

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.11.15.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.05.17 Bulletin 17/21.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions — FR et MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme — CH.

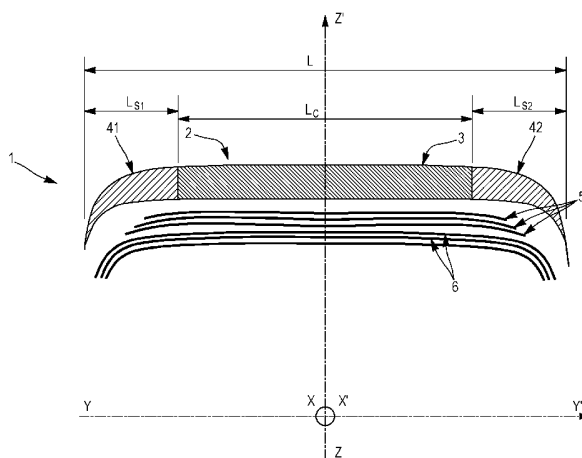
72 Inventeur(s) : JOULIN EMMANUEL et ARAUJO DA SILVA José-Carlos.

73 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions, MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MANUF FSE PNEUMATIQUES MICHELIN Société en commandite par actions.

54 BANDE DE ROULEMENT POUR PNEUMATIQUE D'AVION.

57 La présente invention a pour objet un pneumatique pour avion, et, en particulier, sa bande de roulement. La bande de roulement (2), ayant une largeur axiale L, comprend une partie médiane (3) ayant une largeur axiale L_c au moins égale à 50% et au plus égale à 80% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituée par une composition de caoutchouc médiane, et deux parties latérales (41, 42), positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane (3), ayant chacune une largeur axiale (L_{s1} , L_{s2}) au moins égale à 10% et au plus égale à 25% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituées chacune par une composition de caoutchouc latérale. Selon l'invention, la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 50 pce d'un premier élastomère diénique, une charge renforçante et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique est un terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un diène non conjugué.



- 1 -

[0001] La présente invention a pour objet un pneumatique pour avion, et, en particulier, la bande de roulement d'un pneumatique pour avion.

[0002] Un pneumatique pour avion est caractérisé par un usage à pression, charge et vitesse élevées. A titre d'exemple, un pneumatique pour avion de dimension 46x17R20, 5 destiné à équiper un avion commercial, peut être utilisé à une pression égale à 15.3 bars, une charge statique égale à 21 tonnes et une vitesse maximale égale à 360 km/h. De façon générale, un pneumatique pour avion est utilisé à une pression supérieure à 9 bars et à un taux de flèche au moins égal à 32%. La pression d'utilisation est définie, par exemple, par la norme de la Tire and Rim Association (TRA). Le taux de flèche d'un 10 pneumatique est, par définition, sa déformation radiale, ou sa variation de hauteur radiale, lorsque celui-ci passe d'un état gonflé non chargé à un état gonflé chargé en statique, dans les conditions de pression et de charge recommandées, par exemple, par la norme de la TRA. Elle est exprimée sous la forme d'une flèche relative, définie par le rapport de cette variation de la hauteur radiale du pneumatique sur la moitié de la 15 différence entre le diamètre extérieur du pneumatique et le diamètre maximum de la jante mesuré sur le rebord de jante. Le diamètre extérieur du pneumatique est mesuré en statique dans un état non chargé gonflé à la pression recommandée.

[0003] Un pneumatique ayant une géométrie de révolution par rapport à un axe de rotation, la géométrie du pneumatique est généralement décrite dans un plan méridien 20 contenant l'axe de rotation du pneumatique. Pour un plan méridien donné, les directions radiale, axiale et circonférentielle désignent respectivement les directions perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique, parallèle à l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire au plan méridien. Les expressions « radialement », « axialement » et « circonférentiellement » signifient respectivement « selon la direction 25 radiale », « selon la direction axiale » et « selon la direction circonférentielle ».

[0004] La bande de roulement est la partie du pneumatique destinée à venir en contact avec le sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement et s'étendant radialement depuis une surface de fond jusqu'à la surface de roulement, axialement depuis un premier bord jusqu'à un deuxième bord de bande de roulement définissant la 30 largeur axiale de la bande de roulement, et circonférentiellement sur toute la périphérie du pneumatique. Par convention, la largeur axiale de la bande de roulement est définie

comme la largeur de l'aire de contact entre la bande de roulement et le sol, mesuré selon la droite axiale passant par le centre de l'aire de contact, lorsque le pneumatique neuf est soumis aux conditions de charge et de pression recommandées par la norme de la TRA. La bande de roulement est généralement constituée d'éléments en relief séparés par des creux. Dans le cas d'un pneumatique pour avion, les éléments en relief sont le plus souvent des nervures circonférentielles continues sur toute la circonférence du pneumatique et séparées par des creux ou sillons circonférentiels. La bande de roulement, qui est la partie usante du pneumatique, comprend au moins une composition de caoutchouc, le plus souvent à base de caoutchouc naturel et de noir de carbone, ces deux éléments principaux conférant à la composition de caoutchouc les propriétés mécaniques nécessaires aux conditions d'usage d'un pneumatique pour avion. En plus de ces éléments principaux, une telle composition de caoutchouc comprend classiquement un système de vulcanisation et des agents de protection.

[0005] Radialement à l'intérieur de la bande de roulement, un pneumatique de type radial comprend une armature de renforcement, constituée d'une armature de sommet et d'une armature de carcasse radiale radialement intérieure à l'armature de sommet. L'armature de sommet comprend au moins une couche de sommet constituée par des éléments de renforcement ou renforts enrobés par un mélange élastomérique et parallèles entre eux. L'armature de carcasse radiale comprend au moins une couche de carcasse constituée par des renforts enrobés par un mélange élastomérique, parallèles entre eux et orientés sensiblement radialement, c'est-à-dire formant, avec la direction circonférentielle, un angle compris entre 85° et 95°. Les renforts des couches de sommet et de carcasse, pour les pneumatiques d'avion, sont le plus souvent des renforts textiles, en polyamide aliphatique, tel que le nylon, en polyamide aromatique, tel que l'aramide, ou en matériau hybride combinant, par exemple, un polyamide aliphatique et un polyamide aromatique.

[0006] Sur les pneumatiques pour avion, il a été constaté la présence d'une usure non uniforme de la bande de roulement, appelée usure irrégulière, résultant des sollicitations au cours des différentes phases de vie du pneumatique: décollage, roulage et atterrissage. Il a été plus particulièrement mis en évidence une usure différentielle de la bande roulement entre une partie médiane et les deux parties latérales de la bande de

roulement, axialement extérieures à la partie médiane, l'usure de cette partie médiane étant plus importante. L'usure différentielle de la partie médiane de la bande de roulement entraîne une limitation de la durée de vie du pneumatique, donc de son utilisation et son retrait prématuré, bien que la bande de roulement ne présente
5 généralement qu'une relativement faible usure des parties latérales de la bande de roulement : ce qui est pénalisant sur le plan économique.

[0007] L'homme du métier a mis en évidence deux types d'usure selon la phase de vie du pneumatique. A l'atterrissage, la partie médiane de la bande de roulement, ayant une largeur axiale au moins égale à 50% et au plus égale à 80% de la largeur axiale
10 totale de la bande de roulement et entrant en contact avec le sol, est soumise à une usure appelée « usure toucher », résultant d'un important échauffement thermique, au moment de l'entrée en contact de la surface de roulement avec le sol, en raison du différentiel de vitesses entre la vitesse de rotation du pneumatique et la vitesse de l'avion. En phase de roulage au sol ou « phase taxi », avant le décollage ou après l'atterrissage, les parties
15 latérales de la bande roulement, positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane et ayant chacune une largeur axiale au moins égale à 10% et au plus égale à 25% de la largeur axiale totale de la bande de roulement, sont soumises à une usure appelée « usure taxi », résultant des efforts freineurs exercés sur ces parties latérales du fait de leur vitesse de rotation supérieure à celle de la partie médiane. Ainsi la bande de
20 roulement est principalement usée au niveau de sa partie médiane, à l'atterrissage, et au niveau de ses parties latérales, en phase taxi.

[0008] Pour résoudre le problème d'usure irrégulière spécifique aux pneumatiques pour avion, l'homme du métier a cherché, selon une première voie d'action, à optimiser le profil méridien gonflé de la surface de roulement, ce profil méridien étant la coupe
25 méridienne de la surface de roulement d'un pneumatique neuf gonflé à sa pression nominale et non chargé, sans prise en compte des sillons circonférentiels. Optimiser ce profil méridien gonflé, c'est-à-dire sa forme géométrique, permet d'optimiser la forme géométrique de la surface de contact du pneumatique avec le sol et, par conséquent, la répartition des contraintes mécaniques dans cette surface de contact et donc d'agir sur
30 l'usure de la bande de roulement. Par exemple, les documents EP 1163120, EP 1381525, EP 1477333 et EP 2310213 décrivent des solutions visant une optimisation

du profil gonflé de la surface de roulement, en agissant sur les rigidités d'extension des couches de sommet et/ou de carcasse, ou sur des différentiels de rigidités d'extension entre la partie médiane et les parties latérales des couches de sommet, ou encore sur un profil optimisé de couche de sommet avec une partie médiane concave. Toutes ces solutions sont basées sur des évolutions de matériau et/ou de géométrie des couches de

5 sommet.

[0009] Une autre voie d'action sur l'usure d'un pneumatique pour avion est l'optimisation de la ou des compositions de caoutchouc constitutives de la bande de roulement. En effet l'usure dépend également de la ou des compositions de caoutchouc constitutives de la bande de roulement et de leur sensibilité à l'abrasion, caractérisées en

10 particulier par leur cohésion, la cohésion dépendant de la composition chimique.

[0010] Les inventeurs se sont donnés pour objectif, par rapport à un pneumatique d'avion de l'état de la technique, d'augmenter la résistance à l'usure touchant de la partie médiane de la bande de roulement, lors des phases d'atterrissage, tout en conservant le

15 même niveau de résistance à l'usure taxi des parties latérales de la bande de roulement, lors des phases taxi, en agissant sur la ou les compositions de caoutchouc des diverses parties de la bande de roulement.

[0011] Cet objectif a été atteint, selon l'invention, par un pneumatique pour avion comprenant une bande de roulement ayant une largeur axiale L , la bande de roulement

20 comprenant :

- une partie médiane ayant une largeur axiale L_C au moins égale à 50% et au plus égale à 80% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituée par une composition de caoutchouc médiane,
- et deux parties latérales, positionnées axialement de part et d'autre de la partie

25 médiane, ayant chacune une largeur axiale au moins égale à 10% et au plus égale à 25% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituées chacune par une composition de caoutchouc latérale,- la composition de caoutchouc médiane comprenant au moins 50 pce d'un premier élastomère diénique, une charge renforçante et un système de réticulation, lequel

30 premier élastomère diénique est un terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un diène non conjugué.

- [0012] Il est à noter que les parties latérales de la bande de roulement peuvent avoir des largeurs axiales différentes et/ou ont des compositions de caoutchouc latérales différentes, même si, préférentiellement, les largeurs axiales des parties latérales sont identiques et si leurs compositions de caoutchouc latérales sont également identiques.
- 5 [0013] Une teneur en masse ou taux d'un premier élastomère diénique au moins égale à 50 pce (50 parties pour cent parties d'élastomère) signifie que ce premier élastomère diénique est l'élastomère majoritaire dans la composition de caoutchouc médiane. Ce taux en élastomère diénique majoritaire apporte une forte contribution à la résistance à l'usure toucher de la partie médiane de la bande de roulement.
- 10 [0014] Préférentiellement, la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 60 pce du premier élastomère diénique.
- [0015] L' α -oléfine utilisée pour la synthèse du terpolymère (ou du premier élastomère diénique) de la composition de caoutchouc médiane peut être un mélange d' α oléfines. L' α -oléfine comprend généralement 3 à 16 atomes de carbone.
- 15 Convienent comme α -oléfine par exemple le propylène, le 1-butène, le 1-pentène, le 1-hexène, le 1-octène et le 1-dodécène.
- [0016] Avantageusement l' α -oléfine est le propylène, auquel cas le terpolymère est appelé communément un EPDM (ethylene propylene diene monomer), désigné en anglais par « EPDM rubber ».
- 20 [0017] Le diène non conjugué utilisé pour la synthèse du terpolymère (ou du premier élastomère diénique) de la composition de caoutchouc médiane comprend généralement 6 à 12 atomes de carbone. A titre d'exemple de diène non conjugué, on peut citer le dicyclopentadiène, le 1,4-hexadiène, le 5-éthylidène-2-norbornène, le 5-méthylène-2-norbornène, le 1,5-cyclooctadiène.
- 25 [0018] Avantageusement le diène non conjugué est le 5-éthylidène-2-norbornène ou le dicyclopentadiène.
- [0019] Selon un mode de réalisation de l'invention, le premier élastomère diénique de la composition de caoutchouc médiane présente au moins l'une des caractéristiques suivantes, de préférence toutes:

- 6 -

- les unités éthylène représentent entre 20 et 90%, préférentiellement entre 30 et 70% en masse du premier élastomère diénique,
- les unités α -oléfine représentent entre 10 et 80%, préférentiellement de 15 à 70% en masse du premier élastomère diénique,
- 5 -les unités diène non conjugué représentent entre 0.5 et 20% en masse du premier élastomère diénique.

[0020] Il est entendu que le premier élastomère diénique peut être constitué par un mélange de terpolymères d'éthylène, α -oléfine et de diène non conjugué qui se différencient des uns des autres par leur macrostructure ou leur microstructure, en particulier par le taux massique respectif des unités éthylène, α -oléfine et diène non
10 conjugué.

[0021] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, le premier élastomère diénique est le seul élastomère de la composition de caoutchouc médiane.

[0022] Selon un autre mode de réalisation particulier de l'invention, la composition
15 de caoutchouc médiane comprend un second élastomère, de préférence diénique, c'est-à-dire comprenant des unités monomères diéniques. Lorsque la composition de caoutchouc médiane comprend un second élastomère, elle comprend de préférence plus de 50 pce, de manière plus préférentielle plus de 60 pce du premier élastomère diénique.

[0023] Le deuxième élastomère de la composition de caoutchouc médiane peut être
20 un élastomère diénique "essentiellement insaturé" ou "essentiellement saturé". 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 élastomères diéniques tels que les caoutchoucs butyle ou les copolymères de diènes et
25 d' α -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 élastomère diénique "fortement insaturé" un élastomère diénique ayant un taux de
30 motifs d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 50%.

[0024] De préférence le second élastomère est un élastomère diénique fortement insaturé choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, les polyisoprènes, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.

- 5 **[0025]** Les polyisoprènes peuvent être de synthèse (IR) ou le caoutchouc naturel (NR). Il est entendu que le second élastomère diénique peut être constitué par un mélange d'élastomères diéniques qui se différencient des uns des autres par leur microstructure, par leur macrostructure ou par la présence d'une fonction, par la nature ou la position de cette dernière sur la chaîne élastomère.
- 10 **[0026]** La charge renforçante, connue pour ses capacités à renforcer une composition de caoutchouc utilisable pour la fabrication de pneumatiques, peut être un noir de carbone, une charge inorganique renforçante telle que de la silice à laquelle est associé de manière connue un agent de couplage, ou encore un mélange de ces deux types de charge. Une telle charge renforçante consiste typiquement en des nanoparticules dont la
- 15 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 comprise entre 20 et 150 nm.

[0027] Avantageusement la charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane comprend un noir de carbone.

- 20 **[0028]** Le noir de carbone présente une surface spécifique BET de préférence d'au moins 90 m²/g, de manière plus préférentielle d'au moins 100 m²/g. A ce titre conviennent les 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 (grade
- 25 ASTM), comme par exemple les noirs N115, N134, N234, N375. Les noirs de carbone peuvent être utilisés à l'état isolé, tels que disponibles commercialement, ou sous tout autre forme, par exemple comme support de certains des additifs de caoutchouerie utilisés. 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
- 30 pression relative P/P0 : 0.1 à 0.3].

[0029] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane comprend 100% en masse d'un noir de carbone.

[0030] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane comprend une charge inorganique, de préférence une silice.

[0031] Par "charge inorganique renforçante", on entend 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 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.

[0032] Comme charges inorganiques renforçantes conviennent notamment des charges minérales du type siliceux, préférentiellement la silice (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 $300\text{ m}^2/\text{g}$.

[0033] L'état physique sous lequel se présente la charge inorganique renforçante est indifférent, que ce soit sous forme de poudre, de micropertes, de granulés, ou encore de billes. Bien entendu on entend également par charge inorganique renforçante des mélanges de différentes charges inorganiques renforçantes, en particulier de silices hautement dispersibles telles que décrites ci-dessus.

[0034] 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: 1heure à 160°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).

- 5 **[0035]** 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
- 10 moins bifonctionnels.

[0036] Avantageusement le taux de charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane est au moins égal à 20 pce et au plus égal à 70 pce, de préférence au moins égal à 25 pce et au plus égal à 50 pce.

- [0037]** En particulier un taux de charge renforçante de la composition de caoutchouc
- 15 médiane préférentiellement au moins égal à 25 pce et au plus égal à 50 pce permet d'améliorer la résistance à l'usure toucher, lors des atterrissages, sans dégrader la résistance à l'usure taxi, lors des phases de roulage.

- [0038]** Le système de réticulation peut être à base soit de soufre, soit de donneurs de soufre et/ou de peroxyde et/ou de bismaléimides. Le système de réticulation est
- 20 préférentiellement un système de vulcanisation, c'est-à-dire un système à base de soufre (ou d'un agent 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
- 25 tels qu'oxyde de zinc, acide stéarique ou composés équivalents, dérivés guanidiques (en particulier diphénylguanidine), ou encore des retardateurs de vulcanisation connus.

- [0039]** Le soufre est 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
- 30 taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 0,5 et 5,0 pce.

[0040] La composition de caoutchouc médiane 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 agents de protection tels que des cires anti-ozone, des anti-ozonants
5 chimiques, anti-oxydants, des agents anti-fatigue.

[0041] Avantageusement, la composition de caoutchouc médiane comprend 0 à 20 pce d'un plastifiant liquide.

[0042] Un plastifiant est considéré comme liquide lorsque, à 23°C, il a la capacité de prendre à terme la forme de son contenant, cette définition étant donnée par opposition
10 aux résines plastifiantes qui sont par nature solides à température ambiante. Comme plastifiant liquide, on peut citer les huiles végétales, les huiles minérales, les plastifiants éthers, esters, phosphates, sulfonates et leurs mélanges.

[0043] Préférentiellement le taux de plastifiant liquide de la composition de caoutchouc médiane est égal à 0.

15 **[0044]** Au moins une composition de caoutchouc latérale est avantageusement différente de la composition de caoutchouc médiane.

[0045] Au moins une composition de caoutchouc latérale, selon un premier mode de réalisation, comprend avantageusement un élastomère diénique, une charge renforçante et un système de réticulation, lequel élastomère diénique est un élastomère diénique
20 fortement insaturé choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, les polyisoprènes, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.

[0046] Ce premier mode de réalisation de la composition de caoutchouc latérale est identique à la composition de caoutchouc d'une bande de roulement de l'état de la
25 technique et garantit donc un niveau de résistance à l'usure en phase taxi des parties latérales de la bande de roulement identique à celui de l'état de la technique pris en référence.

[0047] Au moins une composition de caoutchouc latérale, selon un deuxième mode de réalisation, comprend avantageusement au plus 50 pce du premier élastomère
30 diénique selon l'un quelconque des modes de réalisation du premier élastomère

diénique précédemment décrits. L'élastomère diénique d'une composition de caoutchouc latérale peut être ou non identique au premier élastomère diénique de la composition de caoutchouc médiane.

5 **[0048]** Ce deuxième mode de réalisation de la composition de caoutchouc latérale garantit un niveau de résistance à l'usure en phase taxi des parties latérales de la bande de roulement proche de celui de l'état de la technique pris en référence.

10 **[0049]** Le plus souvent, les deux parties latérales, positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane, ont des largeurs axiales identiques. Avantageusement, les deux parties latérales sont constituées par des compositions de caoutchouc latérales identiques. Selon un mode de réalisation préféré, les deux parties latérales, positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane ont des largeurs axiales identiques et sont constituées par des compositions de caoutchouc latérales identiques.

15 **[0050]** Le pneumatique comprenant une armature de sommet radialement intérieure à la bande de roulement, le pneumatique comprend avantageusement une couche intercalaire constituée par une composition de caoutchouc en contact par une face radialement extérieure avec au moins la portion médiane de la bande de roulement et par une face radialement intérieure avec l'armature de sommet. Un contact de la face radialement extérieure de la couche intercalaire avec au moins la portion médiane de la bande de roulement signifie que la largeur axiale de ce contact est au moins égale à la
20 largeur axiale L_C de la portion médiane de la bande de roulement. Un contact de la face radialement intérieure de la couche intercalaire avec l'armature de sommet est un contact avec l'armature de protection, qui est la partie de l'armature de sommet la plus radialement extérieure destinée à protéger l'armature de travail, qui est la partie de l'armature de sommet la plus radialement intérieure. Cette couche intercalaire, appelée
25 également couche de liaison, garantit une meilleure liaison entre la bande de roulement comprenant une composition de caoutchouc selon l'invention et l'armature de sommet.

[0051] Selon un premier mode de réalisation, la couche intercalaire est constituée par une composition de caoutchouc comprenant du caoutchouc naturel. La composition de caoutchouc comprend également une charge renforçante et un système de réticulation.

30 **[0052]** Selon un deuxième mode de réalisation, la couche intercalaire est constituée par une composition de caoutchouc comprenant une matrice élastomère, laquelle

matrice élastomère contient un élastomère terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un diène non conjugué et contient au moins 10% en masse d'unité diénique. On appelle matrice élastomère l'ensemble des élastomères contenus dans la composition de caoutchouc. La composition de caoutchouc comprend également une charge renforçante et un système de réticulation. Il est entendu que l'élastomère peut être un mélange de terpolymères d'éthylène, d' α -oléfine et de diène non conjugué qui se différencient des uns des autres par leur macrostructure ou leur microstructure, en particulier par le taux massique respectif des unités éthylène, α -oléfine et diène non conjugué. On entend par unité diénique une unité monomère issue de l'insertion d'un motif monomère résultant de la polymérisation d'un monomère diène conjugué ou d'un monomère diène non conjugué, l'unité diénique comportant une double liaison carbone-carbone. La composition de caoutchouc de la couche intercalaire, selon ce deuxième mode de réalisation, peut être utilisée sous sa forme générique, telle que décrite précédemment, ou sous la forme de l'un quelconque de ses modes de réalisation, décrits dans le document FR 14/61754.

[0053] Selon un troisième mode de réalisation, la couche intercalaire est constituée par une composition de caoutchouc comprenant un élastomère comprenant des unités éthylène et des unités diéniques comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein de l'élastomère. La composition de caoutchouc comprend également une charge renforçante et un système de réticulation. La composition de caoutchouc de la couche intercalaire, selon ce troisième mode de réalisation, peut être utilisée sous sa forme générique, telle que décrite précédemment, ou sous la forme de l'un quelconque de ses modes de réalisation, décrits dans le document FR 14/61755.

[0054] Selon un quatrième mode de réalisation, la couche intercalaire est constituée par un stratifié élastomère, comprenant radialement de l'extérieur vers l'intérieur, n couches C_i , n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 et i étant un nombre entier allant de 1 à n, constituées chacune par une composition de caoutchouc diénique, la couche C_1 comprenant un élastomère diénique E comprenant des unités éthylène et des unités diéniques, les unités diéniques représentant plus de 10% en masse des unités monomères de l'élastomère diénique E, la couche C_n comprenant de 50 à moins de 100

pce d'un élastomère diénique N ayant un taux massique d'unité diénique supérieur à 50%, le taux exprimé en pce d'élastomère diénique N étant plus élevé dans la couche Cn que dans la couche C1, le taux exprimé en pce d'élastomère diénique E étant plus élevé dans la couche C1 que dans la couche Cn, les couches Ci, pour les valeurs de i allant de 2 à n-1 pour n supérieur à 2, comprenant un élastomère diénique I choisi dans le groupe constitué par les homopolymères et les copolymères de diène présentant plus de 10% en masse d'unité diénique. Les compositions de caoutchouc comprennent également une charge renforçante et un système de réticulation. Les compositions de caoutchouc de la couche intercalaire, selon ce quatrième mode de réalisation, peuvent être utilisées sous leurs formes génériques, telle que décrites précédemment, ou sous la forme de l'un quelconque de leurs modes de réalisation respectifs, décrits dans le document FR 14/62227.

[0055] De façon générale, concernant la composition des élastomères, la microstructure est déterminée par analyse RMN ^1H , suppléée par l'analyse RMN ^{13}C lorsque la résolution des spectres RMN du ^1H ne permet pas l'attribution et la quantification de toutes les espèces. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un spectromètre RMN BRUKER 500 MHz à des fréquences de 500.43 MHz pour l'observation du proton et 125.83 MHz pour l'observation du carbone. Pour les mesures sur des mélanges ou des élastomères non solubles mais ayant la capacité de gonfler dans un solvant, est utilisée une sonde HRMAS 4 mm z-grad permettant d'observer le proton et le carbone en mode découplé du proton. Les spectres sont acquis à des vitesses de rotation de 4000 Hz à 5000 Hz. Pour les mesures sur des élastomères solubles, est utilisée une sonde RMN liquide permettant d'observer le proton et le carbone en mode découplé du proton. La préparation des échantillons non solubles est faite dans des rotors remplis avec le matériau analysé et un solvant deutéré permettant le gonflement, en général du chloroforme deutéré (CDCl_3). Le solvant utilisé doit toujours être deutéré et sa nature chimique peut être adaptée par l'homme du métier. Les quantités de matériau utilisées sont ajustées de façon à obtenir des spectres avec une sensibilité et une résolution suffisante. Les échantillons solubles sont mis en solution dans un solvant deutéré (environ 25mg d'élastomère dans 1mL), en général du chloroforme deutéré (CDCl_3). Le solvant ou coupage de solvant utilisé doit toujours être deutéré et sa nature chimique peut être adaptée par l'homme du métier. Les séquences respectivement

utilisées pour la RMN du proton et la RMN du carbone sont identiques pour un échantillon soluble et un échantillon gonflé. Pour la RMN du proton est utilisée une séquence simple impulsion de 30°. La fenêtre spectrale est réglée pour observer l'ensemble des raies de résonances appartenant aux molécules analysées. Le nombre d'accumulation est réglé afin d'obtenir un rapport signal sur bruit suffisant pour la quantification de chaque motif. Le délai de recyclage entre chaque impulsion est adapté pour obtenir une mesure quantitative. Pour la RMN du carbone est utilisée une séquence simple impulsion 30° avec un découplage du proton uniquement pendant l'acquisition pour éviter les effets « Overhauser Nucléaire » (NOE) et rester quantitatif. La fenêtre spectrale est réglée pour observer l'ensemble des raies de résonances appartenant aux molécules analysées. Le nombre d'accumulation est réglé afin d'obtenir un rapport signal sur bruit suffisant pour la quantification de chaque motif. Le délai de recyclage entre chaque impulsion est adapté pour obtenir une mesure quantitative. Les mesures de RMN sont réalisées à 25°C.

15 **[0056]** Les caractéristiques de l'invention seront mieux comprises à l'aide des figures 1 et 2, des résultats de mesures et de tests réalisés sur des compositions de caoutchouc telles qu'utilisées dans un pneumatique selon l'invention et sur des résultats de tests réalisés sur des pneumatiques selon l'invention.

20 **[0057]** La figure 1, non représentée à l'échelle pour en faciliter la compréhension présente une vue en coupe dans un plan méridien du sommet d'un pneumatique pour avion selon l'invention, comprenant radialement de l'extérieur vers l'intérieur une bande de roulement 2, une armature de sommet 5 et une armature de carcasse 6. La bande de roulement 2 ayant une largeur axiale L comprend une partie médiane 3, ayant une largeur axiale L_C au moins égale à 50% et au plus égale à 80% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituée par une composition de caoutchouc médiane, et deux parties latérales (41, 42), positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane 3, ayant chacune une largeur axiale (L_{S1} , L_{S2}) au moins égale à 10% et au plus égale à 25% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituées chacune par une composition de caoutchouc latérale.

30 **[0058]** La figure 2 présente une vue en coupe dans un plan méridien du sommet d'un pneumatique pour avion selon un mode de réalisation particulier de l'invention, dans

lequel le pneumatique 1 comprend également une couche intercalaire 7 constituée par une composition de caoutchouc en contact par une face radialement extérieure avec la bande de roulement 2 et par une face radialement intérieure avec l'armature de sommet 5.

- 5 **[0059]** L'invention a été plus particulièrement étudiée dans le cas d'un pneumatique d'avion de dimension 46x17R20, destiné à équiper le train d'atterrissage principal d'un avion de ligne. Pour un tel pneumatique, la pression de gonflage est 15,3 bars, la charge statique 21 tonnes et la vitesse maximale 360 km/h.

- 10 **[0060]** Des mesures et des tests de laboratoire ont été réalisés sur différentes compositions de caoutchouc comprenant un élastomère diénique terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un diène non conjugué, en comparaison avec des compositions de caoutchouc à base de caoutchouc naturel généralement utilisées dans les bandes de roulement des pneumatiques pour avion de l'état de la technique.

- 15 **[0061]** Les compositions de caoutchouc selon l'invention et de l'état de la technique ont été préparées selon le procédé décrit ci-après. On introduit dans un mélangeur interne (taux de remplissage final : environ 70% en volume), dont la température initiale de cuve est d'environ 80°C, successivement les élastomères diéniques, les charges renforçantes, ainsi que les divers autres ingrédients à l'exception du système de vulcanisation. On conduit alors un travail thermomécanique (phase non-productive) en
20 une étape, qui dure au total environ 3 à 4 min, jusqu'à atteindre une température maximale de « tombée » de 165°C. On récupère le mélange ainsi obtenu, on le refroidit puis on incorpore du soufre et un accélérateur type sulfamide sur un mélangeur (homo-finisher) à 70 °C, en mélangeant le tout (phase productive) pendant un temps approprié (par exemple une dizaine de minutes). Les compositions ainsi obtenues sont ensuite
25 calandrées soit sous la forme de plaques (épaisseur 2 à 3mm) ou de feuilles fines de caoutchouc pour la mesure de leur propriétés physiques ou mécaniques, soit extrudées sous la forme d'une bande de roulement de pneumatique avion.

- 30 **[0062]** L'évaluation de la résistance à l'usure des compositions de caoutchouc précédemment définies a été évaluée, sur des échantillons, en particulier par un test d'abrasion à haute vitesse, représentatif des conditions d'atterrissage d'un pneumatique

pour avion, associé à une mesure de perte de masse et par une mesure de la résistance à la rupture.

[0063] Concernant la perte de masse, un échantillon de composition de caoutchouc est soumis à un test d'abrasion sur un abrasimètre à haute vitesse. Le test d'abrasion à haute vitesse est réalisé selon le principe décrit dans l'article de S. K. Clark « *Touchdown dynamics* », *Precision Measurement Company, Ann Arbor, MI, NASA, Langley Research Center, Computational Modeling of Tires* pages 9-19 publié en août 1995. Le matériau de bande de roulement frotte sur une surface telle qu'un disque Norton Vulcan A30S-BF42. La vitesse linéaire lors du contact est de 70 m/s avec une pression moyenne de contact de 15 à 20 bars. Le dispositif est conçu pour frotter jusqu'à épuisement d'une l'énergie de 10 à 20 MJ/m² de surface de contact. La performance en perte de masse est évaluée sur la base de la perte de masse selon la formule suivante : Performance perte de masse = perte de masse témoin / perte de masse échantillon. Les résultats sont exprimés en base 100. Une performance en perte de masse pour l'échantillon supérieure à 100 est considérée comme meilleure que le témoin.

[0064] Dans les tableaux 1 et 2 présentés ci-après, les compositions de caoutchouc T1 et T2 sont deux compositions de caoutchouc de l'état de la technique prises en référence. La composition de caoutchouc T1 correspond à une composition à base de caoutchouc naturel, souvent utilisée par l'homme du métier pour fabriquer une bande de roulement de pneumatique pour avion. La composition de caoutchouc T2 contient également du caoutchouc naturel, mais avec un taux de charge et un système de vulcanisation différents de ceux de la composition de caoutchouc T1.

[0065] Les compositions de caoutchouc C1 à C5, C15, C18 à C24 contiennent un élastomère diénique EPDM, une charge renforçante comprenant un noir de carbone et/ou une silice à différents taux, et un système de réticulation. Elles diffèrent par le taux d'élastomère diénique EPDM et par la nature et le taux de charge renforçante (noir de carbone ou silice).

[0066] Un premier essai, dont les résultats sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous, a pour but de montrer l'influence du taux d'élastomère diénique EPDM dans la composition de caoutchouc sur l'allongement à la rupture et la perte de masse.

Tableau 1

	T2	C1	C2	C3	C4	C5
NR (1)	100	-	10	20	40	60
EPDM 1 (2)	-	100	90	80	60	40
Noir de carbone (3)	30	30	30	30	30	30
Antioxydant (4)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Acide stéarique (5)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Oxyde de Zinc (6)	3	3	3	3	3	3
Accélérateur (7)	2	2	2	2	2	2
Soufre	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Allongement à la rupture à 23°C (%)	528	634	664	658	560	465
Performance en perte de masse (%)	100	173	146	132	123	119

- (1) Caoutchouc naturel
- (2) EPDM Nordel IP 4570 de la Société Dow
- 5 (3) Noir de carbone de grade N234 selon la norme ASTM D-1765
- (4) N-1,3-diméthylbutyl-N-phénylparaphénylènediamine « Santoflex 6-PPD » de la société Flexsys
- (5) Stéarine « Pristerene 4931 » de la société Uniqema
- (6) Oxyde de zinc de grade industriel de la société Umicore
- 10 (7) N-cyclohexyl-2-benzothiazyle sulfénamide « Santocure CBS » de la société Flexsys

[0067] Le résultat de ce premier essai montre que la performance en perte de masse des compositions de caoutchouc C1 à C5 est toujours améliorée par rapport à celle de la composition de caoutchouc T2 de référence. En d'autres termes, les pertes de masse

15 pour les compositions de caoutchouc C1 à C5 sont toujours inférieures à celle de la composition de caoutchouc T2, l'écart de performance en perte de masse pouvant atteindre +73% dans le cas de la composition de caoutchouc C1 comprenant 100% d'EPDM. Concernant l'allongement à la rupture, celui-ci est supérieur à la référence pour les compositions de caoutchouc C1 à C4, mais devient inférieur à la référence pour

20 la composition de caoutchouc C5 dans laquelle le taux d'EPDM est inférieur à 50 pce. On observe que l'utilisation de plus de 50 pce d'EPDM dans la composition de caoutchouc conduit à un meilleur compromis de performance entre la perte de masse et l'allongement rupture. Ainsi l'invention a pour avantage de garantir une meilleure

performance en perte de masse, représentative d'une meilleure résistance à l'usure lors de la phase d'atterrissage de l'avion.

- [0068]** Un deuxième essai, dont les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous, a pour but de montrer l'influence de la nature et du taux de charge renforçante dans la composition de caoutchouc sur la perte de masse.

Tableau 2

	T1	C1	C15	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24
NR (1)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPDM (2)	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Noir de carbone 1 (3)	47,5	30	47,5	70	-	-	-	-	-	-
Noir de carbone 2 (4)	-	-	-	-	30	47,5	-	-	-	-
Noir de carbone 3 (5)	-	-	-	-	-	-	30	47,5	-	-
Silice (6)	-	-	-	-	-	-	-	-	30	47,5
Silane (7)	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4	3,8
Antioxydant (8)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Acide stéarique (9)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Oxyde de Zinc (10)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Accélérateur (11)	0,8	2	2	2	2	2	2	2	0,8	0,8
Soufre	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,5	1,5
Performance en perte de masse (%)	100	195	149	112	184	151	182	153	157	126

- (1) Caoutchouc naturel
- (2) EPDM « Nordel IP 4570 » de la Société Dow
- 10 (3) Noir de carbone de grade N234 selon la norme ASTM D-1765
- (4) Noir de carbone de grade N115 selon la norme ASTM D-1765
- (5) Noir de carbone de grade N550 selon la norme ASTM D-1765
- (6) Silice de grade 160MP
- (7) Silane liquide « Si69 » de la société Dégussa
- 15 (8) N-1,3-diméthylbutyl-N-phénylparaphénylènediamine « Santoflex 6-PPD » de la société Flexsys
- (9) Stéarine « Pristerene 4931 » de la société Uniqema
- (10) Oxyde de zinc de grade industriel de la société Umicore
- (11) N-cyclohexyl-2-benzothiazyle sulfénamide « Santocure CBS » de la société
- 20 Flexsys

[0069] Le résultat de ce deuxième essai montre que la performance perte de masse pour les compositions de caoutchouc selon l'invention C1, C15, C18 à C24 est toujours améliorée par rapport la composition de caoutchouc T1 de référence. On observe aussi que le noir de carbone, notamment à un taux inférieur à 70 pce, conduit à un meilleur
5 résultat que la silice.

[0070] En résumé, les compositions de caoutchouc à base d'au moins un terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un diène non conjugué, une charge renforçante et un système de réticulation, constitutives de la partie médiane de la bande de roulement d'un pneumatique pour avion, confèrent au pneumatique une performance de résistance
10 à l'usure toucher, lors de l'atterrissage fortement améliorée.

[0071] Des tests comparatifs ont également été réalisés entre un pneumatique selon l'invention, de dimension 46x17R20, et un pneumatique de référence de la même dimension. Le pneumatique selon l'invention testé comprend une bande de roulement constituée par la composition de caoutchouc C1, définie dans le tableau 2 et comprenant
15 100 pce d'EPDM et 30 pce de noir de carbone N234. Le pneumatique de référence testé comprend une bande de roulement constituée par la composition de caoutchouc T1 précédemment décrite.

[0072] Un premier test a consisté à simuler, sur un moyen de test adapté, des atterrissages jusqu'à usure totale de la bande de roulement et de mesurer la perte de
20 masse correspondant à l'usure de la bande de roulement au retrait du pneumatique totalement usé. Le pneumatique de référence a été ainsi retiré après 375 atterrissages alors que le pneumatique selon l'invention a été retiré après 675 atterrissages. En d'autres termes, le pneumatique selon l'invention a réalisé 1.8 fois le nombre d'atterrissages du pneumatique de référence avant son retrait à usure totale.

[0073] Un second test a consisté à simuler, sur un moyen de test adapté, un roulage représentatif de la phase taxi sur une distance déterminée et de mesurer la perte de
25 masse correspondant à l'usure de la bande de roulement à ce kilométrage. Après environ 700 km de roulage, les pertes de masse respectives du pneumatique de référence et du pneumatique selon l'invention ont été constatées comme sensiblement du même niveau.
30 Cette non dégradation de la résistance à l'usure taxi est étonnante car, pour l'homme du métier, un taux plus faible de charge renforçante - dans l'exemple testé, 30 pce de noir

de carbone N234 pour le pneumatique selon l'invention au lieu de 47,5 pce de noir de carbone N234 pour le pneumatique de référence - aurait dû dégrader la résistance à l'usure.

5 [0074] Sur la base des résultats de ces tests d'usure comparatifs, les inventeurs estiment qu'un pneumatique selon l'invention, par rapport au pneumatique de référence, permet un gain global en durée de vie sur usure sur l'ensemble du cycle d'utilisation du pneumatique comprenant les phases d'atterrissage, de roulage et de freinage.

10 [0075] Ce gain en durée de vie sur usure du pneumatique selon l'invention, obtenu grâce à une usure plus régulière de la bande de roulement, présente également un avantage au niveau du rechapage du pneumatique, c'est-à-dire du remplacement de la bande de roulement usée du pneumatique en fin de vie.

15 [0076] Pour un pneumatique de l'état de la technique en fin de vie, pour lequel la bande de roulement présente une usure différentielle entre la partie médiane et les parties latérales, l'opération de rechapage nécessite le plus souvent, outre l'enlèvement de la bande de roulement usée, l'enlèvement de la couche de sommet la plus radialement extérieure, constituée généralement par des renforts métalliques et appelée couche de protection, ladite couche de protection étant souvent endommagée en fin de vie du pneumatique en raison de sa proximité avec la bande de roulement.

20 [0077] Pour un pneumatique selon l'invention, du fait d'une usure plus régulière sur la largeur axiale de la bande de roulement, l'enlèvement de la couche de protection n'est plus nécessaire, du fait de son intégrité en fin de vie du pneumatique, d'où un gain économique sur l'opération de rechapage.

REVENDICATIONS

1 - Pneumatique (1) pour avion comprenant une bande de roulement (2) ayant une largeur axiale L, la bande de roulement (2) comprenant :

- 5 -une partie médiane (3) ayant une largeur axiale L_C au moins égale à 50% et au plus égale à 80% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituée par une composition de caoutchouc médiane,
 -et deux parties latérales (41, 42), positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane (3), ayant chacune une largeur axiale (L_{S1} , L_{S2}) au moins égale à 10% et au plus égale à 25% de la largeur axiale L de la bande de roulement et constituées chacune par
 10 une composition de caoutchouc latérale,
caractérisé en ce que la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 50 pce d'un premier élastomère diénique, une charge renforçante et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique est un terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un
 15 diène non conjugué.

2 - Pneumatique (1) selon la revendication 1 **dans lequel** la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 60 pce du premier élastomère diénique.

3 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 **dans lequel** l' α -oléfine est le propylène.

- 20 4 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **dans lequel** le diène non conjugué est le 5-éthylidène-2-norbornène ou le dicyclopentadiène.

5 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **dans lequel** le premier élastomère diénique présente au moins l'une des caractéristiques suivantes, de préférence toutes:

- 25 -les unités éthylène représentent entre 20 et 90%, préférentiellement entre 30 et 70% en masse du premier élastomère diénique,
 -les unités α -oléfine représentent entre 10 et 80%, préférentiellement de 15 à 70% en masse du premier élastomère diénique,
 -les unités diène non conjugué représentent entre 0.5 et 20% en masse du premier
 30 élastomère diénique.

- 22 -

- 6 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 **dans lequel** le premier élastomère diénique est le seul élastomère de la composition de caoutchouc médiane.
- 7 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 **dans lequel** la composition de caoutchouc médiane comprend un second élastomère, de préférence diénique.
- 8 - Pneumatique (1) selon la revendication 7 **dans lequel** le second élastomère est un élastomère diénique fortement insaturé choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, les polyisoprènes, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.
- 9 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 **dans lequel** la charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane comprend un noir de carbone.
- 10 - Pneumatique (1) selon la revendication 9 **dans lequel** la charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane comprend 100% en masse d'un noir de carbone.
- 11 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 **dans lequel** la charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane comprend une charge inorganique, de préférence une silice.
- 12 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 **dans lequel** le taux de charge renforçante de la composition de caoutchouc médiane est au moins égal à 20 pce et au plus égal à 70 pce, de préférence au moins égal à 25 pce et au plus égal à 50 pce.
- 13 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 **dans lequel** la composition de caoutchouc médiane comprend 0 à 20 pce d'un plastifiant liquide.
- 14 - Pneumatique (1) selon la revendication 13 **dans lequel** le taux de plastifiant liquide de la composition de caoutchouc médiane est égal à 0.
- 15 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 **dans lequel** au moins une composition de caoutchouc latérale est différente de la composition de caoutchouc médiane.

16 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 **dans lequel** au moins une composition de caoutchouc latérale comprend un élastomère diénique, une charge renforçante et un système de réticulation, lequel élastomère diénique est un élastomère diénique fortement insaturé choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, les polyisoprènes, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.

17 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16 **dans lequel** au moins une composition de caoutchouc latérale comprend au plus 50 pce du premier élastomère diénique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

10 18 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 17 **dans lequel** les deux parties latérales (41, 42), positionnées axialement de part et d'autre de la partie médiane (3) ont des largeurs axiales (L_{S1} , L_{S2}) identiques et sont constituées par des compositions de caoutchouc latérales identiques.

15 19 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, le pneumatique comprenant une armature de sommet (5) radialement intérieure à la bande de roulement (2), **dans lequel** le pneumatique (1) comprend une couche intercalaire (7) constituée par au moins une composition de caoutchouc en contact par une face radialement extérieure avec au moins la partie médiane (3) de la bande de roulement (2) et par une face radialement intérieure avec l'armature de sommet (5).

20 20 - Pneumatique (1) selon la revendication 19 **dans lequel**, la couche intercalaire (7) est constituée par une composition de caoutchouc comprenant du caoutchouc naturel.

21 - Pneumatique (1) selon la revendication 19 **dans lequel** la couche intercalaire (7) est constituée par une composition de caoutchouc comprenant une matrice élastomère, laquelle matrice élastomère contient un élastomère terpolymère d'éthylène, d'une α -oléfine et d'un diène non conjugué et contient au moins 10% en masse d'unité diénique.

22 - Pneumatique (1) selon la revendication 19 **dans lequel** la couche intercalaire (7) est constituée par une composition de caoutchouc comprenant un élastomère comprenant des unités éthylène et des unités diéniques comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein de l'élastomère.

- 24 -

- 23 - Pneumatique (1) selon la revendication 19 **dans lequel** la couche intercalaire (7) est constituée par un stratifié élastomère, comprenant, radialement de l'extérieur vers l'intérieur, n couches C_i , n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 et i étant un nombre entier allant de 1 à n, constituées chacune par une composition de caoutchouc
- 5 diénique, la couche C1 comprenant un élastomère diénique E comprenant des unités éthylène et des unités diéniques, les unités diéniques représentant plus de 10% en masse des unités monomères de l'élastomère diénique E, la couche Cn comprenant de 50 à moins de 100 pce d'un élastomère diénique N ayant un taux massique d'unité diénique supérieur à 50%, le taux exprimé en pce d'élastomère diénique N étant plus élevé dans la
- 10 couche Cn que dans la couche C1, le taux exprimé en pce d'élastomère diénique E étant plus élevé dans la couche C1 que dans la couche Cn, les couches C_i , pour les valeurs de i allant de 2 à n-1 avec n supérieur à 2, comprenant un élastomère diénique I choisi dans le groupe constitué par les homopolymères et les copolymères de diène présentant plus de 10% en masse d'unité diénique.

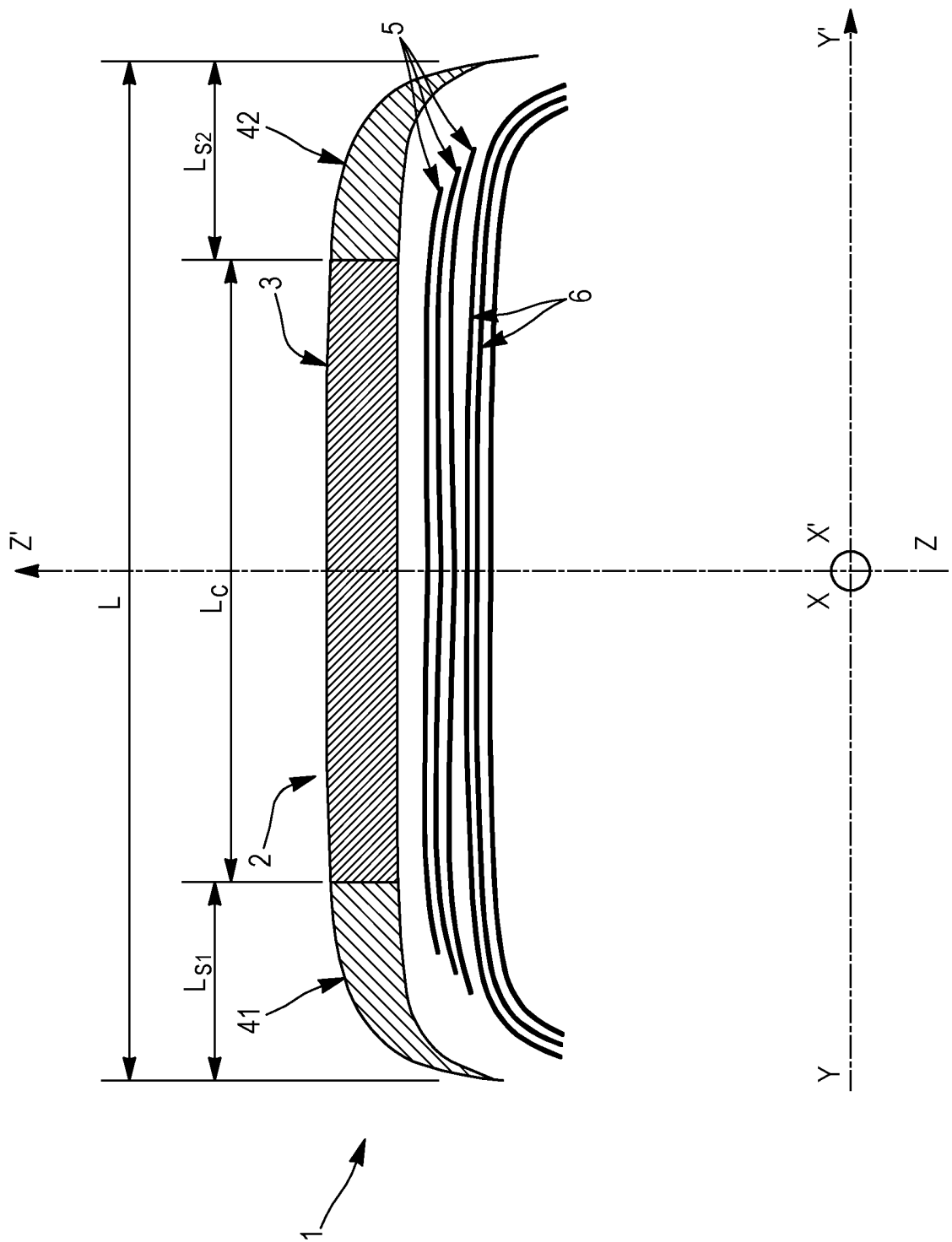


FIG. 1

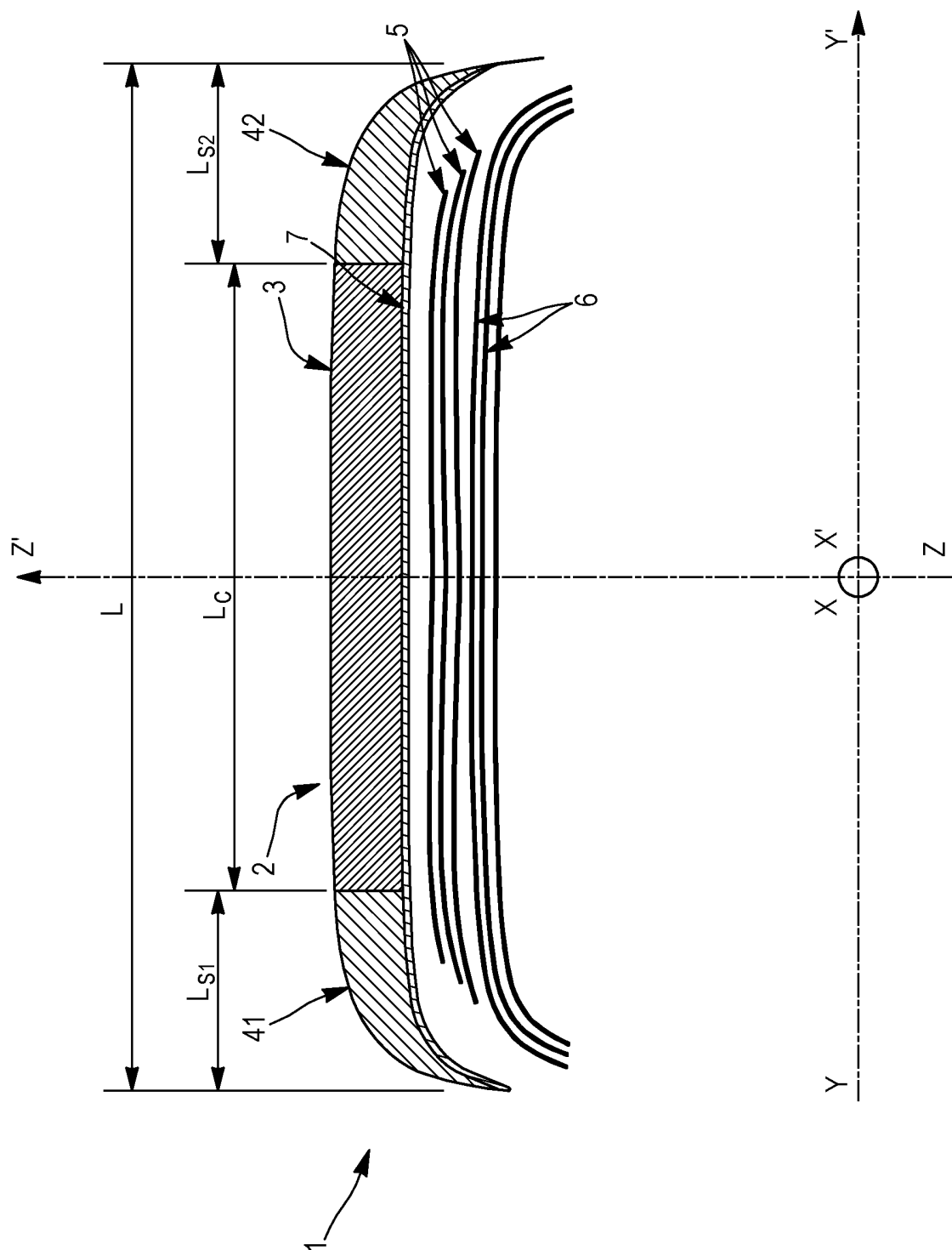


FIG. 2



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 816708
FR 1561129

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2004/127616 A1 (WENTWORTH GARY [US] ET AL) 1 juillet 2004 (2004-07-01) * exemples 1-5, 21-23, 27, 29-33 *	1-23	C08L23/16 C08L9/00 B60C1/00 C08L7/00 C08K3/36 C08K3/04
X	WO 2004/009693 A1 (CP HALL CO [US]) 29 janvier 2004 (2004-01-29) * exemples 1-17 *	1-23	
A	EP 1 800 905 A2 (BRIDGESTONE CORP [JP]) 27 juin 2007 (2007-06-27) * le document en entier *	1-23	
A	WO 2010/000747 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; CHAMBRIARD FRANCOIS []) 7 janvier 2010 (2010-01-07) * le document en entier *	1-23	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60C C08L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 mai 2016		Ritter, Nicola	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1561129 FA 816708**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-05-2016**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004127616 A1	01-07-2004	AUCUN	
WO 2004009693 A1	29-01-2004	AU 2003249191 A1 BR 0312724 A CA 2492015 A1 EP 1546246 A1 JP 2005533166 A US 2004072934 A1 WO 2004009693 A1	09-02-2004 26-04-2005 29-01-2004 29-06-2005 04-11-2005 15-04-2004 29-01-2004
EP 1800905 A2	27-06-2007	EP 1800905 A2 JP 4907976 B2 JP 2007168578 A US 2007137748 A1	27-06-2007 04-04-2012 05-07-2007 21-06-2007
WO 2010000747 A1	07-01-2010	AT 543664 T BR PI0913862 A2 CA 2728043 A1 CN 102076507 A EP 2310213 A1 FR 2933031 A1 JP 5623395 B2 JP 2011526555 A US 2011214788 A1 WO 2010000747 A1	15-02-2012 20-10-2015 07-01-2010 25-05-2011 20-04-2011 01-01-2010 12-11-2014 13-10-2011 08-09-2011 07-01-2010