

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 044 008

②1 N° d'enregistrement national : 15 61132

⑤1 Int Cl⁸ : C 08 L 9/00 (2017.01), C 08 L 7/00, B 60 C 1/00,
C 08 K 3/36, 3/04

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 ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions — FR et MICHELIN RECHERCHE ET TECH-
NIQUE S.A. Société anonyme — CH.

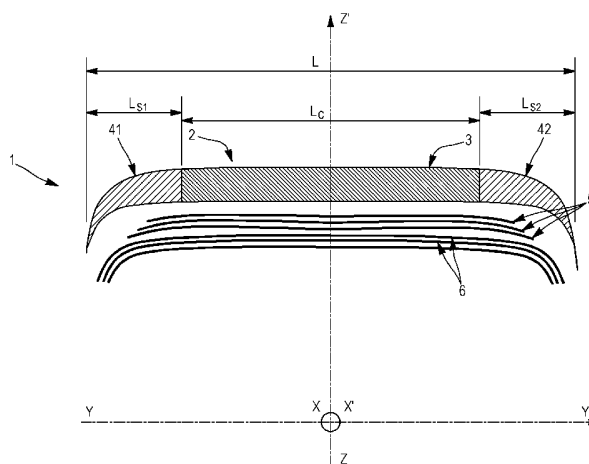
⑦2 Inventeur(s) : JOULIN EMMANUEL et ARAUJO DA
SILVA JOSÉ-CARLOS.

⑦3 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS 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 (1), et, en particulier, sa bande de roulement (2). 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 et une composition de caoutchouc médiane, et deux parties latérales (41, 42), chacune ayant une largeur axiale (L_{S1} , L_{S2}) et une composition de caoutchouc latérale. Selon l'invention, la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 50 pce d'un premier élastomère diéniq ue de partie médiane, au plus 70 pce d'une charge renforçante de partie médiane et un système de réticulation, et chaque partie latérale comprend au moins 50 pce d'un premier élastomère diéniq ue de partie latérale, un taux de charge renforçante de partie latérale au moins égal au taux de charge renforçante de partie médiane et un système de réticulation. Le premier élastomère diéniq ue de partie médiane respectivement de partie latérale comprend des unités éthylène et des unités diéniq ues comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein du premier élastomère diéniq ue, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diéniq ue.



FR 3 044 008 - A1



- 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, 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 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 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 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 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 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

- 2 -

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 garantissant au

15 moins le 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 de partie médiane, au plus 70 pce d'une charge renforçante de

30 partie médiane et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique de partie médiane comprend des unités éthylène et des unités diéniques comportant une

- 5 -

double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein du premier élastomère diénique, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diénique,
-et la composition de caoutchouc latérale de chaque partie latérale comprenant au moins
5 50 pce d'un premier élastomère diénique de partie latérale, un taux de charge renforçante de partie latérale supérieur au taux de charge renforçante de partie médiane et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique de partie latérale comprend des unités éthylène et des unités diéniques comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein du premier
10 élastomère diénique, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diénique.

[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
15 identiques et si leurs compositions de caoutchouc latérales sont également identiques.

[0013] Une teneur en masse ou taux d'un premier élastomère diénique de partie médiane respectivement de partie latérale 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
20 majoritaire apporte une forte contribution à la résistance à l'usure toucher de la partie médiane de la bande de roulement.

[0014] Pour la partie médiane, le taux de premier élastomère diénique de partie médiane majoritaire est associé à un taux de charge renforçante de partie médiane au plus égal à 70 pce. Ceci confère à la composition de caoutchouc médiane une meilleure
25 résistance à l'usure toucher de la partie médiane de la bande de roulement.

[0015] Pour chaque partie latérale, le taux de premier élastomère diénique de partie latérale majoritaire est associé à un taux de charge renforçante de partie latérale supérieur au taux de charge renforçante de partie médiane. Ceci confère à chaque composition de caoutchouc latérale une bonne résistance à l'usure taxi de chaque partie
30 latérale de la bande de roulement.

- 6 -

[0016] Ainsi, la différenciation du taux de charge renforçante entre la partie médiane et les parties latérales, constituées chacune par une composition de caoutchouc avec un taux de premier élastomère diénique selon l'invention majoritaire, permet de garantir un compromis satisfaisant entre la résistance à l'usure toucher de la partie médiane et la

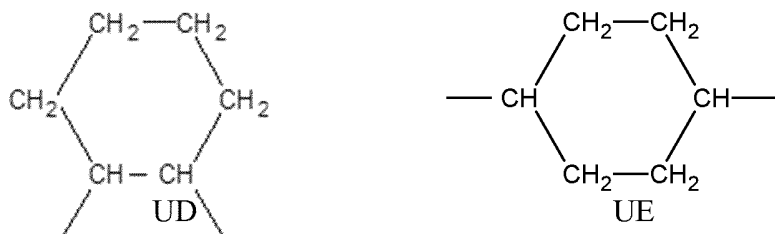
5 résistance à l'usure taxi des parties latérales.

[0017] Préférentiellement, la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 60 pce d'un premier élastomère diénique de partie médiane.

[0018] Encore préférentiellement, au moins une composition de caoutchouc latérale comprend au moins 60 pce d'un premier élastomère diénique de partie latérale.

10 [0019] Selon un premier mode de réalisation, l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale est un copolymère comprenant des unités éthylène, des unités butadiène et des unités de structure cyclique choisies parmi les motifs de formule UD et de formule UE,

15



[0020] Alors que le motif de l'unité UD forme un cycle hydrocarboné bivalent à 6 atomes de carbone de type 1,2-cyclohexane, le motif de l'unité UE forme un cycle hydrocarboné bivalent à 6 atomes de carbone de type 1,4-cyclohexane.

20

[0021] Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale est un copolymère comprenant les unités UA, UB, UC, UD, UE et UF suivantes distribuées statistiquement au sein de la chaîne copolymère,

25 UA) —CH₂—CH₂—
selon un pourcentage molaire de m%

UB) —CH₂—R₁C=CR₂—CH₂—
selon un R₁ pourcentage molaire de n%

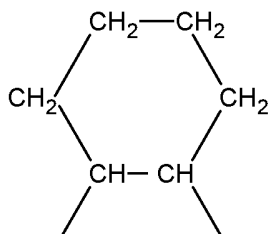
UC) —CH₂—C—
|
C—R₂
||
CH₂

- 7 -

selon un pourcentage molaire de o%

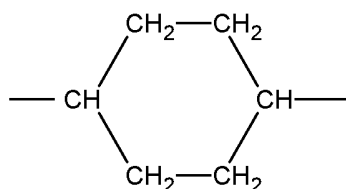
UD)

5



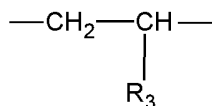
10 selon un pourcentage molaire de p%

UE)



15 selon un pourcentage molaire de q%

UF)



selon un pourcentage molaire de r%

20 R_1 et R_2 , identiques ou différents, désignant un atome d'hydrogène, un radical méthyle ou un radical phényle substitué ou non en position ortho, méta ou para par un radical méthyle,

R_3 désignant un radical alkyle ayant de 1 à 4 atomes de carbone ou un radical aryle,

m , n , o , p , q et r étant des nombres allant de 0 à 100,

25 $m \geq 50$ $0 < o + p \leq 25$ $o + p + q \geq 10$ $n + o > 0$ $q \geq 0$ 30 $0 \leq r \leq 25$

les pourcentages molaires respectifs de m , n , o , p , q et r étant calculés sur la base de la somme de $m + n + o + p + q + r$ qui est égale à 100.

[0022] Il est entendu que le premier élastomère diénique de partie médiane respectivement de partie latérale peut être constitué par un mélange d'élastomères qui contiennent les unités UA, UB, UC, UD, UE et UF selon les pourcentages molaires respectifs m, n, o, p, q et r tels que définis précédemment et qui se différencient des uns des autres par leur macrostructure ou leur microstructure, en particulier par le taux molaire respectif des unités UA, UB, UC, UD, UE et UF.

[0023] Préférentiellement r est égal à 0, c'est-à-dire que le premier élastomère diénique de partie médiane ou de partie latérale ne contient pas d'unité UF.

[0024] Selon un mode de réalisation particulier, au moins l'un des deux pourcentages molaires p et q est différent de 0. Autrement dit, de préférence le premier élastomère diénique de partie médiane ou de partie latérale contient au moins l'un des motifs qui sont un cycle hydrocarboné bivalent à 6 atomes de carbone de type 1,2-cyclohexane et un cycle hydrocarboné bivalent à 6 atomes de carbone de type 1,4-cyclohexane.

[0025] De manière plus préférentielle p est strictement supérieur à 0.

[0026] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale présente au moins un des critères suivants, et plus préférentiellement tous:

$$m \geq 65$$

$$n + o + p + q \geq 15, \text{ de préférence encore } 20$$

$$10 \geq p + q \geq 2$$

$$1 \geq n / (o + p + q)$$

$$\text{lorsque } q \text{ est non nul, } 20 \geq p / q \geq 1$$

[0027] Selon un autre mode de réalisation préférentiel de l'invention, l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale contient comme unités monomères uniquement les unités UA, UB, UC, UD et UE selon leur pourcentage molaire respectif m, n, o, p et q, de préférence tous différents de 0.

[0028] Selon un autre mode de réalisation préférentiel de l'invention, l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie

latérale contient comme unités monomères uniquement les unités UA, UB, UC et UD selon leur pourcentage molaire respectif m, n, o et p, de préférence tous différents de 0.

[0029] Selon un autre mode de réalisation préférentiel de l'invention, R_1 et R_2 sont identiques et désignent un atome d'hydrogène.

- 5 **[0030]** Selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention, le premier élastomère diénique de partie médiane respectivement de partie latérale présente de préférence une masse molaire moyenne en nombre (M_n) d'au moins 60 000 g/mol et d'au plus 1 500 000 g/mol.

- [0031]** Le premier élastomère diénique de partie médiane respectivement de partie latérale peut être obtenu selon différentes méthodes de synthèses connues de l'homme du métier, notamment en fonction des valeurs visées de m, n, o, p, q et r. Généralement, le premier élastomère diénique peut être préparé par copolymérisation d'au moins un monomère diène conjugué et d'éthylène et selon des méthodes de synthèse connues, en particulier en présence de système catalytique comprenant un complexe métallocène.
- 10
- 15 On peut citer à ce titre les systèmes catalytiques à base de complexes métallocènes, lesquels systèmes catalytiques sont décrits dans les documents EP 1 092 731 A1, EP 1 554 321 A1, EP 1 656 400 A1, EP 1 829 901 A1, EP 1 954 705 A1, EP 1 957 506 A1, au nom des Demanderesses.

- [0032]** A titre de monomère diène conjugué convient notamment un diène conjugué ayant de 4 à 12 atomes de carbone. On peut citer le 1,3-butadiène, le 2-méthyl-1,3-butadiène, 2,3-diméthyl-1,3-butadiène, un aryl-1,3-butadiène, le 1,3-pentadiène. Selon un aspect préférentiel, le monomère diène est le 1,3-butadiène ou du 2-méthyl-1,3-butadiène, plus préférentiellement le 1,3-butadiène, auquel cas R_1 et R_2 représentent chacun un hydrogène.
- 20

- 25 **[0033]** Ainsi, selon certaines de ces méthodes de synthèse, le premier élastomère diénique de partie médiane ou de partie latérale peut être obtenu par copolymérisation d'au moins un monomère diène conjugué et de l'éthylène, en présence d'un système catalytique comprenant un complexe métallocène de lanthanide avec des ligands ansa de type fluorényle. On peut citer à ce titre les complexes métallocènes décrits dans les
- 30 documents EP 1 092 731 A1, EP 1 554 321 A1, EP 1 954 705 A1.

[0034] Le premier élastomère diénique de partie médiane ou de partie latérale qui contient des unités UF selon un mode de réalisation particulier de l'invention peut être obtenu par copolymérisation d'au moins un monomère diène conjugué et de deux oléfines, telles que l'éthylène et une alpha-oléfine, en présence d'un système catalytique
5 comprenant un complexe métallocène de lanthanide avec des ligands de type *ansa* cyclopentadiényle-fluorényle. A titre de monomère alpha-oléfine convient par exemple une alpha-oléfine ayant de 3 à 18 atomes de carbone, avantageusement ayant 3 à 6 atomes de carbone. On peut citer le propylène, le butène, le pentène, l'hexène ou un mélange de ces composés. Comme termonomère associé à au moins un monomère
10 diène conjugué et l'éthylène, on peut aussi citer un dérivé du styrène. Les systèmes catalytiques à base de complexes métallocènes peuvent être ceux décrits dans les documents EP 1 092 731 A1, EP 1 656 400 A1, EP 1 829 901 A1, EP 1 957 506 A1, au nom des Demanderesses.

[0035] Le premier élastomère diénique de partie médiane ou de partie latérale peut
15 être préparé conformément aux documents cités précédemment, en adaptant les conditions de polymérisation par des moyens connus de l'homme de l'art, de manière à atteindre des valeurs de masse molaire moyenne en nombre (Mn) d'au moins 60 000 g/mol. A titre d'illustration, le temps de polymérisation peut être significativement augmenté de telle sorte que la conversion en monomère soit supérieure, conduisant alors
20 à l'obtention de masses molaires d'au moins 60 000 g/mol. A titre d'illustration, lors de la préparation des systèmes catalytiques selon les documents cités précédemment, la stœchiométrie de l'agent d'alkylation par rapport au(x) complexe(s) métallocène(s) est diminuée, de manière à diminuer les réactions de transfert de chaîne et permettre l'obtention de masses molaires d'au moins 60 000 g/mol.

25 **[0036]** Selon une première variante de l'invention, l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale est le seul élastomère de la composition de caoutchouc respectivement de partie médiane et de partie latérale.

[0037] Selon une deuxième variante de l'invention, au moins une des compositions
30 de caoutchouc médiane ou latérale comprend un second élastomère, de préférence diénique, c'est-à-dire comprenant des unités monomères diéniques. Selon l'un

quelconque des modes de réalisation de la première variante de l'invention, le taux du second élastomère est de préférence inférieur à 50 pce.

[0038] Le deuxième élastomère d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale peut être 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), lesquelles unités d'origine diénique comportent une double liaison carbone-carbone ; c'est ainsi que des 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 élastomère diénique "fortement insaturé" un élastomère diénique ayant un taux de motifs d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 50%.

[0039] Ces définitions étant données, le second élastomère diénique susceptible d'être utilisé dans les compositions conformes à l'invention peut être:

- (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 carbone ;
- (c) - un copolymère ternaire obtenu par copolymérisation d'éthylène, d'une α -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 l'hexadiène-1,4, l'éthylidène norbornène, le dicyclopentadiène.

[0040] Selon un mode de réalisation, le second élastomère de partie médiane ou de partie latérale 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.

[0041] Selon un autre mode de réalisation, le second élastomère de partie médiane ou de partie latérale est un copolymère ternaire obtenu par copolymérisation d'éthylène, d'une α -oléfine ayant 3 à 6 atomes de carbone avec un monomère diène non conjugué ayant de 6 à 12 atomes de carbone.

[0042] 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 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.

[0043] Avantagement la charge renforçante d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend un noir de carbone.

[0044] 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 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 toute autre forme, par exemple comme support de certains des additifs de caoutchouterie 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 pression relative P/P0 : 0.1 à 0.3].

[0045] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la charge renforçante d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend 100% en masse d'un noir de carbone.

[0046] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la charge renforçante d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend une charge inorganique, de préférence une silice.

[0047] 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.

[0048] Comme charges inorganiques renforçantes conviennent notamment des charges minérales du type siliceux, préférentiellement la silice (SiO₂). 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 m²/g, de préférence de 30 à 400 m²/g, notamment entre 60 et 300 m²/g.

[0049] L'état physique sous lequel se présente la charge inorganique renforçante est indifférent, que ce soit sous forme de poudre, de microperles, 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.

[0050] 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).

[0051] 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.

[0052] Avantagement la composition de caoutchouc médiane comprend un taux de charge renforçante de partie médiane au plus égale à 50 pce.

[0053] Encore avantagement la composition de caoutchouc de partie médiane comprend un taux de charge renforçante de partie médiane au moins égale à 20 pce, de préférence au moins égale à 25 pce.

[0054] En particulier une composition de caoutchouc médiane comprenant un élastomère diénique, avec un taux de charge renforçante 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.

[0055] 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 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 tels qu'oxyde de zinc, acide stéarique ou composés équivalents, dérivés guanidiques (en particulier diphénylguanidine), ou encore des retardateurs de vulcanisation connus.

[0056] 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 taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 0,5 et 5,0 pce.

[0057] Une composition de caoutchouc médiane ou latérale 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-
5 ozone, des anti-ozonants chimiques, anti-oxydants, des agents anti-fatigue.

[0058] Avantageusement, au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend 0 à 20 pce d'un plastifiant liquide.

[0059] 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.

[0060] Préférentiellement le taux de plastifiant liquide d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale est égal à 0.

[0061] Le plus souvent, les deux parties latérales, positionnées axialement de part et
15 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
20 sont constituées par des compositions de caoutchouc latérales identiques, c'est-à-dire sont identiques.

[0062] 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
25 radialement extérieure avec 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 la bande de roulement signifie que la largeur axiale de ce contact est au moins égale à la largeur axiale L de la bande de roulement. Un contact de la face radialement intérieure de la couche intercalaire avec l'armature de sommet est un
30 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 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.

[0063] Selon un premier mode de réalisation, la couche intercalaire est constituée par
5 une composition de caoutchouc comprenant du caoutchouc naturel. La composition de caoutchouc comprend également une charge renforçante et un système de réticulation.

[0064] Selon un deuxième 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,
10 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,
15 décrits dans le document FR 14/61755.

[0065] Selon un troisième 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
20 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
25 C_n que dans la couche C_1 , le taux exprimé en pce d'élastomère diénique E étant plus élevé dans la couche C_1 que dans la couche C_n , les couches C_i , 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
30 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.

[0066] De façon générale, concernant la composition des élastomères, la
5 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
10 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
15 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
20 une résolution suffisante. Les échantillons solubles sont mis en solution dans un solvant
deutééré (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
25 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
30 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.

[0067] 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.

[0068] 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.

[0069] 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.

[0070] 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.

[0071] Des mesures et des tests de laboratoire ont été réalisés sur différentes compositions de caoutchouc comprenant un premier élastomère diénique, une charge

renforçante et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique comprend des unités éthylène et des unités diéniques comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein du premier élastomère diénique, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diénique.

5 [0072] 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 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-
10 finisseur) 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 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.

20 [0073] 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.

25 [0074] 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
30 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

- 20 -

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
5 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.

[0075] Le tableau I ci-dessous décrit une composition de caoutchouc T1 de l'état de la technique, prise en référence, et une composition de caoutchouc C1, selon l'invention. La composition de caoutchouc T1 comprend 100 pce de caoutchouc
10 naturel : c'est 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 C1 comprend 100 pce d'un élastomère diénique E1 comprenant, conformément à l'invention, des unités éthylène et des unités diéniques
15 statistiquement au sein du premier élastomère diénique, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diénique. Cet élastomère diénique E1 est un copolymère comprenant des unités UA, UB, UC, UD à des pourcentages molaires, tels que définis par le tableau II ci-dessous : 71% de motif UA, 8% de motif UB, 14% de motif UC et 7% de motif UD.

- 21 -

Tableau I

Composition	T1	C1
NR (1)	100	-
Elastomère E1	-	100
Noir de carbone (2)	30	30
Antioxydant (3)	1,5	1,5
Acide stéarique (4)	2,5	2,5
Oxyde de Zinc (5)	3	3
Accélérateur (6)	2,0	2,0
Soufre	0,8	1,5

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

Tableau II

15

Motif UA	71
Motif UB	8
Motif UC	14
Motif UD	7

- 22 -

[0076] Le tableau III ci-dessous présente les performances en perte de masse respectivement des compositions de caoutchouc T1 et C1, suite à des tests en laboratoire d'abrasion sur un abrasimètre à haute vitesse tels que précédemment décrits. La performance en perte de masse de la composition de caoutchouc C1 est pratiquement le double (180%) de celle de la composition de caoutchouc T1.

Tableau III

Composition	T1	C1
Performance perte de masse (%)	100	180

[0077] Par conséquent, un pneumatique avion dont la bande de roulement comprend, en partie médiane, une composition de caoutchouc C1 aura une meilleure résistance à l'usure toucher et pourra, à taux d'usure équivalent, effectuer un plus grand nombre d'atterrissages qu'un pneumatique avion dont la bande de roulement comprend, en partie médiane, une composition à base de caoutchouc naturel T1.

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 de partie médiane, au plus 70 pce d'une charge renforçante de partie médiane et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique de partie médiane comprend des unités éthylène et des unités diéniques
15 comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein du premier élastomère diénique, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diénique **et en ce que** la composition de caoutchouc latérale de chaque partie latérale
20 comprend au moins 50 pce d'un premier élastomère diénique de partie latérale, un taux de charge renforçante de partie latérale supérieur au taux de charge renforçante de partie médiane et un système de réticulation, lequel premier élastomère diénique de partie latérale comprend des unités éthylène et des unités diéniques comportant une double
25 liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein du premier élastomère diénique, les unités éthylène représentant au moins 50% en mole de l'ensemble des unités monomères du premier élastomère diénique.

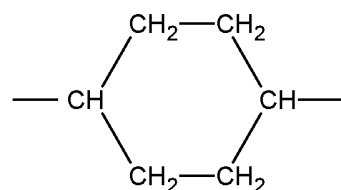
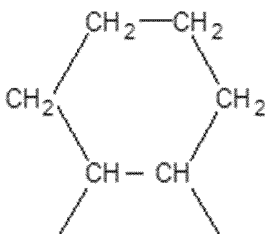
2 - Pneumatique (1) selon la revendication 1 **dans lequel** la composition de caoutchouc médiane comprend au moins 60 pce d'un premier élastomère diénique de partie médiane.

3 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 **dans lequel** au
30 moins une composition de caoutchouc latérale comprend au moins 60 pce d'un premier élastomère diénique de partie latérale.

- 24 -

4 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **dans lequel** l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale est un copolymère comprenant des unités éthylène, des unités butadiène et des unités de structure cyclique choisies parmi les motifs de formule UD et de formule UE,

5



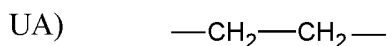
10

UD

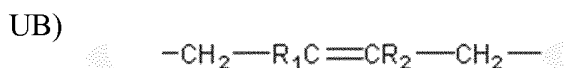
UE

5 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **dans lequel** l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale est un copolymère comprenant les unités UA, UB, UC, UD, UE et UF suivantes distribuées statistiquement au sein de la chaîne copolymère,

15

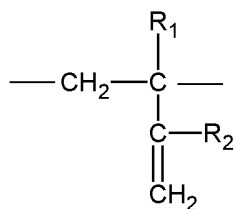


selon un pourcentage molaire de m%



20 selon un pourcentage molaire de n%

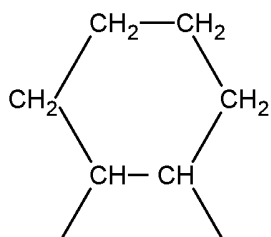
UC)



25 selon un pourcentage molaire de o%

- 25 -

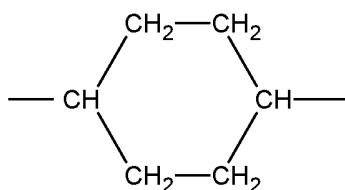
UD)



5

selon un pourcentage molaire de p%

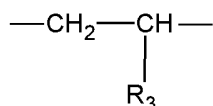
UE)



10

selon un pourcentage molaire de q%

UF)



selon un pourcentage molaire de r%

15 R_1 et R_2 , identiques ou différents, désignant un atome d'hydrogène, un radical méthyle ou un radical phényle substitué ou non en position ortho, méta ou para par un radical méthyle,

R_3 désignant un radical alkyle ayant de 1 à 4 atomes de carbone ou un radical aryle,

m, n, o, p, q et r étant des nombres allant de 0 à 100,

20 $m \geq 50$

$0 < o + p \leq 25$

$o + p + q \geq 10$

$n + o > 0$

$q \geq 0$

25 $0 \leq r \leq 25$

les pourcentages molaires respectifs de m, n, o, p, q et r étant calculés sur la base de la somme de $m + n + o + p + q + r$ qui est égale à 100.

6 - Pneumatique (1) selon la revendication 5 **dans lequel** r est égal à 0.

7 - Pneumatique (1) selon l'une des revendications 5 ou 6 **dans lequel** au moins l'un des deux pourcentages molaires p et q est différent de 0.

8 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 7 **dans lequel** p est strictement supérieur à 0.

- 5 9 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 8 **dans lequel** l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale présente au moins un des critères suivants, et plus préférentiellement tous:

$$m \geq 65$$

$$n + o + p + q \geq 15, \text{ de préférence encore } 20$$

10 $10 \geq p + q \geq 2$

$$1 \geq n / (o + p + q)$$

$$\text{lorsque } q \text{ est non nul, } 20 \geq p / q \geq 1$$

- 10 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 9 **dans lequel** l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale contient comme unités monomères uniquement les unités UA, UB, UC, UD et UE
15 selon leur pourcentage molaire respectif m, n, o, p et q, de préférence tous différents de 0.

- 11 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 10 **dans lequel** l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de partie latérale contient comme unités monomères uniquement les unités UA, UB, UC et
20 UD selon leur pourcentage molaire respectif m, n, o et p, de préférence tous différents de 0.

12 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 11 **dans lequel** R₁ et R₂ sont identiques et désignent un atome d'hydrogène.

- 13 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 **dans lequel** l'un au moins des premiers élastomères diéniques respectivement de partie médiane et de
25 partie latérale est le seul élastomère de la composition de caoutchouc respectivement de partie médiane et de partie latérale.

- 14 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 **dans lequel** au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend un second
30 élastomère, de préférence diénique.

- 15 - Pneumatique (1) selon la revendication 14 **dans lequel** le second élastomère de partie médiane ou de partie latérale 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 16 - Pneumatique (1) selon la revendication 14 **dans lequel** le second élastomère de partie médiane ou de partie latérale est un copolymère ternaire obtenu par copolymérisation d'éthylène, d'une α -oléfine ayant 3 à 6 atomes de carbone avec un monomère diène non conjugué ayant de 6 à 12 atomes de carbone.
- 17 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16 **dans lequel** la charge renforçante d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend un noir de carbone.
- 10 18 - Pneumatique (1) selon la revendication 17 **dans lequel** la charge renforçante d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend 100% en masse d'un noir de carbone.
- 15 19 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 17 **dans lequel** la charge renforçante d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend une charge inorganique, de préférence une silice.
- 20 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 19 **dans lequel** la composition de caoutchouc médiane comprend un taux de charge renforçante de partie médiane au plus égale à 50 pce.
- 20 21 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 20 **dans lequel** la composition de caoutchouc de partie médiane comprend un taux de charge renforçante de partie médiane au moins égale à 20 pce, de préférence au moins égale à 25 pce.
- 22 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 21 **dans lequel** au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale comprend 0 à 20 pce d'un plastifiant liquide.
- 25 23 - Pneumatique (1) selon la revendication 22 **dans lequel** le taux de plastifiant liquide d'au moins une des compositions de caoutchouc médiane ou latérale est égal à 0.

- 24 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 23 **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.
- 5 25 - Pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, 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 la bande de roulement (2) et par une face radialement intérieure avec l'armature de
- 10 sommet (5).
- 26 - Pneumatique (1) selon la revendication 25 **dans lequel** la couche intercalaire (7) est constituée par une composition de caoutchouc comprenant du caoutchouc naturel.
- 27 - Pneumatique (1) selon la revendication 25 **dans lequel** la couche intercalaire (7) est constituée par une composition de caoutchouc comprenant un élastomère comprenant des
- 15 unités éthylène et des unités diéniques comportant une double liaison carbone-carbone, lesquelles unités sont distribuées statistiquement au sein de l'élastomère.
- 28 - Pneumatique (1) selon la revendication 25 **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
- 20 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
- 25 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 C_n que dans la couche C_1 , le taux exprimé en pce d'élastomère diénique E étant plus élevé dans la couche C_1 que dans la couche C_n , 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
- 30 10% en masse d'unité diénique.

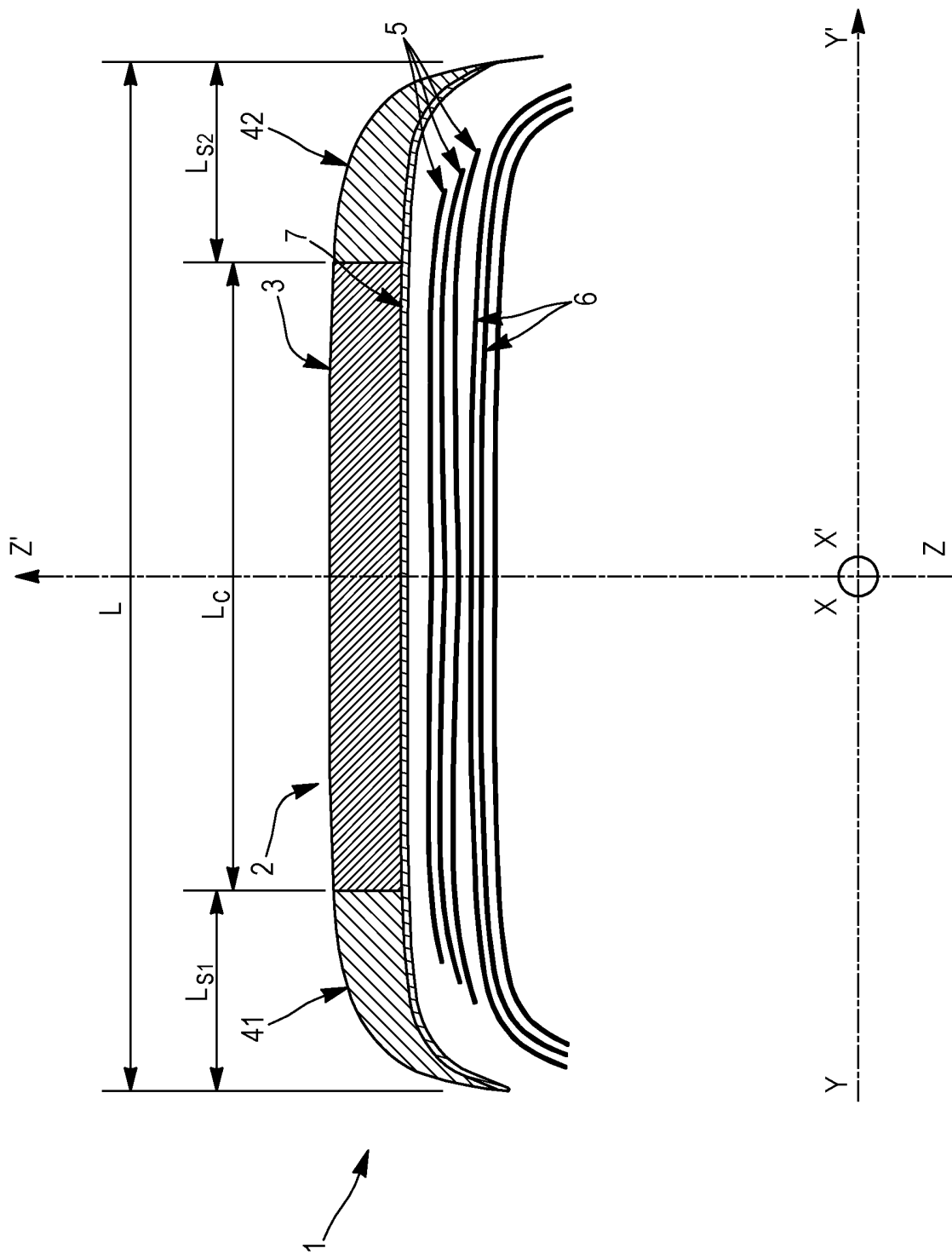


FIG. 2



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 816570
FR 1561132

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		
A	EP 0 864 447 A1 (PIRELLI [IT]) 16 septembre 1998 (1998-09-16) * revendications 1-9; figure 1 * -----	1-28	C08L9/00 B60C1/00 C08L7/00 C08K3/36 C08K3/04
A	FR 2 952 855 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 27 mai 2011 (2011-05-27) * le document en entier * -----	1-28	
A	FR 3 012 148 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 24 avril 2015 (2015-04-24) * le document en entier * -----	1-28	
A	FR 2 983 121 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 31 mai 2013 (2013-05-31) * le document en entier * -----	1-28	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60C C08K
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		12 juillet 2016	Höfler, Thomas
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1561132 FA 816570**

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 12-07-2016

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
EP 0864447	A1	16-09-1998	AT 215889 T	15-04-2002
			AT 245548 T	15-08-2003
			BR 9804637 A	03-11-1999
			CN 1198995 A	18-11-1998
			DE 69711840 D1	16-05-2002
			DE 69711840 T2	21-11-2002
			DE 69816505 D1	28-08-2003
			DE 69816505 T2	09-06-2004
			EP 0864446 A1	16-09-1998
			EP 0864447 A1	16-09-1998
			ES 2175264 T3	16-11-2002
			ES 2203842 T3	16-04-2004
			IT MI970584 A1	14-09-1998
			JP 4750915 B2	17-08-2011
			JP H1111114 A	19-01-1999
			TR 9800470 A2	21-10-1998
			TW 390848 B	21-05-2000
			US 6540858 B1	01-04-2003
			US 2001047840 A1	06-12-2001
			US 2005034797 A1	17-02-2005
US 2008257465 A1	23-10-2008			
US 2011146861 A1	23-06-2011			
FR 2952855	A1	27-05-2011	AR 080624 A1	25-04-2012
			AU 2010323376 A1	21-06-2012
			CA 2781134 A1	03-06-2011
			CN 102753360 A	24-10-2012
			EP 2528754 A1	05-12-2012
			FR 2952855 A1	27-05-2011
			JP 5844273 B2	13-01-2016
			JP 2013512142 A	11-04-2013
			US 2012298271 A1	29-11-2012
			WO 2011064056 A1	03-06-2011
FR 3012148	A1	24-04-2015	FR 3012148 A1	24-04-2015
			WO 2015059151 A1	30-04-2015
FR 2983121	A1	31-05-2013	CA 2853885 A1	06-06-2013
			CN 103974836 A	06-08-2014
			EP 2785535 A1	08-10-2014
			FR 2983121 A1	31-05-2013
			JP 2015501753 A	19-01-2015
			US 2014326387 A1	06-11-2014
WO 2013079351 A1	06-06-2013			