

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2017/109338 A1**

(43) Date de la publication internationale  
29 juin 2017 (29.06.2017)

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

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2016/053457

(22) Date de dépôt international :  
15 décembre 2016 (15.12.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
15/63040 22 décembre 2015 (22.12.2015) FR

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

(72) Inventeurs : ARAUJO DA SILVA, José-Carlos; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des

Carnes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). MAESAKA, Masayuki; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carnes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). MANSUY, Philippe; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carnes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : WROBLEWSKI, Nicolas; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carnes-Déchaux - DGD/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, 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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : PULP-BASED COMPOSITE MATERIALS FOR MECHANICAL COUPLING

(54) Titre : MATÉRIAUX COMPOSITES A BASE DE PULPE POUR LE COUPLAGE MÉCANIQUE

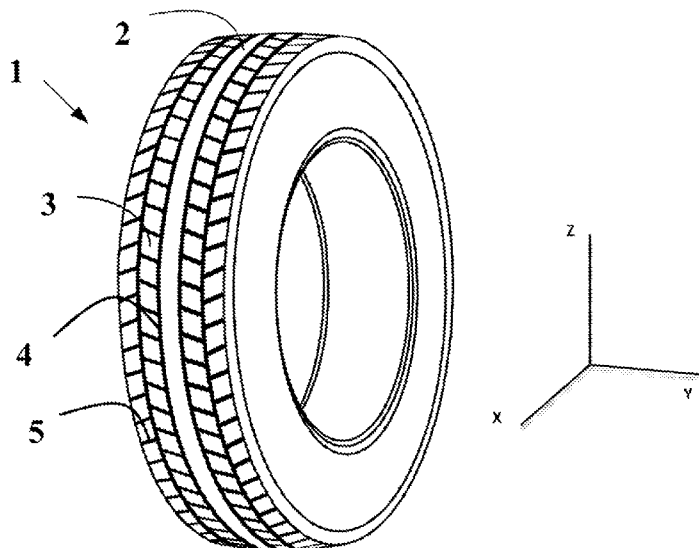


Figure 1

(57) Abstract : The invention relates to materials that allow for mechanical coupling in elastomer compositions that can be used in particular for manufacturing pneumatic tire treads. The invention especially relates to a tire tread comprising a composite material based on an elastomer matrix, a crosslinking system, a reinforcing filler and a pulp.

(57) Abrégé : La présente invention est relative à des matériaux permettant de générer du couplage mécanique dans des compositions élastomériques, utilisables notamment pour la fabrication de bandes de roulement de pneumatiques. En particulier elle se rapporte à une bande de roulement comprenant un matériau composite à base d'une matrice élastomérique, un système de réticulation, une charge renforçante et une pulpe.

WO 2017/109338 A1



NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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).

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

**Publiée :**

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

## MATERIAUX COMPOSITES A BASE DE PULPE POUR LE COUPLAGE MECANIQUE

**Domaine technique**

La présente invention est relative à des matériaux permettant de générer du couplage  
mécanique dans des compositions élastomériques, utilisables notamment pour la  
fabrication de bandes de roulement de pneumatiques.

**Etat de la technique**

L'amélioration de la résistance à l'usure des pneumatiques est une problématique très  
importante notamment en raison du coût des pneumatiques. Cette problématique  
concerne tout type de pneumatique, mais est d'autant plus importante pour les  
pneumatiques de véhicules poids lourds et de génie civil en raison de l'impact  
économique lié à l'immobilisation des véhicules lors du remplacement des pneumatiques  
usés.

Particulièrement, dans le domaine du génie civil, et en particulier le domaine minier, les  
pneumatiques sont utilisés sur des sites d'extraction de minerai ou de charbon  
essentiellement, ainsi que dans des carrières. L'usage consiste, de manière simplifié, en :

- Un cycle aller en charge, généralement en montée pour le minerai et le charbon,  
généralement en descente pour les carrières, pour transporter le minerai ou le matériau  
stérile vers les zones de déchargement (« crusher » pour le minerai, « dumping zones »  
pour le matériau stérile) ;

- Un cycle retour à vide, généralement en descente pour l'usage minier, généralement en  
montée pour l'usage carrière, pour retourner vers les zones de chargement.

Les pneumatiques équipant les dumpers miniers concernés sont, en règle générale,  
montés sur l'essieu avant du véhicule pendant le premier tiers de leur vie, puis ensuite  
permutés en monte jumelée sur l'essieu arrière pour les deux tiers de vie restants. Le  
couple moteur est transmis via l'essieu arrière, le couple freineur est également quasi-  
exclusivement transmis via l'essieu arrière en utilisant le frein moteur (thermique ou  
électrique dans le cas d'une telle transmission).

Du point de vue du gestionnaire d'une mine, le transport du minerai et du matériau  
stérile représente une part importante des coûts opérationnels de la mine, et la part des  
pneumatiques dans cette contribution est significative. Limiter la vitesse d'usure est donc  
un axe majeur de réduction des coûts d'exploitation. Du point de vue du manufacturier  
de pneumatiques, développer des solutions techniques permettant de réduire la vitesse  
d'usure est donc un élément stratégique important.

Les pneumatiques miniers de l'essieu arrière des dumpers rigides sont soumis à des efforts importants (passage de couple moteur et freineur) car les pentes des pistes pour sortir des mines à ciel ouvert (« pit » en anglais) sont en général de l'ordre de 8,5 à 10%. Cette valeur de pente permet d'optimiser la productivité des véhicules avec les puissances actuelles disponibles. Ces sollicitations se traduisent par une usure relativement rapide des pneumatiques. Il s'agit donc de proposer une solution technique permettant d'améliorer la performance usure des pneumatiques de cet essieu, à la fois sous couple moteur en charge et sous couple freineur à vide.

- De nombreuses solutions ont été recherchées pour augmenter la résistance à l'usure de manière à prolonger au maximum leur durée de vie et ainsi réduire les coûts d'exploitation.

Dans le domaine des pneumatiques de véhicules de génie civil, il est connu d'utiliser dans des bande de roulement de véhicules hors la route, du caoutchouc naturel, une charge renforçante de type noir de carbone et des additifs usuellement utilisés pour ces pneumatiques. L'amélioration de la résistance à l'usure de ce type de pneumatique est généralement réalisée par l'optimisation de la nature de ses constituants ou de ses sculptures. Par exemple, pour améliorer la résistance à l'usure de pneumatiques hors la route, la demande WO 2013/041400 propose d'intégrer une certaine quantité de polybutadiène à fort taux de vinyle dans une matrice isoprénique d'une composition pour bande de roulement.

Dans le domaine des pneumatiques pour véhicules roulant sur sol bitumineux tel que les véhicules de tourisme ou la plupart des véhicules poids lourds, une solution pour améliorer la résistance à l'usure a été proposée dans le brevet US 8,272,412 en intégrant, dans une composition élastomérique pour bande de roulement, des fibres de verre orientées à 45 degrés par rapport à la direction du roulement dans le plan circonférentiel.

Or, il est toujours nécessaire de fournir des solutions améliorées pour améliorer la résistance à l'usure des pneumatiques en général, et particulièrement pour les pneumatiques de véhicules poids lourds ou de génie civil.

### **Exposé de l'invention**

En conséquence, la présente invention concerne une nouvelle formulation pour pneumatiques permettant d'améliorer significativement leur résistance à l'usure.

Elle a notamment pour objet une Bande de roulement comprenant au moins une sculpture, ladite sculpture comprenant un matériau composite à base d'une matrice élastomérique, un système de réticulation, une charge renforçante et de la pulpe, ladite pulpe :

- étant présente dans la matrice élastomérique à une concentration comprise dans un domaine allant de 5 à 45 parties en poids pour cent parties d'élastomère, pce, et
- étant dans un matériau choisi parmi les polyamides aromatiques, les polybenzimidazoles, les polybenzothiazoles, les polybenzoxazoles, les polypyridazoles, les polybenzoxadiazoles, les polyesters aromatiques, les polyuréthannes, les polyétheréthercétone, les polyoléfines, les polyacryliques et les polymères à cristaux liquides, la cellulose, le verre et leurs mélanges,

ladite sculpture étant constituée d'une pluralité de couches parallèles et adjacentes entre elles, lesdites couches étant orientées dans la sculpture parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan équatorial et (ii) orienté à un angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant défini par la formule  $\alpha = 45 \pm x$ , où  $x$  est compris dans un domaine allant de 10 à 30.

La bande de roulement conforme à l'invention, peut être soit à l'état cru (avant réticulation ou vulcanisation), soit à l'état cuit (après réticulation ou vulcanisation). Elle peut être sous la forme d'un produit semi-fini qui peut être utilisé dans un pneumatique ou sur une carcasse rechapée, ou alors être déjà disposée sur un bandage ou une enveloppe de pneumatique.

#### Définitions

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 en masse d'élastomère ou de caoutchouc.

Dans la présente, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des pourcentages (%) en masse.

D'autre part, tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "entre a et b" représente le domaine de valeurs allant de plus de a à moins de b (c'est-à-dire bornes a et b exclues) tandis que tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "de a à b" signifie le domaine de valeurs allant de a jusqu'à b (c'est-à-dire incluant les bornes strictes a et b). Dans la présente, lorsqu'on désigne un intervalle de valeurs par l'expression "de a à b", on désigne également et préférentiellement l'intervalle représenté par l'expression "entre a et b".

Dans la présente, par l'expression composition "à base de", on entend une composition comportant le mélange et/ou le produit de réaction des différents constituants utilisés, certains de ces 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. A titre d'exemple une composition

à base d'une matrice élastomérique et de soufre comprend la matrice élastomérique et le soufre avant cuisson, alors qu'après cuisson le soufre n'est plus détectable car ce dernier a réagi avec la matrice élastomérique en formant des ponts disulfure.

- 5 Dans la présente, par l'expression "comprend majoritairement", on entend comprendre plus de 50%. Il peut s'agir par exemple de plus de 60%, 70%, 80%, 90%, voire 100%.

En un point déterminé d'un pneumatique, la direction circonférentielle, également appelée direction longitudinale, est la direction tangente d'un cercle centré sur l'axe de rotation du pneumatique. Elle est parallèle à la direction de roulement du pneumatique. L'axe de rotation du pneumatique est l'axe autour duquel il tourne en utilisation normale. En un point déterminé d'un pneumatique, la direction transversale, également appelée direction latérale, est parallèle à l'axe de rotation du pneumatique. En un point déterminé d'un pneumatique, la direction radiale est une direction coupant l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire à celui-ci. On appelle « X » une direction parallèle à la direction circonférentiel, « Y » une direction parallèle à la direction transversale et « Z » une direction parallèle à la direction radiale. Les directions XYZ forment un repère orthogonal (Figure 1).

20 On entend par « Fx » la composante horizontale des efforts du sol sur le pneu dans la direction de roulage du pneumatique. On parle de couple moteur lorsqu'une force Fx positive est appliquée et de couple freineur lorsqu'une force Fx négative est appliquée. On entend par « Fy » la composante horizontale des efforts du sol sur le pneumatique dans la direction transverse du pneumatique. On entend par « Fz » la composante verticale.

On entend par "taux de couplage" le rapport de la composante horizontale Fx des efforts du sol sur le pneumatique (ou du sol sur l'éprouvette) à la composante verticale Fz des efforts du sol sur le pneu (ou du sol sur l'éprouvette).

30 Un plan radial « YZ », également appelé plan méridien, est un plan qui contient l'axe de rotation du pneumatique. Un plan circonférentiel « XZ » est un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique. Le plan médian circonférentiel, également appelé plan équatorial, est un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneu et qui divise le pneumatique en deux moitiés.

Dans la présente, on entend par "sculpture", un système plus ou moins complexe d'éléments en relief séparés les uns des autres par des découpures. Les éléments en relief d'une sculpture peuvent être soit des nervures soit des blocs.

Par "nervure" ("rib" en anglais), on entend un élément en relief formé sur une bande de roulement et s'étendant essentiellement selon la direction circonférentielle, cet élément étant délimité soit par deux découpures, soit par une découpe et un bord de la bande de roulement. Une nervure comprend deux parois latérales et une face de contact, cette dernière étant destinée à venir en contact avec la chaussée pendant le roulage. Cet élément s'étend dans la direction circonférentielle et fait le tour du pneumatique (légende (2) de Figure 1).

Par "bloc" ("tread block" en anglais), on entend un élément en relief formé sur une bande de roulement, cet élément étant délimité par une ou plusieurs découpures rectilignes, incurvées ou circulaire, et éventuellement par un bord de la bande de roulement. Un bloc comprenant également une face de contact, cette dernière étant destinée à venir en contact avec la chaussée pendant le roulage (légende (3) de Figure 1).

Les découpures peuvent être soit des rainures, soit des incisions selon leur épaisseur, c'est-à-dire la distance entre les parois de matière qui les délimitent et leur fonctionnement lors du roulage. L'épaisseur d'une rainure est typiquement au moins égale à 1 mm, alors que l'épaisseur d'une incision est typiquement au plus égale à 1 mm. Lors du roulage du pneumatique, les parois de matière d'une rainure n'entrent pas en contact l'une avec l'autre, alors que les parois de matière d'une incision entrent en contact au moins en partie l'une avec l'autre.

Dans la présente, une "découpe" ("cut out" en anglais) désigne une rainure et correspond à l'espace délimité par des parois de matière se faisant face et distantes l'une de l'autre d'une distance non nulle, de préférence supérieure à 1 mm, par exemple supérieure à 2, 3, 4 ou 5 mm (légendes (4) et (5) de Figure 1).

Selon l'invention, on entend par "matériau composite", tout matériau à base d'au moins une matrice élastomérique, d'un système de réticulation, d'une charge renforçante et de la pulpe.

Dans le cadre de l'invention, les produits carbonés mentionnés dans la description, peuvent être d'origine fossile ou biosourcés. Dans ce dernier cas, ils peuvent être, partiellement ou totalement, issus de la biomasse ou obtenus à partir de matières premières renouvelables issues de la biomasse.

#### Matrice élastomérique

Selon l'invention, toute matrice élastomérique connue de l'homme du métier pour la fabrication de bande de roulement peut être utilisée dans le matériau composite de la sculpture de la bande de roulement selon l'invention.

Par exemple la matrice élastomérique peut comprendre un élastomère diénique, de préférence un élastomère choisi parmi les élastomères isopréniques, les copolymères butadiéniques et styréniques, les polybutadiènes et leurs mélanges.

- 5 Par élastomère "diénique", doit être compris de manière connue un (on entend un ou plusieurs) élastomère issu au moins en partie (i.e., un homopolymère ou un copolymère) de monomères diènes (monomères porteurs de deux doubles liaisons carbone-carbone, conjuguées ou non).
- 10 Ces élastomères diéniques sont bien connus de l'homme de l'art et peuvent être classés dans deux catégories : "essentiellement insaturés" ou "essentiellement saturés". On entend en général par "essentiellement insaturé", un élastomère diénique issu au moins en partie de monomères diènes conjugués, ayant un taux de motifs ou unités d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 15% (% en moles) ; c'est ainsi que des
- 15 élastomères diéniques tels que les caoutchoucs butyle ou les copolymères de diènes et d' $\alpha$ -oléfines type EPDM n'entrent pas dans la définition précédente et peuvent être notamment qualifiés d'élastomères diéniques "essentiellement saturés" (taux de motifs d'origine diénique faible ou très faible, toujours inférieur à 15%). Dans la catégorie des élastomères diéniques "essentiellement insaturés", on entend en particulier par
- 20 élastomère diénique "fortement insaturé" un élastomère diénique ayant un taux de motifs d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 50%.

On entend plus particulièrement par élastomère diénique susceptible d'être utilisé dans les compositions conformes à l'invention :

- 25 a) tout homopolymère d'un monomère diène conjugué, notamment tout homopolymère obtenu par polymérisation d'un monomère diène conjugué ayant de 4 à 12 atomes de carbone;
- b) tout copolymère obtenu par copolymérisation d'un ou plusieurs diènes conjugués entre eux ou avec un ou plusieurs composés vinyle aromatique ayant de 8 à 20 atomes de
- 30 carbone;
- c) un copolymère ternaire obtenu par copolymérisation d'éthylène, d'une  $\alpha$ -oléfine ayant 3 à 6 atomes de carbone avec un monomère diène non conjugué ayant de 6 à 12 atomes de carbone, comme par exemple les élastomères obtenus à partir d'éthylène, de propylène avec un monomère diène non conjugué du type précité tel que notamment
- 35 l'hexadiène-1,4, l'éthylidène norbornène, le dicyclopentadiène;
- d) un copolymère d'isobutène et d'isoprène (caoutchouc butyle), ainsi que les versions halogénées, en particulier chlorées ou bromées, de ce type de copolymère.

- 40 Bien qu'elle s'applique à tout type d'élastomère diénique, l'homme du métier du pneumatique comprendra que la présente invention est de préférence mise en œuvre avec des élastomères diéniques essentiellement insaturés, en particulier du type (a) ou

(b) ci-dessus. Dans le cas de copolymères du type (b), ceux-ci contiennent de 20 à 99% en poids d'unités diéniques et de 1 à 80% en poids d'unités vinylaromatique.

A titre de diènes conjugués conviennent notamment le butadiène-1,3, le 2-méthyl-1,3-butadiène, les 2,3-di(alkyle en C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>)-1,3-butadiènes tels que par exemple le 2,3-diméthyl-1,3-butadiène, le 2,3-diéthyl-1,3-butadiène, le 2-méthyl-3-éthyl-1,3-butadiène, le 2-méthyl-3-isopropyl-1,3-butadiène, un aryl-1,3-butadiène, le 1,3-pentadiène, le 2,4-hexadiène.

A titre de composés vinylaromatique conviennent par exemple le styrène, l'ortho-, méta-, para-méthylstyrène, le mélange commercial "vinyle-toluène", le para-tertiobutylstyrène, les méthoxystyrènes, les chlorostyrènes, le vinylmésitylène, le divinylbenzène, le vinylnaphtalène.

Par "élastomère isoprénique", on entend de manière connue un homopolymère ou un copolymère d'isoprène, en d'autres termes un élastomère diénique choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères. Parmi les copolymères d'isoprène, on citera en particulier les copolymères d'isobutène-isoprène (caoutchouc butyle - IIR), d'isoprène-styrène (SIR), d'isoprène-butadiène (BIR) ou d'isoprène-butadiène-styrène (SBIR). Cet élastomère isoprénique est de préférence du caoutchouc naturel ou un polyisoprène cis-1,4 de synthèse, de préférence du caoutchouc naturel. Par exemple, le polyisoprène de synthèse, peut être un polyisoprène ayant un taux (% molaire) de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%, plus préférentiellement encore supérieur à 98%.

Les élastomères utilisés dans le cadre de la présente invention peuvent être par exemple à blocs, statistiques, séquencés, microséquencés, et être préparés en dispersion ou en solution ; ils peuvent être couplés et/ou étoilés et/ou fonctionnalisés avec un agent de couplage et/ou d'étoilage et/ou de fonctionnalisation.

L'élastomère isoprénique peut être choisi dans le groupe comprenant le caoutchouc naturel, le polyisoprène synthétique et leur mélange. De préférence, l'élastomère isoprénique est du caoutchouc naturel.

Au sens de la présente invention on appelle copolymère d'unité butadiéniques et d'unités styréniques tout copolymère obtenu par copolymérisation d'un ou plusieurs butadiène(s) avec un ou plusieurs composés styréniques. A titre de composés styréniques conviennent par exemple le styrène, l'ortho-, méta-, para-méthylstyrène, le mélange commercial "vinyle-toluène", le para-tertiobutylstyrène, les méthoxystyrènes, les chlorostyrènes, le vinylmésitylène, le divinylbenzène, le vinylnaphtalène. Ces élastomères peuvent avoir

toute microstructure qui est fonction des conditions de polymérisation utilisées, notamment de la présence ou non d'un agent modifiant et/ou randomisant et des quantités d'agent modifiant et/ou randomisant employées. Les élastomères peuvent être par exemple à blocs, statistiques, séquencés, microséquencés, et être préparés en dispersion ou en solution.

Le copolymère butadiénique et styrénique peut être, par exemple, du copolymère butadiène-styrène (SBR). Il peut s'agir par exemple d'un SBR préparé en émulsion ("ESBR") ou d'un SBR préparé en solution ("SSBR"). Les teneurs en liaisons vinyliques (-1,2), trans-1,4 et cis-1,4 de la partie butadiénique du SBR peuvent être variables. Par exemple, la teneur en vinyle peut être comprise entre 15% et 80% (% molaire), la teneur en liaisons trans-1,4 comprise entre 15% et 80% (% molaire).

L'élastomère diénique peut également comprendre majoritairement, voire exclusivement, un polybutadiène.

Conviennent les polybutadiènes et en particulier ceux ayant une teneur (% molaire) en unités -1,2 comprise entre 4% et 80% ou ceux ayant une teneur (% molaire) en cis-1,4 supérieure à 80%, les polyisoprènes, les copolymères de butadiène-styrène et en particulier ceux ayant une Tg (température de transition vitreuse (Tg, mesurée selon ASTM D3418) comprise entre 0°C et - 70°C et plus particulièrement entre - 10°C et - 60°C, une teneur en styrène comprise entre 5% et 60% en poids et plus particulièrement entre 20% et 50%, une teneur (% molaire) en liaisons -1,2 de la partie butadiénique comprise entre 4% et 75%, une teneur (% molaire) en liaisons trans-1,4 comprise entre 10% et 80%, les copolymères de butadiène-isoprène et notamment ceux ayant une teneur en isoprène comprise entre 5% et 90% en poids et une Tg de - 40°C à - 80°C, les copolymères isoprène-styrène et notamment ceux ayant une teneur en styrène comprise entre 5% et 50% en poids et une Tg comprise entre - 5°C et - 50°C. Dans le cas des copolymères de butadiène-styrène-isoprène conviennent notamment ceux ayant une teneur en styrène comprise entre 5% et 50% en poids et plus particulièrement comprise entre 10% et 40%, une teneur en isoprène comprise entre 15% et 60% en poids et plus particulièrement entre 20% et 50%, une teneur en butadiène comprise entre 5% et 50% en poids et plus particulièrement comprise entre 20% et 40%, une teneur (% molaire) en unités -1,2 de la partie butadiénique comprise entre 4% et 85%, une teneur (% molaire) en unités trans - 1,4 de la partie butadiénique comprise entre 6% et 80%, une teneur (% molaire) en unités -1,2 plus -3,4 de la partie isoprénique comprise entre 5% et 70% et une teneur (% molaire) en unités trans -1,4 de la partie isoprénique comprise entre 10% et 50%, et plus généralement tout copolymère butadiène-styrène-isoprène ayant une Tg comprise entre - 5°C et - 70°C.

### Système de réticulation

Le système de réticulation peut être à base de soufre et/ou de donneurs de soufre et/ou de peroxyde et/ou de bismaléimides. Le système de réticulation est préférentiellement un système de vulcanisation, c'est-à-dire un système à base de soufre (ou d'un agent  
5 donneur de soufre) et d'un accélérateur primaire de vulcanisation. A ce système de vulcanisation de base viennent s'ajouter, incorporés au cours de la première phase non-productive et/ou au cours de la phase productive telles que décrites ultérieurement, divers accélérateurs secondaires ou activateurs de vulcanisation connus tels qu'oxyde de zinc, acide stéarique ou composés équivalents, dérivés guanidiques (en particulier  
10 diphénylguanidine), ou encore des retardateurs de vulcanisation connus.

Le soufre peut être utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 12 pce, en particulier entre 1 et 10 pce. L'accélérateur primaire de vulcanisation est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 0,5 et 5,0  
15 pce.

### Charge renforçante

La charge renforçante est connue pour ses capacités à renforcer une composition de caoutchouc utilisable pour la fabrication de pneumatiques.

Selon l'invention, la charge renforçante peut comprendre du noir de carbone, une charge organique autre que le noir de carbone, une charge inorganique ou le mélange d'au moins deux de ces charges. Préférentiellement, la charge renforçante peut comprendre majoritairement, voire exclusivement, du noir de carbone. La charge renforçante peut  
25 également comprendre majoritairement, voire exclusivement, une charge inorganique renforçante.

Une telle charge renforçante consiste typiquement en des nanoparticules dont la taille moyenne (en masse) est inférieure au micromètre, généralement inférieure à 500 nm, le plus souvent comprise entre 20 et 200 nm, en particulier et plus préférentiellement  
30 comprise entre 20 et 150 nm.

Le noir de carbone présente une surface spécifique BET de préférence d'au moins 90 m<sup>2</sup>/g, de manière plus préférentielle d'au moins 100 m<sup>2</sup>/g. A ce titre conviennent les  
35 noirs conventionnellement utilisés dans les pneumatiques ou leurs bandes de roulement (noirs dits de grade pneumatique). Parmi ces derniers, on citera plus particulièrement les noirs de carbone renforçants des séries 100, 200, 300, ou les noirs de série 500, 600 ou 700 (grades ASTM), comme par exemple les noirs N115, N134, N234, N326, N330, N339, N347, N375, N550, N683, N772). Ces noirs de carbone peuvent être utilisés à l'état isolé,  
40 tels que disponibles commercialement, ou sous tout autre forme, par exemple comme support de certains des additifs de caoutchouterie utilisés. Les noirs de carbone

pourraient être par exemple déjà incorporés à l'élastomère diénique, notamment isoprénique sous la forme d'un masterbatch (voir par exemple demandes WO 97/36724 ou WO 99/16600). La surface spécifique BET des noirs de carbone est mesurée selon la norme D6556-10 [méthode multipoints (au minimum 5 points) – gaz : azote – domaine de pression relative  $P/P_0$  : 0.1 à 0.3].

Comme exemples de charges organiques autres que des noirs de carbone, on peut citer les charges organiques de polyvinyle fonctionnalisées telles que décrites dans les demandes WO 2006/069792, WO 2006/069793, WO 2008/003434 et WO 2008/003435.

Par "charge inorganique renforçante", doit être entendu ici toute charge inorganique ou minérale, quelles que soient sa couleur et son origine (naturelle ou de synthèse), encore appelée charge "blanche", charge "claire" ou même charge "non noire" par opposition au noir de carbone, capable de renforcer à elle seule, sans autre moyen qu'un agent de couplage intermédiaire, une composition de caoutchouc destinée à la fabrication de bandages pneumatiques, en d'autres termes apte à remplacer, dans sa fonction de renforcement, un noir de carbone conventionnel de grade pneumatique ; une telle charge se caractérise généralement, de manière connue, par la présence de groupes hydroxyle (-OH) à sa surface.

Comme charges inorganiques renforçantes conviennent notamment des charges minérales du type siliceuse, préférentiellement la silice ( $\text{SiO}_2$ ). La silice utilisée peut être toute silice renforçante connue de l'homme du métier, notamment toute silice précipitée ou pyrogénée présentant une surface BET ainsi qu'une surface spécifique CTAB toutes deux inférieures à  $450 \text{ m}^2/\text{g}$ , de préférence de 30 à  $400 \text{ m}^2/\text{g}$ , notamment entre 60 et  $300 \text{ m}^2/\text{g}$ . A titres de silices précipitées hautement dispersibles (dites "HDS"), on citera par exemple les silices « Ultrasil » 7000 et « Ultrasil » 7005 de la société Degussa, les silices « Zeosil » 1165MP, 1135MP et 1115MP de la société Rhodia, la silice « Hi-Sil » EZ150G de la société PPG, les silices « Zeopol » 8715, 8745 et 8755 de la Société Huber, les silices à haute surface spécifique telles que décrites dans la demande WO 03/016387.

Dans le présent exposé, en ce qui concerne la silice, la surface spécifique BET est déterminée de manière connue par adsorption de gaz à l'aide de la méthode de Brunauer-Emmett-Teller décrite dans *"The Journal of the American Chemical Society"* Vol. 60, page 309, février 1938, plus précisément selon la norme française NF ISO 9277 de décembre 1996 (méthode volumétrique multipoints (5 points) - gaz : azote - dégazage : 1 heure à  $160^\circ\text{C}$  - domaine de pression relative  $p/p_0$  : 0.05 à 0.17). La surface spécifique CTAB est la surface externe déterminée selon la norme française NF T 45-007 de novembre 1987 (méthode B).

Conviennent également comme charges inorganiques renforçantes les charges minérales du type alumineuse, en particulier de l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ou des (oxyde)hydroxydes d'aluminium, ou encore des oxydes de titane renforçants, par exemple décrits dans US 6,610,261 et US 6,747,087.

5

L'état physique sous lequel se présente la charge inorganique renforçante est indifférent, que ce soit sous forme de poudre, de micropertes, de granulés, de billes ou toute autre forme densifiée appropriée. Bien entendu on entend également par charge inorganique renforçante des mélanges de différentes charges inorganiques renforçantes, en particulier de charges siliceuses et/ou alumineuses hautement dispersibles telles que

10

décrites ci-dessus.

Pour coupler la charge inorganique renforçante à l'élastomère diénique, on utilise de manière bien connue un agent de couplage (ou agent de liaison) au moins bifonctionnel destiné à assurer une connexion suffisante, de nature chimique et/ou physique, entre la charge inorganique (surface de ses particules) et l'élastomère diénique. On utilise en particulier des organosilanes ou des polyorganosiloxanes au moins bifonctionnels.

15

La teneur en agent de couplage est avantageusement inférieure à 12 pce, étant entendu qu'il est en général souhaitable d'en utiliser le moins possible. Typiquement le taux d'agent de couplage représente de 0,5% à 15% en poids par rapport à la quantité de charge inorganique. Son taux est préférentiellement compris entre 0,5 et 9 pce, plus préférentiellement compris dans un domaine allant de 3 à 9 pce. Ce taux est aisément ajusté par l'homme du métier selon le taux de charge inorganique utilisé dans la composition.

25

Selon l'invention, le taux de charge renforçante peut être compris dans un domaine allant de 10 à 90 pce, de préférence de 10 à 70 pce, de préférence de 25 à 60 pce. De manière avantageuse, le taux de charge renforçante est compris dans un domaine allant de 10 à 30% de fraction volumique, de préférence de 15 à 25% de fraction volumique, par rapport au volume de la composition à bas module de rigidité

30

### Pulpe

La pulpe, également appelée « pâte » est un matériau selon la BISFA (The international Bureau For the Standardisation Of Man-Made Fibres) dans son édition de 2009 « Terminology of man-made fibres », est un terme générique pour les matériaux fibrés traités pour différentes applications telles que les fibres, le papier ou autres composés. La pulpe peut être produite par coupure mécanique de fibres continues. La pulpe comprend des fibres fibrillées c'est-à-dire des fibres avec des fibrilles (une subdivision de la fibre) attachées aux fibres. La pulpe comprend également une autre forme connue sous le nom

35

40

de micropulpe qui peut être produite selon le procédé décrit dans la demande WO 03/044250.

Selon l'invention, la pulpe est dans un matériau choisi parmi les polyamides aromatiques, les polybenzimidazoles, les polybenzothiazoles, les polybenzoxazoles, les polypyridazoles, les polybenzoxadiazoles, les polyesters aromatiques, les polyuréthannes, les polyétheréthercétones, les polyoléfines, les polyacryliques et les polymères à cristaux liquides, la cellulose, le verre et leurs mélanges.

De préférence, la pulpe est dans un matériau choisi parmi les polyamides aromatiques, les polybenzimidazoles, les polybenzothiazoles, les polybenzoxazoles, les polypyridazoles, les polybenzoxadiazoles, les polyesters aromatiques, les polyuréthannes, les polyétheréthercétones, les polyoléfines, les polyacryliques et les polymères à cristaux liquides et leurs mélanges. De préférence encore, la pulpe est dans un matériau choisi parmi les polyamides aromatiques, les polybenzoxazoles et les polyoléfines.

Avantageusement, la pulpe est choisie parmi la pulpe d'aramide, la pulpe de polyéthylène à très haute masse moléculaire (UHMWPE Ultra High Molecular Weight Polyethylene), la pulpe de polybenzoxazole, la pulpe de polypyridazoles et plus préférentiellement la pulpe de para-aramide et la pulpe de polybenzoxazole. De préférence, la pulpe est de la pulpe d'aramide.

Les fibres qui composent la pulpe ont généralement une longueur comprise entre 0,1 et 10 mm, de préférence entre 0,1 et 8 mm avec un diamètre entre 1 et 40  $\mu\text{m}$ . Les fibres sous forme de micropulpe ont généralement une longueur comprise entre 0,01 et 100  $\mu\text{m}$ , de préférence entre 0,1 et 50  $\mu\text{m}$ .

La pulpe peut, par exemple, être une pulpe décrite dans les brevets EP 0 445 655, US 2004/0191192, WO 03/044250, US 4,871,004, US 2,999,788.

A titre d'exemple de pulpes disponibles dans le commerce, on peut citer la pulpe Kevlar®Aramid commercialisée par la société DuPont, Wilmington, Delaware, la pulpe d'aramide Twaron®pulp de Teijin<sup>TM</sup>, la pulpe Celanese Vectran® HS commercialisée par la société Engineering Fibers Technology, Shelton, Connecticut, ou encore la pulpe CFF Fibrillated Acrylic Fiber commercialisée par la société Sterling Fibers Inc, Pace, Florida.

La pulpe peut être ajoutée directement dans la matrice élastomérique ou est incorporée sous forme de pré-mix c'est-à-dire que les fibres sont préalablement dispersées dans une matrice élastomériques pour faciliter leur incorporation dans la formulation finale.

Selon l'invention, la pulpe est présente dans la matrice élastomérique à une concentration comprise dans un domaine allant de 5 à 45 pce.

Avantageusement, la teneur pulpe peut être comprise dans un domaine allant de 5 à 30 pce, de préférence de 5 à 20 pce, de préférence encore de 5 à 15 pce, de préférence encore de 5 à 10 pce.

Bien que cela ne soit pas obligatoire pour la mise en œuvre de la présente invention, la pulpe peut être adhésivée, c'est-à-dire traitée de manière à améliorer son adhésion à la matrice élastomérique. Par exemples, la pulpe peut être adhésivée avec une colle choisie parmi les colles époxy suivie d'un traitement au latex résorcinol-formaldéhyde (RFL) liquide et les colles à base de formaldéhyde, de préférences les colles RFL. A titre d'exemple de colle RFL utilisable pour adhérer la pulpe, on peut citer celles décrites dans la demande WO 2001/057116.

Avantageusement, la pulpe est principalement orientée dans la sculpture parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan équatorial et (ii) orienté à un angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant défini par la formule  $\alpha = 45 \pm x$ , où  $x$  est compris dans un domaine allant de 10 à 30. En d'autres termes, la pulpe est principalement orientée dans la sculpture parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan équatorial et (ii) orienté à un angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant compris dans un domaine allant de 15 à 35 degrés ou de 55 à 75 degrés. On entend par « principalement orientée », l'orientation moyenne de la pulpe au sein de la sculpture. Cette orientation principale peut être obtenue grâce à des procédés de préparation de matériau composite décrits ci-après, en particulier par le fait que la pulpe est disposée au sein de couches orientées

La présente invention met donc à la disposition de l'homme du métier des matériaux composites permettant de transférer un effort du sol sur le pneumatique de la composante Fz en différentes composantes Fx, et donc de générer un taux de couplage significatif. L'homme du métier peut ainsi choisir des orientations principales de la pulpe dans la sculpture d'un pneumatique, en fonction des conditions d'utilisation du pneumatique.

#### Additifs divers

La matériau composite peut comporter également tout ou partie des additifs usuels habituellement utilisés dans les compositions d'élastomères destinées à constituer des bandes de roulement, comme par exemple des plastifiants, des pigments, des fibres, des agents de protection tels que cires anti-ozone, anti-ozonants chimiques, anti-oxydants, des agents antifatigue, bien connus de l'homme du métier.

Sculpture de la bande de roulement

La bande de roulement selon la présente invention comprend une sculpture.

Selon l'invention, la sculpture est constituée d'une pluralité de couches parallèles et adjacentes entre elles, les couches étant orientées dans la sculpture parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan équatorial et (ii) orienté à un angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant défini par la formule  $\alpha = 45 \pm x$ , où  $x$  est compris dans un domaine allant de 10 à 30. En d'autres termes, les couches sont orientées dans les plans circonférentiels selon un même angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant compris dans un domaine allant de 15 à 35 degrés ou de 55 à 75 degrés.

Sauf indications contraires, l'orientation des couches dans la bande de roulement selon l'invention est exprimée par rapport à une bande de roulement disposée sur un pneumatique. L'homme du métier saura aisément convertir l'orientation des couches lorsque la bande de roulement est disposée à plat, par exemple sous la forme d'un semi-fini. Dans l'hypothèse où la bande de roulement serait disposée à plat, elle pourrait être définie selon des directions parallèles à sa longueur, sa largeur et son épaisseur qui correspondraient respectivement aux directions circonférentielle « X », transversale « Y » et radiale « Z ». Le plan circonférentiel serait alors un plan défini par la longueur et l'épaisseur de la bande de roulement, le plan radial serait un plan défini par la largeur et l'épaisseur de la bande de roulement.

L'homme du métier peut mesurer l'angle des couches au sein de la bande de roulement en ôtant une partie de la bande de roulement, préférentiellement en ôtant la moitié de la largeur d'une nervure suivant un plan parallèle au plan XoZ, de manière à faire apparaître une interface contenant les couches, et en prélevant une éprouvette matériau par une découpe de la bande de roulement selon la Figure 2 et en établissant l'histogramme d'orientation des couches dans le plan XOZ par rapport à la direction Z par microscopie optique en réflexion.

Selon l'invention, les couches peuvent être orientées la sculpture parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan équatorial et (ii) orienté à un angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant défini par la formule  $\alpha = 45 \pm x$ , où  $x$  est compris dans un domaine allant de 12,5 à 27,5 (c'est-à-dire de 17,5 à 35,5 degrés ou de 57,5 à 72,5 degrés), de préférence de 15 à 25 (c'est-à-dire de 20 à 30 degrés ou de 60 à 70 degrés), de préférence  $x$  est égal à 20 (c'est-à-dire de 25 degrés ou de 65 degrés). Sauf indications contraires, l'angle  $\alpha$  est exprimé en valeur absolue.

L'homme du métier comprend bien que lorsque l'on parle de couches orientées selon un même angle  $\alpha$ , il peut s'agir de couches ayant sensiblement le même angle  $\alpha$ , c'est-à-dire

que les couches sont orientées selon un angle  $\alpha$  avec un faible écart type, par exemple un écart type de 3 degrés, voire moins, sur au moins 80% de la surface du plan XoZ.

Quel que soit la valeur de l'angle  $\alpha$  dans le domaine de  $\alpha = 45 \pm 10$  à 30 degrés, cette orientation confère au matériau composite la capacité de transférer une portion de la composante Fz des efforts du sol sur le pneumatique vers la composante Fx, c'est-à-dire de la composante verticale vers la composante horizontale dans la direction du roulage du pneumatique. Ce taux de couplage est particulièrement avantageux pour améliorer la résistance à l'usure de pneumatiques pour les véhicules de génie civil, notamment dans leurs conditions d'utilisation spécifiques.

En fonction de l'angle des couches au sein de la sculpture, le taux de couplage n'est pas le même. Ainsi, lorsque l'angle  $\alpha$  est compris entre 15 et 35 degrés (c'est-à-dire  $\alpha = 45 - 10$  à 30), la sculpture transformera la composante Fz en une composante Fx positive. Il peut être noté que plus l'angle  $\alpha$  est proche de 25 degrés, plus le taux de couplage est important. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux pour améliorer la résistance à l'usure de pneumatiques de véhicules portant des charges lourdes en montée.

Par ailleurs, lorsque l'angle  $\alpha$  est compris entre 55 et 75 degrés (c'est-à-dire  $\alpha = 45 + 10$  à 30), la sculpture transformera la composante Fz en une composante Fx négative. Plus l'angle  $\alpha$  est proche de 65 degrés, plus le taux de couplage est important. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux pour améliorer la résistance à l'usure de pneumatiques de véhicules roulant à vide en descente.

Lorsque l'angle  $\alpha$  est compris entre 35 et 55 degrés, le taux de couplage devient trop faible, voire nul autour de 45 degrés, pour conférer la propriété désirée à la sculpture de la bande de roulement selon l'invention. Il en va de même lorsque l'angle  $\alpha$  est inférieur à 15 degrés ou supérieur à 75 degrés.

Selon l'invention, la sculpture de la bande de roulement peut être constituée d'une pluralité de couches parallèles et adjacentes entre elles.

Selon l'invention, la sculpture de la bande de roulement peut être entièrement constituée de matériau composite.

Selon l'invention, les couches de la pluralité de couches peuvent être identiques ou différentes. De préférence, les couches de la pluralité de couches sont majoritairement, de préférence exclusivement, identiques.

Dans la présente, on entend par « un groupe de couches », une ou plusieurs couches identiques entre elles. En d'autres termes, lorsque la pluralité de couches comprend plusieurs groupes de couches différentes, ces couches peuvent différer les unes des autres par la nature ou la concentration de la pulpe lorsqu'elle est présente, ou encore la nature de la matrice élastomérique, la nature ou la concentration en charge renforçante, système de réticulation, additifs, etc.

Selon l'invention, la sculpture peut comprendre, par exemple, plusieurs (c'est-à-dire au moins deux) couches de matériau composite différentes. Elle peut également comprendre au moins une couche de matériau composite et au moins une (c'est-à-dire une ou plusieurs) couche d'une composition élastomérique différente du matériau composite.

Lorsque les couches sont différentes, la pluralité de couches peut être constituée par deux groupes de couches différentes, voire plus, par exemple trois, quatre ou cinq groupes de couches différentes les unes des autres. Avantageusement, la pluralité de couche est constituée de deux groupes de couches différentes.

Toute répartition des couches de différents groupes peut être mise en œuvre. Par exemple les couches de différents groupes peuvent être réparties alternativement ou non. Par exemple, lorsque la pluralité de couches comprend deux groupes de couches différentes (par exemple dénommées A et B respectivement), la répartition peut suivre la formule suivante :

$$((A)_{nA}(B)_{nB}),$$

dans laquelle :

- « nA » et « nB » représentent indépendamment l'un de l'autre un entier choisi de 1 à 10, de préférence de 1 à 5, de préférence de 1 à 2, de préférence 1.

Lorsque le matériau composite comprend plus de deux groupes de couches différentes (par exemple dénommées A, B, ..., X respectivement), la répartition peut suivre la formule suivante :

$$((A)_{nA}(B)_{nB}(\dots)_{n\ldots}(X)_{nX}),$$

dans laquelle :

- « nA », « nB », « n... » et « nX » représentent indépendamment l'un de l'autre un entier choisi de 1 à 10, de préférence de 1 à 5, de préférence de 1 à 2, de préférence 1.

Le nombre total de couches au sein de la sculpture est limité par la longueur de la bande de roulement. L'homme du métier est à même de déterminer ce nombre en fonction de l'épaisseur des couches et de leur orientation au sein de la sculpture.

De préférence, lorsque les couches de la pluralité de couches sont différentes, la sculpture de la bande de roulement est constituée de deux groupes de couches différentes, de préférence réparties alternativement au sein de la sculpture de la bande de roulement.

5

Selon un mode de réalisation particulier de la présente invention, la pluralité de couche comprend des couches de matériau composite et des couches d'une composition élastomérique différente du matériau composite qui sont disposées alternativement. De préférence, la pluralité de couches comprend un groupe de couches de matériau composite et un groupe de couches d'une composition élastomérique différente du matériau composite, les couches du matériau composite et les couches de la composition élastomérique différente du matériau composite étant disposées alternativement (Figure 2B).

10

15 Selon l'invention, la composition élastomérique différente du matériau composite peut comprendre un élastomère choisi parmi tout élastomère diénique décrit dans la présente. Par exemple, la composition élastomérique différente du matériau composite peut comprendre un élastomère choisi parmi les élastomères isopréniques, les copolymères butadiéniques et styréniques, les polybutadiènes et leurs mélanges, de préférence un élastomère choisi parmi les élastomères isopréniques, de préférence du caoutchouc naturel.

20

Selon l'invention, la composition élastomérique différente du matériau composite peut avantageusement également comprendre un système de réticulation et/ou une charge renforçante et/ou des additifs. En particulier, la composition élastomérique différente du matériau composite peut comprendre tout système de réticulation et/ou charge renforçante et/ou additifs décrits dans la présente.

25

De manière avantageuse, la composition élastomérique différente du matériau composite possède une rigidité à l'extension qui est au moins 5 fois inférieure, de préférence au moins 10 fois inférieure, à celle dudit matériau composite dans le sens principal de la pulpe. L'homme du métier est à même de déterminer comment mesure la rigidité à l'extension du matériau composite et de la composition élastomérique différente du matériau composite. Par exemple il peut utiliser une méthode basée sur la norme NF ISO 37 de Décembre 2005 sur une éprouvette haltère de type 2 et mesurer le module d'élasticité à 5% de déformation à 23°C. Lorsque la direction d'extension est la direction principale d'orientation de la pulpe on notera ce module d'extension EL et lorsque la direction d'extension est orthogonale à la direction principale de la pulpe on notera ce module d'extension ET.

30

35

40

Avantageusement, le module longitudinal (dans la direction principale de la pulpe)  $E_C^L$  et le module transversal (dans la direction perpendiculaire à la direction principale de la pulpe)  $E_C^T$  définissent  $\beta = E_C^T / E_C^L$ , et la fraction volumique  $\phi C$  du matériau composite, et le module  $E_M$  et la fraction volumique  $\phi M$  (ou  $1 - \phi C$ ) de la composition élastomérique différente du matériau composite sont définis de manière à ce que la formule

$$\frac{\alpha\beta}{[\phi C + (1-\phi C)\alpha\beta][\phi C\alpha + (1-\phi C)]}, \text{ où } \alpha = E_C^L / E_M$$

soit inférieure à 0,67, de préférence comprise entre 0,01 et 0,5.

L'épaisseur de chacune des couches du matériau composite peut être comprise dans un domaine allant de 0,1 à 20 mm, de préférence de 0,1 à 10 mm.

L'épaisseur de chacune des couches de la composition élastomérique différente du matériau composite peut être comprise dans un domaine allant de 1 à 20 mm, de préférence de 1 à 10 mm.

De manière avantageuse, le volume de couches de la composition élastomérique différente du matériau composite peut représenter de 50 à 95% en volume, de préférence de 60 à 95% en volume, par rapport au volume de la sculpture de la bande de roulement. Ainsi, le volume de couches de matériau composite peut représenter respectivement de 5 à 50% en volume, de préférence de 5 à 40 % en volume, par rapport au volume de la sculpture de la bande de roulement.

### Pneumatiques

La présente invention peut être appliquée à tout type de pneumatique. Ainsi, la présente invention a également pour objet un pneumatique comprenant une bande de roulement selon l'invention.

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

Un pneumatique radial comprend plus particulièrement une armature de renforcement, comprenant une armature de sommet, radialement intérieure à la bande de roulement, et une armature de carcasse, radialement intérieure à l'armature de sommet.

Un pneumatique peut être pourvu d'une armature de carcasse surmontée radialement à l'extérieur par une armature de sommet afin de réaliser un frettage de ladite armature de carcasse. L'armature de sommet est en général formée par un empilement d'une pluralité

de nappes de renforts, ces renforts faisant avec la direction circonférentielle des angles généralement non nuls.

Un pneumatique comprend notamment une bande de roulement dont la surface de roulement est pourvue d'une sculpture formée par une pluralité de rainures délimitant des éléments en relief (blocs, nervures) de façon à générer des arêtes de matière ainsi que des creux. Ces rainures représentent un volume de creux qui, rapporté au volume total de la bande de roulement (incluant à la fois le volume d'éléments en relief et celui de toutes les rainures) s'exprime par un pourcentage désigné dans la présente par "taux de creux volumique". Un taux de creux volumique égal à zéro indique une bande de roulement sans rainure ni creux.

La présente invention est particulièrement bien adaptée aux pneumatiques destinés aux véhicules de génie civil et au poids lourds, plus particulièrement aux véhicules de génie civil dont les pneumatiques sont soumis à des contraintes bien spécifiques. Ainsi, avantageusement, le pneumatique selon l'invention est un pneumatique pour les véhicules de génie civil ou poids lourds, de préférence de génie civil.

La bande de roulement selon l'invention peut avoir un ou plusieurs rainures dont la profondeur moyenne va de 15 à 120 mm, de préférence 65 à 120 mm.

Les pneumatiques selon l'invention peuvent avoir un diamètre allant de 20 à 63 pouces, de préférence de 35 à 63 pouces.

Par ailleurs, le taux moyen de creux volumique sur l'ensemble de la bande de roulement selon l'invention peut être compris dans un domaine allant de 5 à 40 %, de préférence de 5 à 25 %.

#### Préparation des matériaux composites

Les sculptures de la bande de roulement peuvent être obtenues selon le procédé défini ci-dessous. Dans ce cas, selon une première variante, la pulpe du matériau composite est intégrée sous forme d'un pré-mix (pulpe dispersée dans une matrice élastomérique) dans le procédé de préparation durant la phase non-productive.

Les compositions utilisées dans les bandes de roulement de pneumatique de l'invention, peuvent être fabriquées dans des mélangeurs appropriés, en utilisant deux phases de préparation successives selon une procédure générale bien connue de l'homme du métier : une première phase de travail ou malaxage thermo-mécanique (parfois qualifiée de phase "non-productive") à haute température, jusqu'à une température maximale comprise entre 130°C et 200°C, de préférence entre 145°C et 185°C, suivie d'une seconde phase de travail mécanique (parfois qualifiée de phase "productive") à plus basse

température, typiquement inférieure à 110°C, par exemple entre 40°C et 100°C, phase de finition au cours de laquelle est incorporé l'agent de réticulation chimique, en particulier le système de réticulation.

5 A titre d'exemple, la première phase (non-productive) est conduite en une seule étape thermomécanique au cours de laquelle on introduit, dans un mélangeur approprié tel qu'un mélangeur interne usuel, tous les constituants nécessaires, incluant la pulpe, les éventuels agents de recouvrement ou de mise en œuvre complémentaires et autres additifs divers, à l'exception du système de vulcanisation. La durée totale du malaxage, dans cette phase non-productive, est de préférence comprise entre 2 et 10 min. Après refroidissement du mélange ainsi obtenu au cours de la première phase non-productive, on incorpore alors le système de vulcanisation à basse température, généralement dans un mélangeur externe tel qu'un mélangeur à cylindres; le tout est alors mélangé (phase productive) pendant quelques minutes, par exemple entre 5 et 15 min.

15 Selon une deuxième variante, la pulpe du matériau composite est intégrée dans le procédé de préparation durant la phase non-productive avec un mélange préalablement réalisé contenant tous les ingrédients à l'exception de la pulpe et de système de réticulation qu'on appellera masterbatch.

20 Les masterbatchs (mélanges contenant tous les ingrédients à l'exception du système de réticulation et de la pulpe) peuvent être fabriquées dans des mélangeurs appropriés, en utilisant deux phases de préparation successives selon une procédure générale bien connue de l'homme du métier : une première phase de travail ou malaxage thermomécanique (parfois qualifiée de phase "non-productive") à haute température, jusqu'à une température maximale comprise entre 130°C et 200°C, de préférence entre 145°C et 185°C, suivie d'une seconde phase de travail mécanique (parfois qualifiée de phase "productive") à plus basse température, typiquement inférieure à 110°C, par exemple entre 40°C et 100°C, phase de finition au cours de laquelle est incorporé l'agent de réticulation chimique, en particulier le système de réticulation. Dans un deuxième temps, le masterbatch est repris dans une phase non-productive avec la pulpe à plus basse température, typiquement inférieure à 110°C par exemple entre 40 et 100°C pour ne pas débiter la réticulation.

35 A titre d'exemple pour l'obtention des masterbatchs, la première phase (non-productive) est conduite en une seule étape thermomécanique au cours de laquelle on introduit, dans un mélangeur approprié tel qu'un mélangeur interne usuel, tous les constituants nécessaires, à l'exception de la pulpe, les éventuels agents de recouvrement ou de mise en œuvre complémentaires et autres additifs divers, à l'exception du système de vulcanisation. La durée totale du malaxage, dans cette phase non-productive, est de préférence comprise entre 2 et 10 min. Après refroidissement du mélange ainsi obtenu

au cours de la première phase non-productive, on incorpore alors le système de vulcanisation à basse température, généralement dans un mélangeur externe tel qu'un mélangeur à cylindres; le tout est alors mélangé (phase productive) pendant quelques minutes, par exemple entre 5 et 15 min. A titre d'exemple, la reprise du mastarbatch et l'ajout de la pulpe est conduit en une seule étape thermomécanique dans un mélangeur approprié tel qu'un mélangeur interne usuel. La durée totale du malaxage est de préférence comprise entre 2 et 5 min.

La composition pour sculpture ainsi obtenue selon l'une quelconque des deux variantes est ensuite calandree par exemple sous la forme d'une couche, de manière à ce que la pulpe soit disposée au sein de la couche selon une orientation principale. Cela peut être réalisé par exemple en utilisant par exemple le procédé décrit dans la demande WO 2008/027045.

Par exemple, l'obtention de couches dans lesquelles la pulpe est disposée selon une orientation principale consiste à réaliser des plaques d'élastomère non vulcanisé contenant de la pulpe grâce à un calandrage mettant en œuvre un outil à cylindres. Cette première étape permet d'entamer la disposition de la pulpe dans le plan de la plaque selon une direction principale dans le sens du calandrage. Pour une question de mise en forme, on découpe les plaques obtenues à la première étape et on les extrude au moyen d'une micro buse. Cette seconde étape permet d'obtenir des couches d'élastomère dans lesquelles la pulpe est disposée en sein de la couche selon une direction principale dans le sens de l'extrusion.

Alternativement, la disposition de la pulpe est obtenue en réalisant une couche d'élastomère non vulcanisé contenant de la pulpe grâce à un calandrage mettant en œuvre un outil à cylindres (A1 et A2) et un rouleau de réception (B) à la sortie de l'outil comme représenté sur la Figure 3. La couche sortant de l'outil est disposée au contact du rouleau de réception (B). Le rouleau de réception est réglé de manière à avoir une vitesse tangentielle supérieure à la vitesse tangentielle des cylindres de l'outil sans induire de déchirement de la couche. Cette différence de vitesse tangentielle permet de disposer la pulpe dans une direction principale dans le sens du calandrage au sein de la couche. L'homme du métier est à même de déterminer les vitesses tangentielles respectives des cylindres et du rouleau de réception.

Pour obtenir l'orientation souhaitée des couches dans la bande de roulement selon la présente invention, on peut utiliser toute technique bien connue de l'homme du métier, notamment le procédé décrit dans la demande WO 2008/027045. Par exemple, des couches contenant la pulpe peuvent être assemblées à plat et découpées par tout moyen approprié, par exemple par coupe jet d'eau, à l'angle souhaité, de manière à former des

éléments de sculptures pouvant être disposé sur un bandage cru de pneumatique de manière bien connue de l'homme du métier.

Lorsque la sculpture comprend des couches d'une composition élastomérique différente du matériau composite, cette composition peut être préparée selon un procédé similaire à celui décrit ci-dessus. Il peut s'agir par exemple du procédé selon la deuxième variante décrit ci-dessus mais ne comprenant pas l'étape d'addition de pulpe.

D'autres avantages pourront encore apparaître à l'homme du métier à la lecture des exemples ci-dessous, illustrés par les figures annexées, donnés à titre illustratif et non limitatif.

### Brève description des figures

- La Figure 1 est une représentation schématique d'un pneumatique (1), dont la bade de roulement comprend une nervure (2) située dans la zone centrale du pneumatique (1), des blocs (3), la nervure et les blocs étant séparés par des rainures circonférentielles (4) et des rainures sensiblement transversales (5).
- La Figure 2A est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'une sculpture selon l'invention, vue en coupe selon le plan XZ. Cette sculpture est composée d'une pluralité de couches (c1) de matériau composite selon l'invention, parallèles, adjacentes entre elles, et orientées parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan XZ et (ii) orienté à un angle (a) de 25 degrés par rapport au plan YZ. La pulpe est disposée parallèlement au plan des couches dans le plan XZ.
- La Figure 2B diffère de la Figure 2A uniquement la pluralité de couches comprend des couches (c2) d'une composition élastomérique différente du matériau composite, disposées alternativement avec les couches (c1).
- La Figure 3 est une représentation schématique d'un dispositif permettant d'orienter la pulpe selon une direction principale au sein d'une couche d'élastomère. « A1 » et « A2 » représentent les cylindres d'une calandre. « B » représente un rouleau de réception sur lequel est disposé une couche sortant de la calandre.

### EXEMPLES

On a réalisé des échantillons de 10cm x 10cm de surface et de 3cm d'épaisseur selon le procédé décrit dans la demande WO 2008/027045 avec des couches d'une épaisseur de 2 mm à partir de différentes compositions.

On définit ci-dessous :

- « X » : une direction parallèle à la direction de sollicitation de l'échantillon, elle-même parallèle à la longueur de l'échantillon. Cette direction correspond à la direction du roulement d'un pneumatique sur lequel l'échantillon serait présent.
- « Y » : une direction parallèle à la largeur de l'échantillon.
- « Z » : une direction parallèle à l'épaisseur de l'échantillon.

On a réalisé un échantillon témoin à partir d'une composition A qui est une composition classiquement utilisée dans les bandes de roulement de pneumatiques pour les véhicules de génie civil. Cette composition A ne comprend pas de pulpe.

Des échantillons ont été réalisés à partir de compositions B1 et B2 qui sont des matériaux composites conformes à la présente invention. Ces compositions diffèrent de la composition A en ce qu'elles comprennent de la pulpe d'aramide, disposée dans des couches orientées dans le plan défini par les directions X et Z selon un angle de 25 degrés par rapport à la direction Z.

Chacun des échantillons a été préparé avec des couches parallèles à un plan défini par (i) la direction Y et (ii) une droite orientée à 25 degrés par rapport à direction Z dans un plan défini par les directions X et Z.

Les mesures des propriétés mécaniques ont été réalisées après cuisson des compositions précitées à une température de 150°C pendant 30 minutes. Les résultats ont été obtenus à partir d'éprouvettes haltères de type 2 à 5% de déformation à 23°C selon la norme NF ISO 37 de Décembre 2005. Lorsque la direction d'extension est la direction principale d'orientation de la pulpe on notera ce module d'extension EL et lorsque la direction d'extension est orthogonale à la direction principale de la pulpe on notera ce module d'extension ET. Les résultats de module d'extension sont présentés sur une base 100 par rapport au module d'extension de l'échantillon EL du témoin A.

Pour analyser le transfert des efforts du sol sur l'éprouvette de la composante verticale (Fz) vers la composante horizontale dans la direction de roulage (Fx) (le taux de couplage), on a appliqué une force Fz de 900daN correspondant à une pression moyenne de 9 bar ou de 600daN correspondant à une pression moyenne 6 bars à la surface des échantillons à l'aide d'un vérin électrique et la force résultante Fx a été mesurée à l'aide d'un capteur d'effort. Le rapport Fx divisé par Fz est appelé taux de couplage et est mesuré à deux pressions moyennes différentes.

Les compositions A, B1 et B2 et les résultats expérimentaux sont présentées dans le Tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1

|                           | <b>A</b> | <b>B1</b> | <b>B2</b> |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|
| NR (1)                    | 100      | 100       | 100       |
| Silice (2)                | 15       | 15        | 15        |
| Noir de carbone (3)       | 40       | 40        | 40        |
| ZnO (4)                   | 3        | 3         | 3         |
| Acide stéarique           | 1        | 1         | 1         |
| Pulpe (5)                 | -        | 29,9      | 11,1      |
| Soufre                    | 2        | 2         | 2         |
| Accélérateur (6)          | 1,7      | 1,7       | 1,7       |
|                           |          |           |           |
| Module d'extension EL (a) | 100      | 6222      | 1444      |
| Module d'extension ET (b) | 115      | 190       | 175       |
| Ration EL/ET              | 0,9      | 32,7      | 8,3       |

(1) Caoutchouc naturel (incluant les 77% en poids de caoutchouc naturel de masterbatch de pulpe (5))

(2) « Ultrasil VN3 » commercialisé par Evonik

5 (3) Noir de carbone de grade N234 selon la norme ASTM D-1765

(4) Oxyde de zinc de grade industriel de la société Umicore

(5) Pulpe d'aramide Kevlar® pré-mix 1F722 de la société DuPont (comprend 77% en poids de caoutchouc naturel – *e.g.* pour 129,9 g de prémix on a 100 g de NR et 29,9g de pulpe)

(6) N-cyclohexyl-2-benzothiazol-sulfénamide, « Santocure CBS », commercialisé par Flexsys

10 (a) Module d'élasticité à 5% de déformation et pour les compositions à base de pulpe, la direction d'extension est dans la direction principale de la pulpe

(b) Module d'élasticité à 5% de déformation et pour les compositions à base de pulpe, la direction d'extension est orthogonale à la direction principale de la pulpe

15 Ces résultats montrent que les échantillons B1 et B2, conformes à la présente invention, ont des modules d'extension EL et ET bien supérieurs à ceux de l'échantillon témoin A qui ne comprend pas de pulpe. Par ailleurs, l'échantillon B2 génère un taux de couplage comparé à la composition témoin A (Tableau 2).

20 Ces résultats montrent également que le taux de couplage obtenu est le même pour les deux concentrations de pulpe testées. L'effet a été observé dès 5 pce de pulpe dans le matériau composite.

25 Une expérience complémentaire a été réalisée en comparant les taux de couplage des échantillons A et B2, et d'un échantillon B1/A qui correspond à empilement alternatif de couches A et B1. Dans l'échantillon B1/A, l'épaisseur des couches A étaient de 3,2 mm de manière à ce que la fraction volumique de pulpe au sein de l'échantillon soit identique à celle de l'échantillon B2. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2

|                                                      | <b>A</b> | <b>B1/A</b> | <b>B2</b> |
|------------------------------------------------------|----------|-------------|-----------|
| % volumique de pulpe dans l'échantillon              | 0%       | 5%          | 5%        |
| Taux de couplage sous une pression moyenne de 6 bars | 0,0%     | 24,5%       | 25,1%     |
| Taux de couplage sous une pression moyenne de 9 bars | 0,0%     | 22,1%       | 22,4%     |

Ces résultats montrent qu'un taux de couplage est obtenu pour les échantillons B1/A et B2 qui comprennent de la pulpe dans des couches orientées en comparaison avec l'échantillon A qui ne comprend pas de pulpe.

Les différentes mesures réalisées par les Demanderesses ont démontré que le taux de couplage obtenu était suffisant pour la mise en œuvre de la présente invention lorsque les couches sont orientées selon un angle de 15 à 35 degrés ou de 55 à 75 degrés.

La présente invention fournit donc des bandes de roulement permettant de transférer une proportion des efforts du sol sur le pneumatique de la composante Fz en différentes composantes Fx, permettant d'améliorer efficacement la résistance à l'usure des pneumatiques. Ces résultats sont particulièrement intéressants pour les véhicules roulant sur des sols non-bitumineux, tel que la plupart des véhicules de génie civil et certains poids lourds.

## REVENDICATIONS

1. Bande de roulement comprenant au moins une sculpture, ladite sculpture comprenant un matériau composite à base d'une matrice élastomérique, un système de réticulation, une charge renforçante et de la pulpe, ladite pulpe :
  - étant présente dans la matrice élastomérique à une concentration comprise dans un domaine allant de 5 à 45 parties en poids pour cent parties d'élastomère, pce, et
  - étant dans un matériau choisi parmi les polyamides aromatiques, les polybenzimidazoles, les polybenzothiazoles, les polybenzoxazoles, les polypyridazoles, les polybenzoxadiazoles, les polyesters aromatiques, les polyuréthannes, les polyétheréthercétones, les polyoléfines, les polyacryliques et les polymères à cristaux liquides, la cellulose, le verre et leurs mélanges,
 ladite sculpture étant constituée d'une pluralité de couches parallèles et adjacentes entre elles, lesdites couches étant orientées dans la sculpture parallèlement à un plan qui est (i) perpendiculaire au plan équatorial et (ii) orienté à un angle  $\alpha$  exprimé en degrés par rapport au plan radial, l'angle  $\alpha$  étant défini par la formule  $\alpha = 45 \pm x$ , où  $x$  est compris dans un domaine allant de 10 à 30.
2. Bande de roulement selon la revendication 1, dans laquelle la matrice élastomérique comprend un élastomère diénique, de préférence un élastomère choisi parmi les élastomères isopréniques, les copolymères butadiéniques et styréniques, les polybutadiènes et leurs mélanges.
3. Bande de roulement selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la pulpe est de la pulpe d'aramide.
4. Bande de roulement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la concentration en pulpe est comprise dans un domaine allant de 5 à 30 pce, de préférence de 5 à 15 pce.
5. Bande de roulement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la pluralité de couches est constituée par des couches dudit matériau composite.
6. Bande de roulement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la pluralité de couches comprend des couches dudit matériau composite et des couches d'une composition élastomérique différente dudit matériau composite.
7. Bande de roulement selon la revendication 6, dans laquelle le module longitudinal  $E_C^L$  et le module transversal  $E_C^T$  définissent  $\beta = E_C^T / E_C^L$ , et la fraction volumique  $\phi_C$  du

matériau composite et le module  $E_M$  et la fraction volumique  $\phi_M$  (ou  $1 - \phi_C$ ) de la composition élastomérique différente du matériau composite sont définis de manière à ce que la formule

$$\frac{\alpha\beta}{[\phi_C + (1-\phi_C)\alpha\beta][\phi_C\alpha + (1-\phi_C)]}, \text{ où } \alpha = E_C^L / E_M$$

5 soit inférieure à 0,67.

8. Bande de roulement selon la revendication 6 ou 7, dans laquelle la composition élastomérique différente dudit matériau composite comprend un élastomère choisi parmi les élastomères isoprénique, les copolymères butadiéniques et styréniques, les  
10 polybutadiènes et leurs mélanges, de préférence du caoutchouc naturel.
9. Bande de roulement selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans laquelle les couches du matériau composite et de la composition élastomérique différente dudit matériau composite sont disposées alternativement.  
15
10. Bande de roulement selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 dans laquelle les couches du matériau composite ont une épaisseur comprise dans un domaine allant de 0,1 à 20 mm, de préférence de 0,1 à 10 mm.
- 20 11. Bande de roulement selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans laquelle les couches de la composition élastomérique différente dudit matériau composite ont une épaisseur comprise dans un domaine allant de 1 à 20 mm, de préférence de 1 à 10 mm.
- 25 12. Pneumatique comprenant une bande de roulement telle que définie selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.
13. Pneumatique selon la revendication 12, ledit pneumatique étant un pneumatique de véhicules de génie civil ou poids lourds, de préférence de génie civil.

30

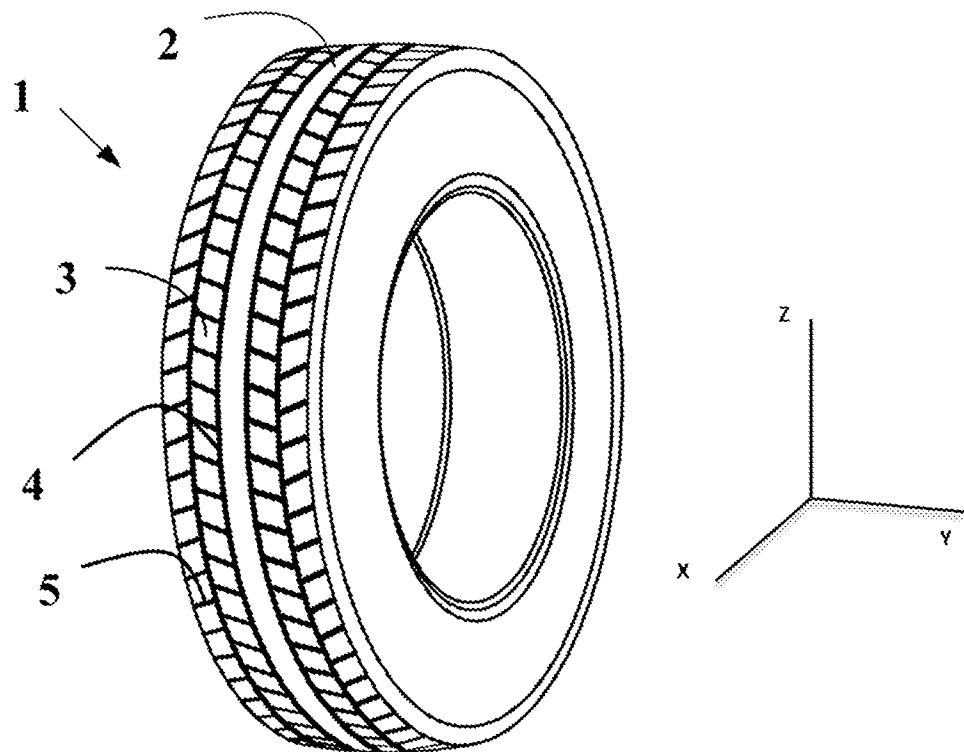


Figure 1

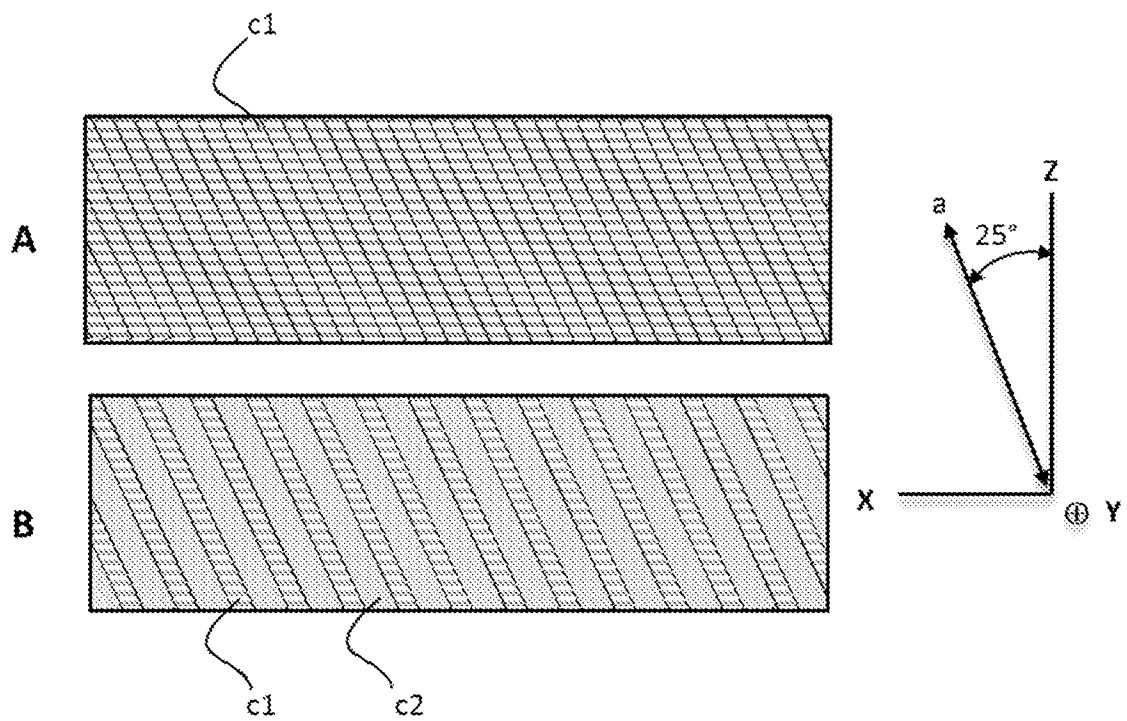
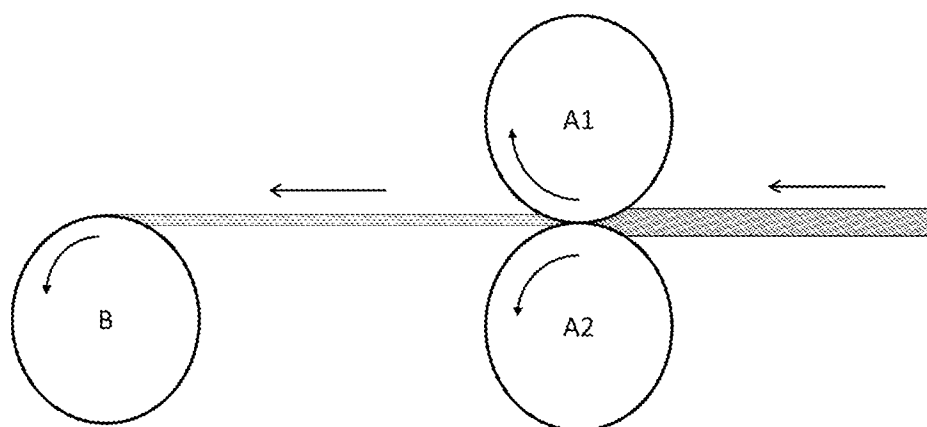


Figure 2

**Figure 3**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/053457

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. B60C1/00  
 ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                           | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | US 2010/236695 A1 (LAMONTIA MARK ALLAN [US] ET AL) 23 September 2010 (2010-09-23)<br>figure 1a<br>paragraphs [0017], [0018], [0021], [0024], [0051]<br>----- | 1-13                  |
| A         | EP 2 380 757 A2 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 26 October 2011 (2011-10-26)<br>claims 1-5<br>-----                                                            | 1-13                  |
| A         | EP 0 691 218 A2 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 10 January 1996 (1996-01-10)<br>the whole document<br>-----                                                    | 1-13                  |
| A         | EP 2 366 559 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 21 September 2011 (2011-09-21)<br>the whole document<br>-----                                                  | 1-13                  |



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

15 March 2017

Date of mailing of the international search report

27/03/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Trauner, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/053457

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date         |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| US 2010236695                             | A1                  | 23-09-2010                 | CN 102361762 A 22-02-2012   |
|                                           |                     |                            | EP 2408629 A1 25-01-2012    |
|                                           |                     |                            | JP 2012521320 A 13-09-2012  |
|                                           |                     |                            | US 2010236695 A1 23-09-2010 |
|                                           |                     |                            | WO 2010108167 A1 23-09-2010 |
| -----                                     |                     |                            |                             |
| EP 2380757                                | A2                  | 26-10-2011                 | BR PI1101516 A2 04-09-2012  |
|                                           |                     |                            | CN 102233793 A 09-11-2011   |
|                                           |                     |                            | EP 2380757 A2 26-10-2011    |
|                                           |                     |                            | KR 20110119558 A 02-11-2011 |
|                                           |                     |                            | US 2011259492 A1 27-10-2011 |
| -----                                     |                     |                            |                             |
| EP 0691218                                | A2                  | 10-01-1996                 | BR 9503003 A 12-03-1996     |
|                                           |                     |                            | CA 2143129 A1 02-01-1996    |
|                                           |                     |                            | CN 1123220 A 29-05-1996     |
|                                           |                     |                            | DE 69514869 D1 09-03-2000   |
|                                           |                     |                            | DE 69514869 T2 27-07-2000   |
|                                           |                     |                            | EP 0691218 A2 10-01-1996    |
|                                           |                     |                            | ES 2141888 T3 01-04-2000    |
|                                           |                     |                            | JP 3547526 B2 28-07-2004    |
|                                           |                     |                            | JP H0848108 A 20-02-1996    |
|                                           |                     |                            | US 5576104 A 19-11-1996     |
| -----                                     |                     |                            |                             |
| EP 2366559                                | A1                  | 21-09-2011                 | BR PI1101074 A2 21-08-2012  |
|                                           |                     |                            | CN 102189897 A 21-09-2011   |
|                                           |                     |                            | EP 2366559 A1 21-09-2011    |
|                                           |                     |                            | US 2011226396 A1 22-09-2011 |
| -----                                     |                     |                            |                             |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/053457

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. 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, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                            | no. des revendications visées |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| A          | US 2010/236695 A1 (LAMONTIA MARK ALLAN [US] ET AL) 23 septembre 2010 (2010-09-23)<br>figure 1a<br>alinéas [0017], [0018], [0021], [0024], [0051]<br>----- | 1-13                          |
| A          | EP 2 380 757 A2 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 26 octobre 2011 (2011-10-26)<br>revendications 1-5<br>-----                                                 | 1-13                          |
| A          | EP 0 691 218 A2 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 10 janvier 1996 (1996-01-10)<br>le document en entier<br>-----                                              | 1-13                          |
| A          | EP 2 366 559 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 21 septembre 2011 (2011-09-21)<br>le document en entier<br>-----                                            | 1-13                          |

☐

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

15 mars 2017

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/03/2017

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

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

Fonctionnaire autorisé

Trauner, H

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/053457

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 2010236695                                   | A1 | 23-09-2010             | CN 102361762 A                          | 22-02-2012             |
|                                                 |    |                        | EP 2408629 A1                           | 25-01-2012             |
|                                                 |    |                        | JP 2012521320 A                         | 13-09-2012             |
|                                                 |    |                        | US 2010236695 A1                        | 23-09-2010             |
|                                                 |    |                        | WO 2010108167 A1                        | 23-09-2010             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 2380757                                      | A2 | 26-10-2011             | BR PI1101516 A2                         | 04-09-2012             |
|                                                 |    |                        | CN 102233793 A                          | 09-11-2011             |
|                                                 |    |                        | EP 2380757 A2                           | 26-10-2011             |
|                                                 |    |                        | KR 20110119558 A                        | 02-11-2011             |
|                                                 |    |                        | US 2011259492 A1                        | 27-10-2011             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 0691218                                      | A2 | 10-01-1996             | BR 9503003 A                            | 12-03-1996             |
|                                                 |    |                        | CA 2143129 A1                           | 02-01-1996             |
|                                                 |    |                        | CN 1123220 A                            | 29-05-1996             |
|                                                 |    |                        | DE 69514869 D1                          | 09-03-2000             |
|                                                 |    |                        | DE 69514869 T2                          | 27-07-2000             |
|                                                 |    |                        | EP 0691218 A2                           | 10-01-1996             |
|                                                 |    |                        | ES 2141888 T3                           | 01-04-2000             |
|                                                 |    |                        | JP 3547526 B2                           | 28-07-2004             |
|                                                 |    |                        | JP H0848108 A                           | 20-02-1996             |
|                                                 |    |                        | US 5576104 A                            | 19-11-1996             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 2366559                                      | A1 | 21-09-2011             | BR PI1101074 A2                         | 21-08-2012             |
|                                                 |    |                        | CN 102189897 A                          | 21-09-2011             |
|                                                 |    |                        | EP 2366559 A1                           | 21-09-2011             |
|                                                 |    |                        | US 2011226396 A1                        | 22-09-2011             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |