Résine « Escorez 2173 » de la société Exxon

(f) Antioxydant « Santoflex 6PPD » de la société Solutia

(g) Accélérateur « Santocure CBS » de la société Solutia

[0077] Avec une telle composition, le module de rigidité de cisaillement est de 1.7 Mpa, et la
5 perte viscoélastique est de $Tg\delta$ de 0,25.

[0078] Le module de rigidité de cisaillement de la couche M1 est égal à environ 15 fois celui de la couche M2, et les pertes viscoélastiques sont du même ordre de grandeur. La couche M2 est destinée à venir en contact avec le sol, un mélange relativement souple, et une forte hystérèse sont attendus pour une bonne performance d'adhérence sur sol mouillé.

10 [0079] Enfin, la couche M3 de la bande de roulement du pneumatique de l'invention est radialement extérieurement posée sur la couche M2 a une épaisseur radiale de 4,5 mm, mesurée sur l'axe de symétrie d'un plan méridien. Son volume au tour de roue de 131 cm³. Son module de rigidité de cisaillement est de 1.4 Mpa, et la perte viscoélastique $Tg\delta(M3)$ est de 17%. Un exemple de composition pour cette couche est :

15 [0080] [Tableau 5]

Couche M3	
Composant	Pce
SBR (a)	100
Silice (b)	70
Agent de couplage (c)	6
Plastifiant liquide (d)	30
Plastifiant résine (e)	0
Noir de carbone	5

Avec :

(a) SBR avec 27% styrène, butadiène -1,2 :5%, cis-1,4 :15%, trans -1,4: 80% Tg - 48°C

5 (b) Silice « Zeosil1165MP » de la société Solvay de surface BET 160m²/g

(c) Silane TESPT « SI69 » de la société Evonik

(d) Huile TDAE « Flexon 630 » de la société Shell

10

(e) Résine « Escorez 2173 » de la société Exxon

[0081] On vérifie aisément que le pneumatique testé est conforme aux caractéristiques principales de l'invention :

15

- le rapport $G'(M1)/G'(M2)$ est compris dans l'intervalle [7; 25];

- le rapport de l'épaisseur de la couche (M3) divisé par l'épaisseur de la couche (M2), Epaisseur (M3)/Epaisseur (M2), est compris dans l'intervalle [3; 10];

20

- la perte viscoélastique $Tg\delta$ (M2) du matériau de la couche (M2), et la perte viscoélastique $Tg\delta$ (M3) du matériau de la couche (M3), sont reliées par la relation : $(Tg\delta(M2) - Tg\delta(M3))/Tg\delta(M2) \geq 30\%$.

25

[0082] La bande de roulement avec les trois couches M1, M2, et M3 a été obtenue par un procédé de coextrusion volumique qui permet d'extruder simultanément les trois couches. Un tel procédé est décrit dans le brevet WO2018087467A1.

30

[0083] Les inventeurs ont observé un gain en adhérence sur sol mouillé en fin de vie du pneumatique amélioré de 5% contre une perte en résistance de 0,06Kg/t. La simulation de l'usure des pneumatiques témoin et de l'invention a été réalisée par le rabotage de la bande de roulement des pneumatiques tests et témoin tel que décrit dans le brevet FR3059421A1.

[0084] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et variantes présentées et d'autres modes de réalisation et variantes apparaîtront clairement à l'homme du métier.

Revendications

[**Revendication 1**] Pneumatique (1) comportant une armature de sommet (50), une sous-couche (30), et une bande de roulement multicouche (20) formée de trois couches de mélanges élastomériques (M1, M2, M3), dont la couche (M3) est destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement (10) :

- l'armature de sommet (50) étant disposée radialement intérieurement à la bande de roulement multicouche (20);
- la sous-couche (30) étant disposée radialement extérieurement à l'armature de sommet (50) et radialement intérieurement à la bande de roulement multicouche (20), et s'étendant sur toute la largeur axiale de l'armature de sommet (50) ;
- la bande de roulement multicouche (20) comprenant une première couche (M1) disposée radialement extérieurement à la sous-couche (30) et s'étendant axialement sur toute ou partie de la largeur axiale de la sous-couche (30) au moins en tronçons ;
- la bande de roulement comprenant également une couche (M3) la plus radialement extérieure dotée d'une surface de roulement (10);
- les mélanges élastomériques des couches respectivement (M1, M2, M3) ayant respectivement un module de rigidité de cisaillement, $G'(M1)$, $G'(M2)$, $G'(M3)$, et ayant respectivement une perte viscoélastiques $Tg\delta(M1)$, $Tg\delta(M2)$, $Tg\delta(M3)$, mesurés à 23°C à 10 Hz et sous une déformation de cisaillement alterné de 10% du matériau de chaque couche,

Caractérisé en ce que,

la bande de roulement multicouche (20) comporte une couche intermédiaire (M2) disposée radialement extérieurement à la première couche (M1) en contact avec elle, et radialement intérieurement à la couche (M3), s'étendant axialement au moins en tronçons le long de la couche (M1),

et en ce que

le rapport $G'(M1)/G'(M2)$ est compris dans l'intervalle [7; 25];

la perte viscoélastique $Tg\delta (M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire (M2), et la perte viscoélastique $Tg\delta (M3)$ du mélange élastomérique de la couche (M3) la plus radialement extérieure, sont reliées par la relation : $(Tg\delta (M2)-Tg\delta (M3))/Tg\delta (M2) \geq 30\%$;

le rapport de l'épaisseur radiale de la couche (M3) la plus radialement extérieure divisée par l'épaisseur radiale de la couche intermédiaire (M2), Epaisseur (M3)/Epaisseur (M2), est compris dans l'intervalle [3; 10], lesdites épaisseurs étant mesurées sur l'axe de symétrie d'un plan méridien du pneumatique.

5

[Revendication 2] Pneumatique (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rapport du module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la première couche (M1), divisé par le module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la couche radialement la plus extérieure (M3), $G'(M1)/G'(M3)$ est compris dans l'intervalle [7; 25].

10

[Revendication 3] Pneumatique (1) selon la revendication précédente, **dans lequel** le module de rigidité de cisaillement du mélange élastomérique de la sous-couche (30) est inférieur ou égal à 1.5 MPa.

15 **[Revendication 4]** Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la perte viscoélastique $Tg\delta(M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire (M2) est supérieure ou égale à 0,2.

20 **[Revendication 5]** Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la perte viscoélastique $Tg\delta(M2)$ du mélange élastomérique de la couche intermédiaire (M2), et la perte viscoélastique $Tg\delta(M3)$ du mélange élastomérique de la couche la plus radialement extérieure M3, sont reliées par la relation : $(Tg\delta(M2) - Tg\delta(M3))/Tg\delta(M2) \geq 20\%$.

25 **[Revendication 6]** Pneumatique (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le module de rigidité de cisaillement $G'(M1)$ du mélange élastomérique de la première couche (M1) est supérieur à 7 MPa.

30 **[Revendication 7]** Pneumatique (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le module de rigidité de cisaillement $G'(M1)$ du mélange élastomérique de la première couche (M1) est supérieur ou égal à 12 MPa.

- 5 [Revendication 8] Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, le profil raboté de la bande de roulement étant par convention, défini tel que la hauteur de sculpture résiduelle après rabotage soit de 2mm sur toute la largeur axiale de la bande de roulement, et le profil radialement extérieur de la première couche (M1) **caractérisé en ce que** l'écart maximal Emax est constant à ± 5 mm sur au moins une portion centrale de la bande de roulement.
- 10 [Revendication 9] Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, les sillons (80) de la bande de roulement étant les rainures les plus profondes de la sculpture, **dans lequel** le matériau apparaissant en fond de sillons est le même matériau que le matériau constitutif de la couche (M3) de la bande de roulement.
- 15 [Revendication 10] Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche intermédiaire (M2) disposée radialement extérieurement à la première couche (M1), et en contact radialement intérieurement avec la couche (M3), s'étend axialement en continue le long de la couche (M1).
- 20 [Revendication 11] Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, la bande de roulement (10) comportant des blocs de sculpture (25) séparés par des sillons (80) orientés essentiellement circonférentiellement, **caractérisé en ce que** la première couche (M1) est, axialement en regard de certains blocs de sculpture (25), prolongée radialement vers l'extérieur par au moins un élément renforçant (27) s'étendant radialement de la surface radialement
- 25 extérieure de la couche (M1) vers l'extérieur de la bande de roulement (10) jusqu'à une hauteur radiale supérieure à 75% de l'épaisseur radiale de la bande de roulement, ledit élément renforçant (27) étant de largeur axiale variable, depuis une valeur maximale inférieure à 50% de la largeur axiale dudit bloc de sculpture (25), ladite largeur axiale allant en décroissant lorsque l'on se déplace radialement vers le haut.

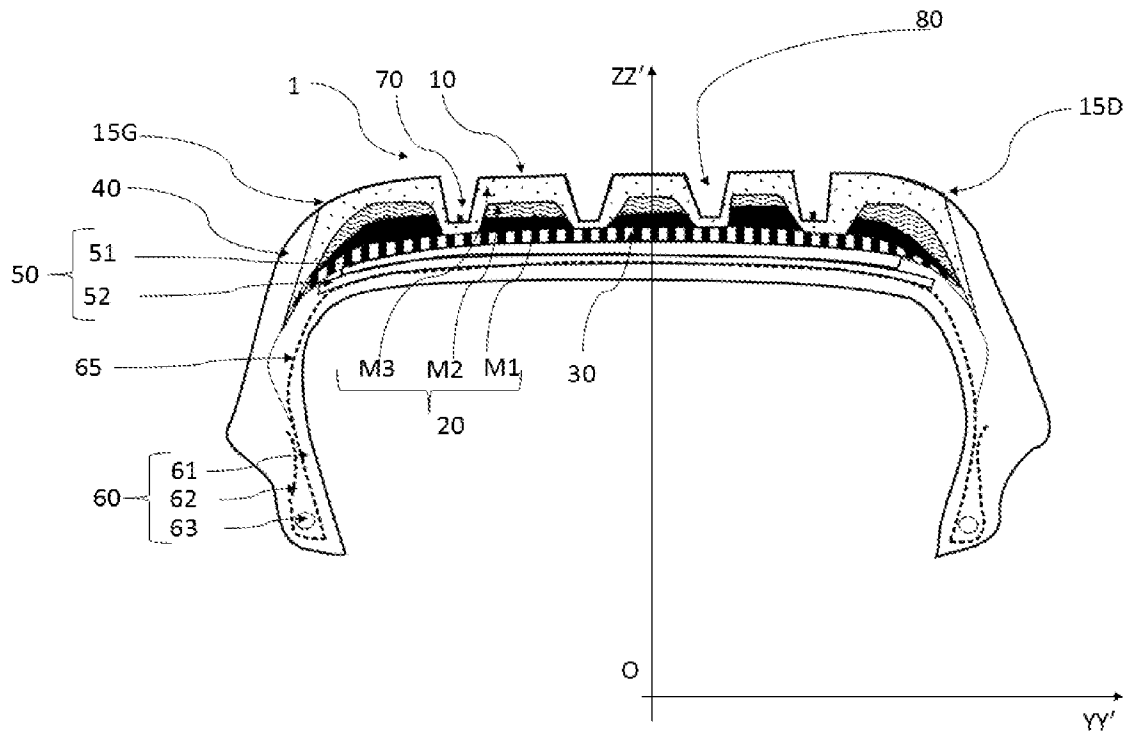


Figure 1

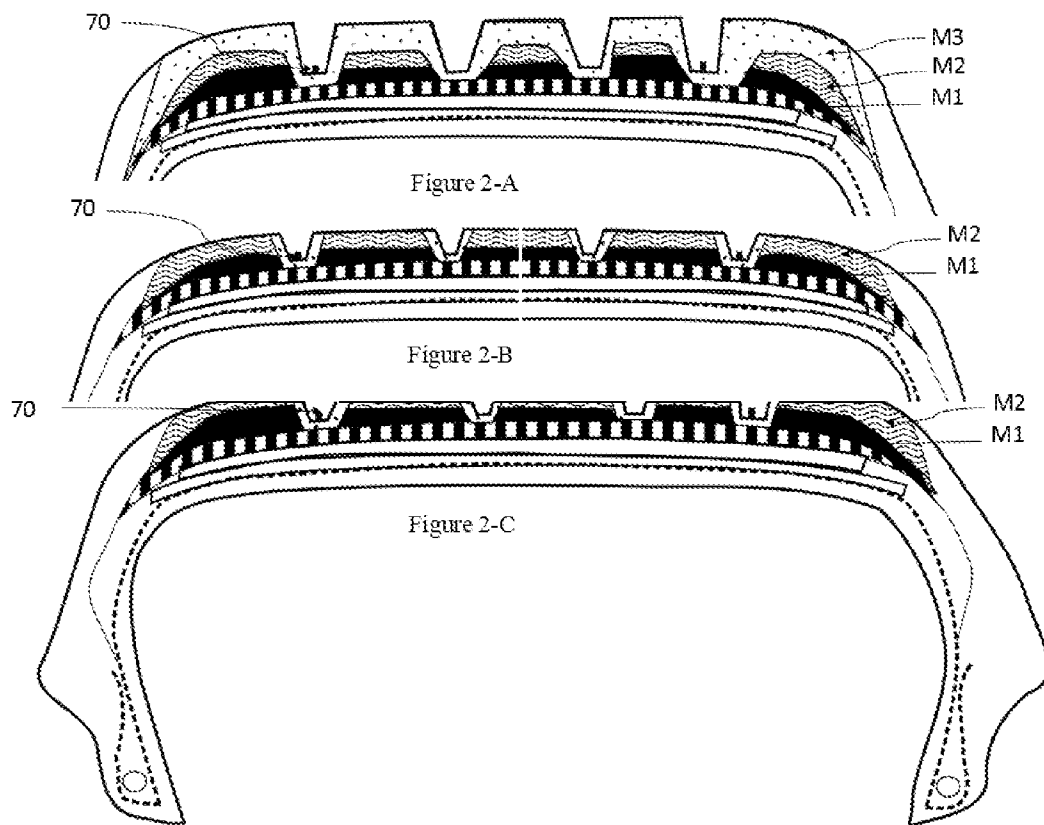


Figure 2

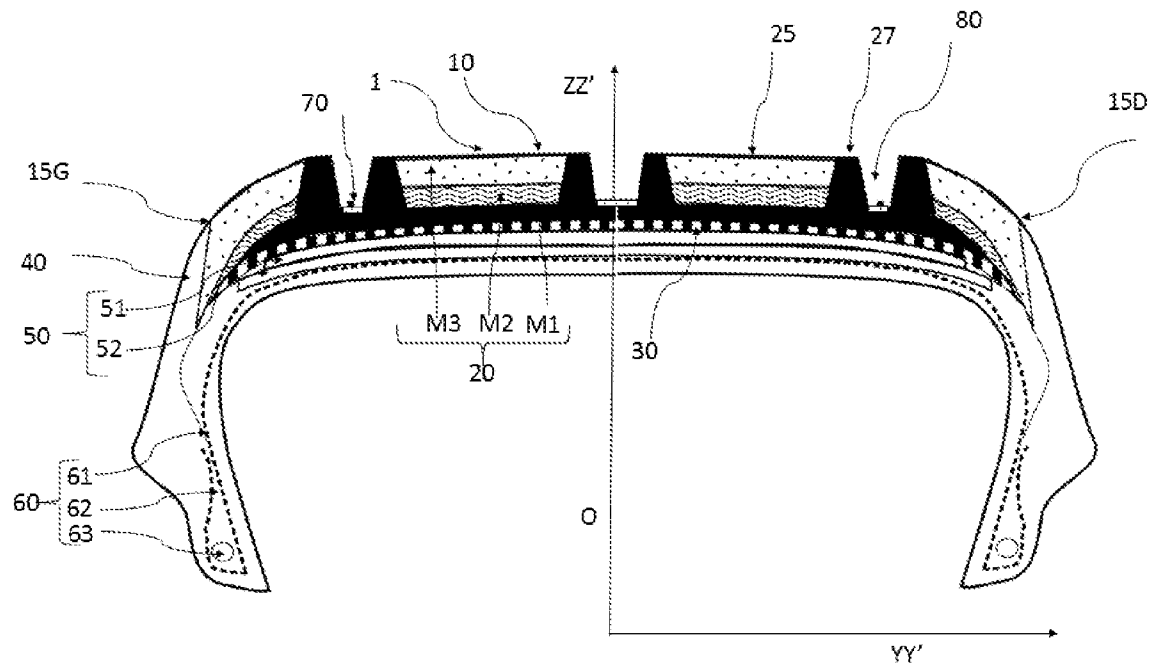


Figure 3

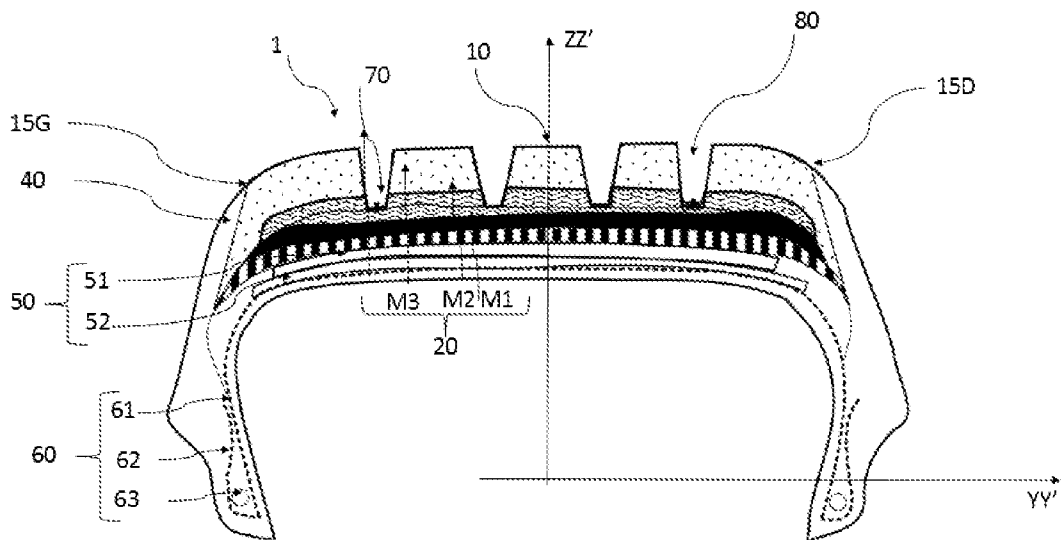


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2021/051169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B60C 11/00</i> (2006.01)i; <i>B60C 1/00</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60C Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 19731525 A1 (CONTINENTAL AG [DE]) 09 July 1998 (1998-07-09) column 3, line 61 - column 4, line 37 column 5, line 48 - column 6, line 53 figure 3	1-11
A	US 2014150944 A1 (YAMASHITA KENICHI [JP]) 05 June 2014 (2014-06-05) paragraph [0036] - paragraph [0045] figures	1
A	EP 3508354 A1 (NEXEN TIRE EUROPE S R O [DE]) 10 July 2019 (2019-07-10) abstract paragraph [0061] figure 14	1-11
A	EP 2865543 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 29 April 2015 (2015-04-29) paragraph [0065] - paragraph [0067] figures	1
☒ 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 07 September 2021		Date of mailing of the international search report 15 September 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Avisse, Marylène Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2021/051169

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2565056 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 06 March 2013 (2013-03-06) paragraph [0053] - paragraph [0055] figures	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2021/051169

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	19731525	A1	09 July 1998	NONE			
US	2014150944	A1	05 June 2014	CN	103847436	A	11 June 2014
				JP	6076715	B2	08 February 2017
				JP	2014108729	A	12 June 2014
				US	2014150944	A1	05 June 2014
EP	3508354	A1	10 July 2019	NONE			
EP	2865543	A1	29 April 2015	BR	102014025872	A2	22 September 2015
				CN	104553620	A	29 April 2015
				EP	2865543	A1	29 April 2015
				JP	2015081085	A	27 April 2015
				KR	20150046740	A	30 April 2015
				US	2015107735	A1	23 April 2015
EP	2565056	A1	06 March 2013	CN	102963216	A	13 March 2013
				EP	2565056	A1	06 March 2013
				JP	2013049409	A	14 March 2013
				KR	20130024794	A	08 March 2013
				US	2013048169	A1	28 February 2013

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2021/051169

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60C11/00 B60C1/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B60C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 197 31 525 A1 (CONTINENTAL AG [DE]) 9 juillet 1998 (1998-07-09) colonne 3, ligne 61 - colonne 4, ligne 37 colonne 5, ligne 48 - colonne 6, ligne 53 figure 3	1-11
A	----- US 2014/150944 A1 (YAMASHITA KENICHI [JP]) 5 juin 2014 (2014-06-05) alinéa [0036] - alinéa [0045] figures	1
A	----- EP 3 508 354 A1 (NEXEN TIRE EUROPE S R O [DE]) 10 juillet 2019 (2019-07-10) abrégé alinéa [0061] figure 14 ----- -/-	1-11
☒ 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 7 septembre 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 15/09/2021
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 Avisse, Marylène

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	EP 2 865 543 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 29 avril 2015 (2015-04-29) alinéa [0065] - alinéa [0067] figures -----	1
A	EP 2 565 056 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 6 mars 2013 (2013-03-06) alinéa [0053] - alinéa [0055] figures -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2021/051169

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19731525	A1	09-07-1998	AUCUN	
US 2014150944	A1	05-06-2014	CN 103847436 A	11-06-2014
			JP 6076715 B2	08-02-2017
			JP 2014108729 A	12-06-2014
			US 2014150944 A1	05-06-2014
EP 3508354	A1	10-07-2019	AUCUN	
EP 2865543	A1	29-04-2015	BR 102014025872 A2	22-09-2015
			CN 104553620 A	29-04-2015
			EP 2865543 A1	29-04-2015
			JP 2015081085 A	27-04-2015
			KR 20150046740 A	30-04-2015
			US 2015107735 A1	23-04-2015
EP 2565056	A1	06-03-2013	CN 102963216 A	13-03-2013
			EP 2565056 A1	06-03-2013
			JP 2013049409 A	14-03-2013
			KR 20130024794 A	08-03-2013
			US 2013048169 A1	28-02-2013