

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 143 433

21 N° d'enregistrement national : 22 13503

51 Int Cl⁸ : B 60 C 9/18 (2023.01)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

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.

72 Inventeur(s) : FOURNIER Orel et LAFFARGUE
Géraldine.

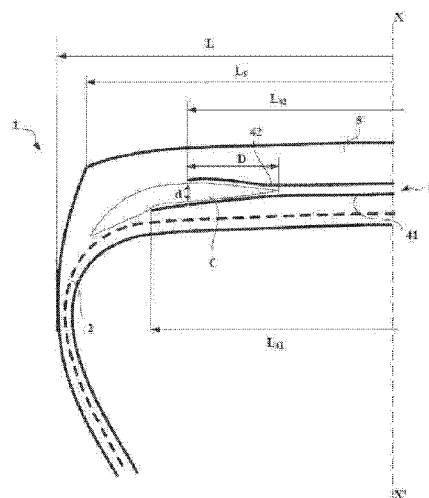
73 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions.

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

54 Pneumatique allégé.

57 L'invention concerne un pneumatique (1) à armature
de carcasse radiale, deux couches de sommet de travail
(41, 42) étant seules présentes pour constituer l'armature
de sommet (4) sur au moins 40 % de la largeur L_5 de la
bande de roulement (5), la valeur absolue de la différence
entre les valeurs absolues des angles α_2 et α_1 étant supé-
rieure à 4° , α_2 étant plus grand que α_1 en valeur supé-
rieure à 4° , α_2 étant plus grand que α_1 en valeur supé-
rieure à 4° , α_2 étant plus grand que α_1 en valeur supé-
rieure à 4° , l'angle moyen α satisfaisant la relation $20 + 164 \cdot \exp(-L/100) < \alpha < 23 + 164 \cdot \exp(-L/100)$. Conformément à l'invention, le
mélange caoutchouteux constituant ladite couche C com-
prend une composition comprenant 60 à 80 pce de charges
renforçantes, dont au moins 10 pce de noir de carbone de
pyrolyse.

Figure pour l'abrégé: Fig 1



FR 3 143 433 - A1



Description

Titre de l'invention : Pneumatique allégé

- [0001] La présente invention concerne un pneumatique, à armature de carcasse radiale et plus particulièrement un pneumatique destiné à équiper des véhicules portant de lourdes charges et roulant à vitesse soutenue, tels que, par exemple les camions, tracteurs, remorques ou bus routiers.
- [0002] D'une manière générale dans les pneumatiques de type poids-lourds, l'armature de carcasse est ancrée de part et d'autre dans la zone du bourrelet et est surmontée radialement par une armature de sommet constituée d'au moins deux couches, superposées et formées de fils ou câbles parallèles dans chaque couche et croisés d'une couche à la suivante en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45° . Lesdites couches de travail, formant l'armature de travail, peuvent encore être recouvertes d'au moins une couche dite de protection et formée d'éléments de renforcement avantageusement métalliques et extensibles, dits élastiques. Elle peut également comprendre une couche de fils ou câbles métalliques à faible extensibilité faisant avec la direction circonférentielle un angle compris entre 45° et 90° , cette nappe, dite de triangulation, étant radialement située entre l'armature de carcasse et la première nappe de sommet dite de travail, formées de fils ou câbles parallèles présentant des angles au plus égaux à 45° en valeur absolue. La nappe de triangulation forme avec au moins ladite nappe de travail une armature triangulée, qui présente, sous les différentes contraintes qu'elle subit, peu de déformations, la nappe de triangulation ayant pour rôle essentiel de reprendre les efforts de compression transversale dont est l'objet l'ensemble des éléments de renforcement dans la zone du sommet du pneumatique.
- [0003] Des câbles sont dits inextensibles lorsque lesdits câbles présentent sous une force de traction égale à 10% de la force de rupture un allongement relatif au plus égal à 0,2%.
- [0004] Des câbles sont dits élastiques lorsque lesdits câbles présentent sous une force de traction égale à la charge de rupture un allongement relatif au moins égal à 3% avec un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.
- [0005] Des éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement qui font avec la direction circonférentielle des angles compris dans l'intervalle $+ 2,5^\circ$, $- 2,5^\circ$ autour de 0° .
- [0006] La direction circonférentielle du pneumatique, ou direction longitudinale, est la direction tangente à la périphérie du pneumatique et définie par la direction de roulement du pneumatique.
- [0007] La direction transversale ou axiale du pneumatique est parallèle à l'axe de rotation du pneumatique.

- [0008] La direction radiale est une direction coupant l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire à celui-ci.
- [0009] L'axe de rotation du pneumatique est l'axe autour duquel il tourne en utilisation normale.
- [0010] Un plan radial ou méridien est un plan qui contient l'axe de rotation du pneumatique.
- [0011] Le plan médian circonférentiel, ou plan équatorial, est un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneu et qui divise le pneumatique en deux moitiés.
- [0012] On entend par « module d'élasticité » d'un mélange caoutchouteux, un module sécant d'extension à 10 % d'allongement et à température ambiante.
- [0013] En ce qui concerne les compositions de caoutchouc, le module sécant d'élasticité à 10 % d'allongement est le module élastique du mélange mesuré lors d'une expérience de traction uniaxiale, à une valeur d'allongement de 0.1 (soit 10% d'allongement, exprimé en pourcentage). On impose une vitesse constante de traction uniaxiale à l'éprouvette, et on mesure son allongement et l'effort. La mesure est réalisée à l'aide d'une machine de traction de type INSTRON, à une température de 23°C, et une humidité relative de 50% (Norme ISO 23529). Les conditions de mesurage et d'exploitation des résultats pour déterminer l'allongement et la contrainte sont tels que décrits dans la norme NF ISO 37: 2012-03. On détermine la contrainte pour un allongement de 0.1 et on calcule le module sécant d'élasticité à 10 % d'allongement en faisant le rapport de cette valeur de contrainte sur la valeur d'allongement. L'homme du métier saura choisir et adapter les dimensions de l'éprouvette en fonction de la quantité de mélange accessible et disponible en particulier dans le cas de prélèvements d'éprouvette dans un produit fini tel que le pneumatique.
- [0014] Certains pneumatiques actuels, dits "routiers", sont destinés à rouler à grande vitesse et sur des trajets de plus en plus longs, du fait de l'amélioration du réseau routier et de la croissance du réseau autoroutier dans le monde. L'ensemble des conditions, sous lesquelles un tel pneumatique est appelé à rouler, permet sans aucun doute un accroissement du nombre de kilomètres parcourus, l'usure du pneumatique étant moindre ; par contre l'endurance de ce dernier et en particulier de l'armature de sommet est pénalisée.
- [0015] Il existe en effet des contraintes au niveau de l'armature de sommet et plus particulièrement des contraintes de cisaillement entre les couches de sommet, alliées à une élévation non négligeable de la température de fonctionnement au niveau des extrémités de la couche de sommet axialement la plus courte, qui ont pour conséquence l'apparition et la propagation de fissures de la gomme au niveau desdites extrémités.
- [0016] Afin d'améliorer l'endurance de l'armature de sommet du type de pneumatique étudié, des solutions relatives à la structure et qualité des couches et/ou profilés de mélanges caoutchouteux qui sont disposés entre et/ou autour des extrémités de nappes et plus

particulièrement des extrémités de la nappe axialement la plus courte ont déjà été apportées.

- [0017] Il est notamment connu d'introduire une couche de mélange caoutchouteux entre les extrémités des couches de travail pour créer un découplage entre lesdites extrémités pour limiter les contraintes de cisaillement. De telles couches de découplage doivent toutefois présenter une très bonne cohésion. De telles couches de mélanges caoutchouteux sont par exemple décrites dans la demande de brevet WO 2004/076204.
- [0018] Le brevet FR 1 389 428, pour améliorer la résistance à la dégradation des mélanges de caoutchouc situés au voisinage des bords d'armature de sommet, préconise l'utilisation, en combinaison avec une bande de roulement de faible hystérèse, d'un profilé de caoutchouc couvrant au moins les côtés et les bords marginaux de l'armature de sommet et constitué d'un mélange caoutchouteux à faible hystérésis.
- [0019] Le brevet FR 2 222 232, pour éviter les séparations entre nappes d'armature de sommet, enseigne d'enrober les extrémités de l'armature dans un matelas de caoutchouc, dont la dureté Shore A est différente de celle de la bande de roulement surmontant ladite armature, et plus grande que la dureté Shore A du profilé de mélange caoutchouteux disposé entre les bords de nappes d'armature de sommet et armature de carcasse.
- [0020] Les pneumatiques ainsi réalisés permettent effectivement d'améliorer les performances notamment en termes d'endurance.
- [0021] Par ailleurs, il est connu pour réaliser des pneumatiques à bande de roulement très large ou bien pour conférer à des pneumatiques d'une dimension donnée des capacités de charges plus importantes d'introduire une couche d'éléments de renforcement circonconférentiels. La demande de brevet WO 99/24269 décrit par exemple la présence d'une telle couche d'éléments de renforcement circonconférentiels.
- [0022] La couche d'éléments de renforcement circonconférentiels est usuellement constituée par au moins un câble métallique enroulé pour former une spire dont l'angle de pose par rapport à la direction circonconférentielle est inférieur à 2.5° .
- [0023] En outre, l'usage de pneumatiques sur des véhicules pour poids-lourds de type « approche chantier » conduit les pneumatiques à subir des chocs lors de roulages sur des sols caillouteux. Ces chocs sont bien entendu néfastes quant aux performances en termes d'endurance.
- [0024] Il est encore connu de l'homme du métier d'augmenter le nombre de nappes constituant l'armature sommet pour améliorer l'endurance du pneumatique à l'égard de tels chocs.
- [0025] La présence d'une ou plusieurs couches d'éléments de renforcement supplémentaire conduit à une masse plus importante du pneumatique et à des coûts de fabrication des pneumatiques plus importants.

[0026] Il est encore connu du document WO 2017/149222 un pneumatique dont l'armature sommet est allégée en améliorant les propriétés d'endurance du pneumatique à l'égard de tels chocs. Les inventeurs ont toutefois mis en évidence que lors de roulage sur des sols extrêmement sollicitants pour les pneumatiques, les performances en termes d'endurance de tels pneumatiques pouvaient être dégradées, par exemple dans des conditions de roulage, combinant la vitesse du véhicule, la charge portée par le pneumatique et la nature du sol, particulièrement agressive, notamment au niveau des épaules du pneumatique. Il est en effet possible d'observer une dégradation des performances en termes d'endurance par exemple lors de roulage à vitesse relativement élevée sur des sols de type approche chantier très agressifs pour le pneumatique.

[0027] Les inventeurs se sont ainsi donnés pour mission de fournir des pneumatiques pour véhicules "Poids-Lourds" par exemple de type « approche chantier », dont la masse globale est limitée, et dont les performances d'endurance au regard des chocs subis sur la bande de roulement sont améliorées quelles que soient la nature du sol et les conditions de roulage.

[0028] Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique destiné à être monté sur une jante creuse de type 15° drop center, comprenant une armature de carcasse radiale, ledit pneumatique comprenant une armature de sommet comprenant deux couches de sommet de travail, chacune formée d'éléments de renforcement insérés entre deux couches de calandrage de mélange caoutchouteux croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles (α_1 , α_2) supérieurs à 8°, lesdits angles α_1 et α_2 étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle, une couche C de mélange caoutchouteux étant disposée entre au moins les extrémités desdites au moins deux couches de sommet de travail, l'armature de sommet étant coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, lesdites deux couches de sommet de travail et ladite au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels étant seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur au moins 40% de la largeur axiale de l'armature sommet, les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure formant un angle α_2 avec la direction circonférentielle supérieur en valeur absolue à l'angle α_1 formé par les éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus intérieure avec la direction circonférentielle, la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles α_2 et α_1 étant supérieure à 4°, l'angle moyen α satisfaisant la relation :

$$12+131*\exp(-L/100) < \alpha < 20+164*\exp(-L/100),$$

α étant défini par la relation $\alpha = \text{Arctan}((\tan(|\alpha_1|)*\tan(|\alpha_2|))^{1/2})$, L étant la largeur maximum du pneumatique mesurée selon la direction axiale et exprimée en mm, et le mélange caoutchouteux constituant ladite couche C comprenant une composition

comprenant 60 à 80 pce de charges renforçantes, dont au moins 10 pce de noir de carbone de pyrolyse.

- [0029] Au sens de l'invention, une jante creuse de type 15° drop center ou jante à seat coincé est une jante monobloc, telle que définie dans l'ETRTO, dont les sièges destinés à recevoir les bourrelets du pneumatique présentent une forme tronconique, l'angle formé avec la direction axiale étant sensiblement équivalant à 15°. Ces sièges sont par ailleurs prolongés par des crochets de jante de hauteur réduite par rapport à des crochets de jantes à bases plates dont les sièges de jante présentent des formes sensiblement cylindriques.
- [0030] Par l'expression "partie en poids pour cent parties en poids d'élastomère" (ou pce), il faut entendre, la partie, en masse pour cent parties en masse d'élastomère ou de caoutchouc, les deux termes étant synonymes.
- [0031] Dans certains modes de réalisation, la composition comprend de 60 à 80 pce de charges renforçantes, les charges renforçantes étant du noir de carbone de pyrolyse. Il doit alors être compris que la composition comprend comme seules charges renforçantes le noir de carbone de pyrolyse (la composition ne comprend donc pas de charges renforçantes inorganiques et autres charges renforçantes organiques).
- [0032] Les charges renforçantes peuvent être telles que décrites ci-après.
- [0033] Par « noir de carbone de pyrolyse », on entend au sens de la présente invention un noir de carbone issu d'un procédé de pyrolyse d'un matériau comprenant au moins un polymère carboné et un noir de carbone, ci-après le matériau à pyrolyser par exemple dans le cadre du recyclage d'un tel matériau. L'état physique sous lequel se présente le matériau à pyrolyser est indifférent, que ce soit sous forme de poudre, granulé, bande, ou toute autre forme, à l'état réticulé ou non réticulé.
- [0034] Préférentiellement, le matériau à pyrolyser peut être récupéré à partir d'articles manufacturés ou de produits générés durant leur fabrication/production (tels que des sous-produits ou des chutes) ; ces articles manufacturés pouvant être choisis dans le groupe constitué par les pneumatiques, les pneumatiques pleins, les bandes transporteuses industrielles, les courroies de transmissions, les joints en caoutchouc, les tuyaux en caoutchouc, les semelles de chaussure et les essuie-glaces. Plus préférentiellement encore, le noir de carbone de pyrolyse utilisable dans le cadre de la présente invention est un noir de carbone obtenu à partir d'un procédé de pyrolyse dont le matériau à pyrolyser est issu d'articles manufacturés choisis dans le groupe constitué par les pneumatiques et les pneumatiques pleins.
- [0035] La pyrolyse dans le cadre de la présente invention signifie tout type de décomposition thermique en l'absence d'oxygène et dont la matière première est le matériau à pyrolyser tel que défini ci-dessus. Les noirs de carbone de pyrolyse se distinguent donc des noirs de carbone dits industriels et/ou de grade ASTM en ce que la matière

première carbonée utilisée pour la pyrolyse est un matériau comprenant au moins un polymère carboné et un noir de carbone et non des matériaux issus de coupes pétrolières ou issues du charbon ou encore d'huiles d'origine naturelle.

- [0036] Les noirs de carbone de pyrolyse utilisables dans la cadre de la présente invention se distinguent des noirs de carbone connus tels que les noirs de carbone industriels, en particulier les noirs de carbone dit « fournaise », notamment par une teneur en cendres plus élevée.
- [0037] Préférentiellement, le noir de carbone de pyrolyse utilisable dans le cadre de la présente invention présente une teneur en cendres allant de 5 à 30% en poids, plus préférentiellement inférieure à 25% en poids, plus préférentiellement encore inférieure à 22% en poids, par rapport au poids total du noir de carbone de pyrolyse.
- [0038] Préférentiellement, le noir de carbone de pyrolyse utilisable dans le cadre de la présente invention a une teneur en soufre supérieure à 2 % en poids, de préférence allant de 2,5 à 5% en poids, par rapport au poids total du noir de carbone de pyrolyse.
- [0039] Préférentiellement, le noir de carbone de pyrolyse utilisable dans le cadre de la présente invention a une teneur en zinc supérieure ou égale à 2 % en poids, de préférence allant de 2,5 à 8% en poids, par rapport au poids total du noir de carbone de pyrolyse.
- [0040] Préférentiellement, le noir de carbone de pyrolyse utilisable dans le cadre de la présente invention présente une surface spécifique STSA mesurée selon la norme ASTM D 6556-2021 comprise dans un domaine allant de 20 à 200 m²/g, plus préférentiellement allant de 30 à 90 m²/g.
- [0041] Préférentiellement, le noir de carbone de pyrolyse utilisable dans le cadre de la présente invention présente un volume vide mesurée selon la norme ASTM D7854 (2018) et à une pression de 50 MPa compris dans un domaine allant de 30 à 60 ml/100g, plus préférentiellement allant de 35 à 55 ml/100g.
- [0042] La teneur en cendres est déterminée par calcination dans des capsules en platine dans un four à moufle à 825°C selon le protocole suivant. Une capsule est préalablement identifiée avant chaque série de mesure et est tarée à 0,1 mg près et la masse est notée P0. Dans la capsule, on introduit 5 g d'échantillon de noir de carbone de pyrolyse que l'on pèse précisément à 0,1 mg près ; cette masse est notée P1. La capsule et son contenu sont pré-calcinés à l'aide d'un bec bunsen jusqu'à apparition des fumées et inflammation du produit. Une fois la combustion complète du produit, la capsule et son contenu sont introduits dans un four à moufle chauffé à 825 °C pendant 1 h. Au bout d'1 h, la capsule est sortie du four et immédiatement introduite dans un dessiccateur à température ambiante. Lorsque la capsule et les cendres sont revenues à température ambiante, la capsule est de nouveau pesée pour obtenir la masse P2. Finalement, il est possible d'obtenir le taux de cendres (% cendres) en utilisant la formule ci-dessous :

$$\% \text{ cendres} = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} \times 100$$

[0043] La teneur en zinc dans le noir de carbone de pyrolyse est réalisée après calcination de l'échantillon, puis reprise des cendres dans un milieu acide et dosage par ICP-AES (spectroscopie d'émission atomique à plasma à couplage inductif). Les cendres sont obtenues en réalisant le protocole ci-dessus. On prélève environ exactement 100 mg de cendres (prise d'essai) que l'on introduit dans un tube en PFA (perfluoroalkoxy) pour plaque chauffante HotBlock. On ajoute ensuite 8 mL d'acide chlorhydrique concentré à 37%, 3 mL d'acide nitrique concentré à 65% et 0,5 mL d'acide fluorhydrique à 40%. On ferme le tube avec son bouchon et on chauffe à 130°C pendant 2h. Après refroidissement, le contenu est ensuite transvasé à l'aide d'eau ultrapure dans une fiole jaugée en PTFE (polytétrafluoroéthylène) de 100 mL contenant déjà 2g d'acide borique (pour neutraliser l'acide fluorhydrique). On complète avec de l'eau ultrapure jusqu'au trait de jauge. La solution obtenue est diluée par 100, en prélevant 1 mL dans une fiole de 100 mL en PTFE, contenant préalablement 8 mL d'acide chlorhydrique concentré à 37%, 3 mL d'acide nitrique concentré à 65%, 0,5 mL d'acide fluorhydrique à 40% et 2g d'acide borique. Cette solution diluée est ensuite filtrée sur filtre seringue 0,45 µm GHP avant d'être analysée par spectrométrie d'émission atomique – plasma à couplage inductif (ICP-AES). En amont de l'analyse de la solution diluée, au moins 5 étalons sont analysés par ICP-AES à des concentrations en zinc de 0, 0,5, 1, 2 et 5 mg/L. Ces étalons ont été préparés dans des fioles jaugées de 100 mL, par dilution d'une solution commerciale certifiée à une concentration en zinc de 1 g/L.

[0044] Ces fioles jaugées contiennent au préalable 8 mL d'acide chlorhydrique concentré à 37%, 3 mL d'acide nitrique concentré à 65%, 0,5 mL d'acide fluorhydrique à 40% et 2g d'acide borique. Les solutions étalons sont analysées par ICP-AES à une longueur d'onde de $\lambda_{Zn} = 202,613$ nm. Pour chaque concentration (c) étalon, l'intensité du signal du zinc I_{Zn} est reportée sur un graphique $I_{Zn} = f(c)$, qui correspond à la droite de calibration (de type $y = ax + b$). La solution de l'échantillon (solution diluée) de concentration inconnue est ensuite mesurée dans les mêmes conditions que les étalons. L'intensité mesurée est reliée à la concentration grâce à la droite de calibration obtenue précédemment. On obtient ainsi la concentration $[c]_{\text{cendres}}$ en % massique directement par le logiciel, car la prise d'essai et le volume ont été préalablement enregistrés. La concentration en zinc dans le noir de pyrolyse $[c]_{\text{noir}}$ en % massique est obtenue par l'équation suivante :

$$[c]_{\text{noir}} = [c]_{\text{cendres}} \times 100 \times \% \text{ cendres}$$

[0045] La détermination du taux de soufre dans les noirs de carbone de pyrolyse est réalisée par four LECO. Les analyseurs de soufre LECO sont conçus pour mesurer,

notamment, la teneur en soufre dans des matériaux organiques et/ou inorganiques par combustion et détection infrarouge non dispersive. Avant la réalisation de la mesure du taux de soufre sur l'échantillon, un nettoyage des nacelles et un étalonnage du four sont réalisés. Les nacelles pour four LECO sont préalablement nettoyées : il s'agit d'analyser la nacelle vide, dans les mêmes conditions que les échantillons. La préparation de la courbe de calibration se fait à partir d'un standard commercial appelé « BBOT » dont la pureté est supérieure à 99,99 % et dont la teneur en carbone (C), en hydrogène (H), en azote (N), en oxygène (O) et en soufre (S) est garantie. Cette teneur est la suivante C% : 72,52 ; H% 6,09 ; N% 6,51 ; O% 7,43 et S% 7,44. On pèse environ exactement 10 ± 3 , 20 ± 3 et 40 ± 3 mg de BBOT dans une nacelle.

L'ensemble étalon / nacelle est introduit dans le four à combustion, réglé à 1350 C sous oxygène pur. La combinaison de la température du four et du débit d'analyse provoque la combustion de l'échantillon et la libération du soufre et/ou du carbone sous forme de $\text{SO}_2(\text{g})$. Après un temps de 20 s, l'oxygène commence à circuler à travers la « lance » pour accélérer la combustion des matériaux difficiles à brûler. Le soufre et/ou le carbone, sous forme de $\text{SO}_2(\text{g})$, sont entraînés par un flux d'oxygène jusqu'à travers les cellules infrarouges de détection. Le logiciel de l'instrument trace une droite reliant la masse d'étalon introduite et la réponse observée (aire) sur le détecteur. On obtient ainsi une droite de calibration. Après avoir nettoyé soigneusement le matériel de prélèvement, on pèse environ exactement 80 ± 5 mg de noir de carbone de pyrolyse que l'on introduit dans une nacelle pour four LECO.

- [0046] L'aire du pic de SO_2 observée est reliée à la concentration grâce à la droite de calibration. Le logiciel de l'instrument calcule ensuite grâce à la masse d'échantillon introduit dans la nacelle le % massique de soufre dans l'échantillon.
- [0047] Des noirs de carbone de pyrolyse sont commercialisés par exemple par la société BlackBear sous la référence « BBCT30 » ou par la société Scandinavian Enviro Systems sous la référence « P550 ».
- [0048] La largeur maximum du pneumatique L est mesurée sur un pneumatique monté sur sa jante nominale et gonflé à sa pression nominale, selon l'ETRTO, et est exprimée en millimètres.
- [0049] Les angles α_1 et α_2 , exprimés en degré, sont mesurés sur une coupe du pneumatique. Les mesures d'angles sont selon l'invention réalisées au niveau du plan médian circonférentiel.
- [0050] La couche C de mélange caoutchouteux permet d'obtenir un découplage desdites couches de sommet de travail afin de répartir les contraintes de cisaillement sur une plus grande épaisseur.
- [0051] Au sens de l'invention, des couches de sommet de travail sont dites couplées si les éléments de renforcement respectifs de chacune des couches sont séparés radialement

d'une distance inférieure au diamètre moyen du cercle circonscrit aux éléments de renforcement, ladite épaisseur de caoutchouc étant mesurée radialement entre les génératrices respectivement radialement supérieure et inférieure desdits éléments de renforcement.

- [0052] Le diamètre moyen du cercle circonscrit aux éléments de renforcement est défini comme étant le diamètre moyen des cercles circonscrits aux éléments de renforcement de chacune des couches de sommet de travail.
- [0053] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la couche C de mélange caoutchouteux est un mélange élastomérique à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés.
- [0054] Parmi les élastomères diéniques pouvant être utilisés en coupage avec le caoutchouc naturel ou un polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4, on peut citer un polybutadiène (BR) de préférence à majorité d'enchaînements cis-1,4, un copolymère styrène-butadiène (SBR) solution ou émulsion, un copolymère butadiène-isoprène (BIR) ou bien encore un terpolymère styrène-butadiène-isoprène (SBIR). Ces élastomères peuvent être des élastomères modifiés en cours de polymérisation ou après polymérisation au moyen d'agents de ramification comme un divinylbenzène ou d'agents d'étoilage tels que des carbonates, des halogénoétains, des halogénosiliciums ou bien encore au moyen d'agents de fonctionnalisation conduisant à un greffage sur la chaîne ou en bout de chaîne de fonctions oxygénées carbonyle, carboxyle ou bien d'une fonction amine comme par exemple par action de la diméthyl ou de la diéthylamino benzophénone. Dans le cas de coupages de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 avec un ou plusieurs des élastomères diéniques, mentionnés ci-dessus, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique est utilisé de préférence à un taux majoritaire et plus préférentiellement à un taux supérieur à 70 pce.
- [0055] De préférence également, la couche C de mélange caoutchouteux, outre le noir de carbone de pyrolyse, comprend une charge renforçante constituée :
- a - soit par du noir de carbone employé à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - b - soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminés ou les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g employée à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et

60 pce,

c - soit par un coupage de noir de carbone décrit en (a) et une charge blanche décrite en (b), dans lequel le taux global de charge est compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce.

- [0056] La mesure de surface spécifique BET est effectuée selon la méthode de BRUNAUER, EMMET et TELLER décrite dans "The Journal of the American Chemical Society», vol. 60, page 309, février 1938, correspondant à la norme NFT 45007 de novembre 1987.
- [0057] Dans le cas d'utilisation de charge claire ou charge blanche, il est nécessaire d'utiliser un agent de couplage et/ou de recouvrement choisi parmi les agents connus de l'homme de l'art. Comme exemples d'agents de couplage préférentiel, on peut citer les alcoxysilanes sulfurés du type polysulfure de bis-(3-trialcoxysilylpropyle), et parmi ceux-ci notamment le tétrasulfure de bis-(3-triéthoxysilylpropyle) commercialisé par la Société DEGUSSA sous les dénominations Si69 pour le produit liquide pur et X50S pour le produit solide (coupage 50/50 en poids avec du noir N330). Comme exemples d'agents de recouvrement on peut citer un alcool gras, un alkylalcoxysilane tel qu'un hexadécyltriméthoxy ou triéthoxysilane respectivement commercialisés par la Société DEGUSSA sous les dénominations Si116 et Si216, la diphénylguanidine, un polyéthylène glycol, une huile silicone éventuellement modifiée au moyen des fonctions OH ou alcoxy. L'agent de recouvrement et/ou de couplage est utilisé dans un rapport pondéral par rapport à la charge \geq à 1/100 et \leq à 20/100, et préférentiellement compris entre 2/100 et 15/100 lorsque la charge claire représente la totalité de la charge renforçante et compris entre 1/100 et 20/100 lorsque la charge renforçante est constituée par un coupage de noir de carbone et de charge claire.
- [0058] Comme autres exemples de charges renforçantes ayant la morphologie et les fonctions de surface SiOH et/ou AlOH des matières de type silice et/ou alumine précédemment décrites et pouvant être utilisées selon l'invention en remplacement partiel ou total de celles-ci, on peut citer les noirs de carbone modifiés soit au cours de la synthèse par addition à l'huile d'alimentation du four d'un composé du silicium et/ou d'aluminium soit après la synthèse en ajoutant, à une suspension aqueuse de noir de carbone dans une solution de silicate et/ou d'aluminate de sodium, un acide de façon à recouvrir au moins partiellement la surface du noir de carbone de fonctions SiOH et/ou AlOH. Comme exemples non limitatifs de ce type de charges carbonées avec en surface des fonctions SiOH et/ou AlOH, on peut citer les charges type CSDP décrites dans la Conférence N° 24 du Meeting ACS, Rubber Division, Anaheim, Californie, 6-9 mai 1997 ainsi que celles de la demande de brevet EP-A-0 799 854.
- [0059] Lorsqu'une charge claire est utilisée comme seule charge renforçante, les propriétés d'hystérèse et de cohésion sont obtenues en utilisant une silice précipitée ou pyrogénée,

ou bien une alumine précipitée ou bien encore un aluminosilicate de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g. Comme exemples non limitatifs de ce type de charge, on peut citer les silices KS404 de la Société Akzo, Ultrasil VN2 ou VN3 et BV3370GR de la Société Degussa, Zeopol 8745 de la Société Huber, Zeosil 175MP ou Zeosil 1165MP de la société Rhodia, HI-SIL 2000 de la Société PPG etc...

- [0060] Les résultats obtenus avec des pneumatiques conformes à l'invention ont effectivement mis en évidence que les performances en termes d'endurance peuvent être améliorées, l'armature sommet du pneumatique étant allégée, quelles que soient la nature du sol et les conditions de roulage. L'allègement de l'armature sommet du pneumatique s'accompagne par ailleurs d'une simplification de fabrication et d'une diminution des coûts de fabrication.
- [0061] Contre toute attente, les résultats ont effectivement mis en évidence que les pneumatiques selon l'invention peuvent être allégés en diminuant le nombre de couches constitutives de l'armature sommet tout en améliorant les propriétés d'endurance du sommet du pneumatique notamment à l'égard de chocs apparaissant sur le bord de la bande de roulement, notamment au niveau des épaules du pneumatique, quelles que soient la nature du sol et les conditions de roulage.
- [0062] Il est en effet connu de l'homme du métier que pour améliorer les performances d'endurance de l'armature sommet d'un pneumatique à l'égard de ce type de chocs, il est usuel d'augmenter le nombre de couches d'éléments de renforcement ainsi que d'augmenter la rigidité du mélange utilisé pour découpler les extrémités des couches d'éléments de renforcement.
- [0063] Les inventeurs pensent interpréter ces résultats du fait de l'angle formé avec la direction circonférentielle par les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure qui est plus petit en valeur absolue que celui formé par les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure et par la présence de noir de pyrolyse utilisé comme charge au sein de la couche C. Ils ont constaté que l'angle plus petit des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure semble entraîner un retard dans la prise de tension par les éléments de renforcement lors d'un tel choc. Par ailleurs, les inventeurs ont su mettre en évidence que la présence de noir de pyrolyse dans le mélange caoutchouteux constitutif de la couche C confère à celle-ci des valeurs d'allongement à rupture plus élevées qu'avec des mélanges plus usuels. Usuellement, lors de chocs comparables à ceux observés lors d'un roulage sur sol caillouteux, impactant plus spécifiquement les épaules du pneumatique, la rupture d'éléments de renforcement si elle intervient s'observe sur la couche radialement la plus intérieure et plus spécifiquement au niveau de ses extrémités. Ces constats semblent indiquer que face à ce type d'agressions, la différence d'angles des éléments de renforcement entre

les deux couches de sommet de travail associée à la présence de noir de pyrolyse dans le mélange caoutchouteux constitutif de la couche C permettent d'améliorer les performances d'endurance du pneumatique tout en diminuant le nombre de couches de l'armature de sommet.

- [0064] L'utilisation de noir de pyrolyse dans la couche C conduit toutefois à diminuer la rigidité de cette couche C de mélange caoutchouteux. Cette plus faible rigidité en comparaison de mélanges plus usuels est encore un facteur non favorable pour l'endurance de cette couche de sommet de travail radialement la plus intérieure lors de fortes sollicitations telles que des roulages à vitesse soutenue.
- [0065] Les conceptions de pneumatiques plus usuelles prévoient effectivement des couches de mélange caoutchouteux disposées entre les extrémités des couches de sommet de travail avec des modules sécants d'élasticité à 10 % d'allongement supérieurs à 8.5 MPa, notamment pour permettre de limiter les contraintes de cisaillement entre les extrémités des couches de sommet de travail, les rigidités circonférentielles desdites couches de sommet de travail étant très faibles à leur extrémité. De tels modules qui le plus souvent sont même supérieurs à 9 MPa permettent d'éviter les amorces et la propagation de fissuration dans les mélanges caoutchouteux aux extrémités desdites couches de sommet de travail et plus particulièrement à l'extrémité de la couche de travail la plus étroite.
- [0066] Les mélanges à base de noir de pyrolyse, moins rigides, de la couche C contribuent à limiter les élévations de température générées lorsqu'ils sont soumis à des contraintes de cisaillements.
- [0067] Par ailleurs, l'allègement de l'armature de sommet conduit à une diminution de l'épaisseur globale du sommet du pneumatique. Les inventeurs ont encore ainsi su mettre en évidence que lors de roulage à vitesse soutenue, en comparaison de pneumatiques de conception plus usuelle, la température du sommet du pneumatique est inférieure.
- [0068] Les inventeurs ont encore su mettre en évidence que la cohésion de la couche C conforme à l'invention reste satisfaisante.
- [0069] Au sens de l'invention, un mélange caoutchouteux cohésif est un mélange caoutchouteux notamment robuste à la fissuration. La cohésion d'un mélange est ainsi évaluée par un test de fissuration en fatigue réalisé sur une éprouvette « PS » (pure shear). Il consiste à déterminer, après entaillage de l'éprouvette, la vitesse de propagation de fissure « V_p » (nm/cycle) en fonction du taux de restitution d'énergie « E » (J/m^2). Le domaine expérimental couvert par la mesure est compris dans la plage $-20^\circ C$ et $+150^\circ C$ en température, avec une atmosphère d'air ou d'azote. La sollicitation de l'éprouvette est un déplacement dynamique imposé d'amplitude comprise entre 0.1mm et 10mm sous forme de sollicitation de type impulsif (signal « haversine »)

tangent) avec un temps de repos égal à la durée de l'impulsion ; la fréquence du signal est de l'ordre de 10Hz en moyenne.

[0070] La mesure comprend 3 parties :

- Une accommodation de l'éprouvette « PS », de 1000 cycles à 27% de déformation.
- une caractérisation énergétique pour déterminer la loi « E » = f (déformation). Le taux de restitution d'énergie « E » est égal à $W_0 \cdot h_0$, avec W_0 = énergie fournie au matériau par cycle et par unité de volume et h_0 = hauteur initiale de l'éprouvette.

L'exploitation des acquisitions « force / déplacement » donne ainsi la relation entre « E » et l'amplitude de la sollicitation.

- La mesure de fissuration, après entaillage de l'éprouvette « PS ». Les informations recueillies conduisent à déterminer la vitesse de propagation de la fissure « V_p » en fonction du niveau de sollicitation imposé « E ».

[0071] Les inventeurs ont notamment mis en évidence que l'allègement de l'armature sommet associée aux mélanges à base de noir de pyrolyse, moins rigides, de la couche C contribuent à une moindre évolution de la cohésion de la couche C. En effet, les conceptions de pneumatiques plus usuelles comportant notamment des couches de mélange caoutchouteux disposées entre les extrémités des couches de sommet de travail avec des modules sécants d'élasticité à 10 % d'allongement supérieurs à 8.5 MPa, conduisent à une évolution de la cohésion desdites couches de mélange caoutchouteux disposées entre les extrémités des couches de sommet de travail, celle-ci tendant à s'affaiblir. Les inventeurs constatent que l'allègement de l'armature sommet associée aux mélanges à base de noir de pyrolyse, moins rigides, de la couche C limitent les augmentations de température et conduisent à une faible évolution de la cohésion de la couche C. Les inventeurs considèrent ainsi que la cohésion de la couche C, plus faible que ce qui existe dans les conceptions de pneumatiques plus usuelles, est satisfaisante dans la conception du pneumatique selon l'invention.

[0072] L'association de l'armature de sommet allégée telle que décrite selon l'invention avec des mélanges de la couche C à base de noir de pyrolyse et de plus faible rigidité qui semblent pouvoir compromettre les propriétés d'endurance du pneumatique dans des conditions extrêmes d'utilisation conduit en fait à une conservation, voire une amélioration, de la performance d'endurance du pneumatique. Les inventeurs pensent interpréter ce résultat par des effets cumulés sur la température du sommet du pneumatique, d'une part de la conception allégée de l'armature sommet et d'autre part de la présence de mélanges de la couche C à base de noir de pyrolyse, moins rigides, la combinaison de ces éléments semblant inverser les effets attendus en termes d'endurance.

[0073] De préférence, l'épaisseur de la couche C de mélange caoutchouteux, mesurée à l'extrémité de la couche de sommet de travail la moins large des deux couches de

sommet de travail considérées, sera préférentiellement comprise entre 30 % et 80 % de l'épaisseur globale de mélange caoutchouteux entre génératrices de câbles respectivement des deux couches de sommet de travail: une épaisseur inférieure à 30 % ne permettant pas d'obtenir des résultats probants, et une épaisseur supérieure à 80 % étant inutile vis à vis de l'amélioration à la résistance à la séparation entre couches et désavantageux du point de vue coût.

[0074] De préférence encore, la largeur axiale D de la couche de mélange caoutchouteux C comprise entre l'extrémité axialement la plus à l'intérieure de ladite couche de mélange caoutchouteux C et l'extrémité de la couche de sommet de travail axialement la moins large est telle que :

$$3.\phi_2 \leq D \leq 25.\phi_2$$

avec ϕ_2 , diamètre des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail axialement la moins large. Une telle relation définit une zone d'engagement entre la couche de mélange caoutchouteux C et la couche de sommet de travail axialement la moins large. Un tel engagement en dessous d'une valeur égale à trois fois le diamètre des éléments de renforcement de la couche de travail axialement la moins large peut ne pas être suffisant pour obtenir un découplage des couches de sommet de travail pour notamment obtenir une atténuation des sollicitations en extrémité de la couche de sommet de travail axialement la moins large. Une valeur de cet engagement supérieure à vingt fois le diamètre des éléments de renforcement de la couche de travail axialement la moins large peut conduire à une diminution trop importante de la rigidité de dérive de l'armature de sommet du pneumatique.

[0075] De préférence, la largeur axiale D de la couche de mélange caoutchouteux C comprise entre l'extrémité axialement la plus à l'intérieure de ladite couche de mélange caoutchouteux C et l'extrémité de la couche de sommet de travail axialement la moins large est supérieure à 5 mm.

[0076] L'invention prévoit encore de préférence que l'épaisseur de la couche de mélange caoutchouteux C, à l'extrémité axialement extérieure de la couche de sommet de travail axialement la moins large, présente une épaisseur telle que la distance radiale d entre les deux couches de sommet de travail, séparées par la couche de mélange caoutchouteux C, vérifie la relation :

$$3/5.\phi_2 < d < 5.\phi_2$$

avec ϕ_2 , diamètre des éléments de renforcement de la nappe de sommet de travail axialement la moins large.

[0077] La distance d est mesurée de câble à câble, c'est-à-dire entre le câble d'une première couche de travail et le câble d'une seconde couche de travail. En d'autres termes, cette distance d englobe l'épaisseur de la couche de mélange caoutchouteux C et les épaisseurs respectives des mélanges caoutchouteux de calandrage, radialement ex-

térieure aux câbles de la couche de travail radialement intérieure et radialement intérieure aux câbles de la couche de travail radialement extérieure.

[0078] Les différentes mesures d'épaisseur sont effectuées sur une coupe méridienne d'un pneumatique, le pneumatique étant donc dans un état non gonflé.

[0079] Avantagement selon l'invention, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture $F2/FR2$ de la couche de travail radialement la plus extérieure est inférieur à $1/6$, et dans lequel :

$FR2$ est la force rupture en extension uniaxiale de chacun des câbles de la couche de travail radialement la plus extérieure,

$$F2 = p_2 * Tc * [(\tan(\alpha 1))/(\tan(\alpha 1)+\tan(\alpha 2))] / \cos^2(\alpha 2) + C_F], \text{ avec}$$

$$Tc = 0.078 * P * Rs * (1-(Rs^2-RL^2)/(2*Rt*Rs)),$$

P : la pression de gonflage nominale du pneumatique selon l'ETRTO,

$$C_F = 0.00035 * (\min((L-80) / \sin(\alpha 1), (L-80) / \sin(\alpha 2), 480)-480),$$

p_2 : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du plan médian circonférentiel,

$$Rs = Re - Es,$$

Re : rayon extérieur du pneumatique mesuré au point radialement le plus extérieur sur la surface de la bande de roulement du pneumatique, ladite surface étant extrapolée pour combler les éventuels creux,

Es : distance radiale entre le point radialement le plus à l'extérieur du pneumatique et sa projection orthogonale sur la face radialement extérieure d'un élément de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure,

RL : moyenne des rayons des points axialement les plus à l'extérieur de la partie principale de la couche d'armature de carcasse de chaque côté du pneumatique,

Rt : le rayon du cercle passant par trois points situés sur la surface extérieure de la bande de roulement en dehors des creux, définis à partir d'une extrémité d'épaulement à des distances axiales respectives égales à $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de la largeur axiale de la bande de roulement.

[0080] L'épaisseur Es et le pas p_2 sont mesurés sur une coupe du pneumatique et sont exprimés en millimètres.

[0081] La coupe méridienne du pneumatique est définie conformément à l'invention telle que les barycentres des triangles forment une droite orientée axialement, lesdits barycentres étant distants l'un de l'autre d'une distance égale à la largeur de la jante nominale J augmentée de 20 mm et diminuée de deux fois la distance mesurée axialement entre un barycentre d'une triangle et un point de la surface extérieure du pneumatique.

[0082] Les inventeurs font encore le constat que le choix de la valeur absolue de la

différence entre les valeurs absolues des angles précités α_1 et α_2 associé à l'angle moyen α et au ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 tels que définis selon cette réalisation avantageuse de l'invention peuvent permettre d'éliminer la couche de protection usuellement mise en place radialement à l'extérieur des autres couches de l'armature de sommet. Une telle couche est habituellement présente pour être sacrifiée en cas d'agressions du pneumatique de type coupures pouvant venir altérer l'intégrité d'éléments de renforcement métalliques par des phénomènes de corrosion associés à la fatigue desdits éléments de renforcement. Les inventeurs font effectivement le constat que les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, d'un pneumatique selon l'invention, sont moins sollicités lors du gonflage du pneumatique ou bien lors de son utilisation en roulage normal que les éléments de renforcement d'une couche de sommet de travail radialement la plus extérieure d'un pneumatique plus usuel ; un tel pneumatique plus usuel présente des différences d'angles en valeur absolue entre les éléments de renforcement des différentes couches de travail plus petites, un angle des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus intérieure supérieur ou égal en valeur absolue à celui des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure et un ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 plus important. Les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure d'un pneumatique selon l'invention présentent ainsi des propriétés d'endurance bien supérieures à ceux d'un pneumatique plus usuel ; les inventeurs font ainsi le constat que la suppression de la couche de protection est rendue possible et permet de contribuer à l'allègement du pneumatique et la limitation des montées en température dans la zone du sommet de pneumatique.

[0083] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles α_2 et α_1 est supérieure ou égale à 10° et de préférence supérieure à 14° . Selon ce mode de réalisation, et conformément aux interprétations données ci-dessus, il va être possible d'améliorer encore les performances d'endurance des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure et/ou améliorer encore les performances du pneumatique à l'égard de chocs tels que ceux subis lors de roulage sur des sols caillouteux.

[0084] De préférence, la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles α_2 et α_1 est inférieure à 25° et de préférence encore inférieure à 20° . Au-delà de ces valeurs, le pneumatique serait susceptible de présenter des usures irrégulières dans certaines conditions d'utilisation.

[0085] Avantageusement encore selon l'invention, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 de la couche de travail radialement la plus extérieure est inférieur à $1/8$. Un tel ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 contribue encore à

améliorer les performances d'endurance des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus extérieure lors de l'utilisation du pneumatique.

- [0086] De préférence selon l'invention, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture $F1/FR1$ de la couche de travail radialement la plus intérieure est inférieur à $1/3$, dans lequel :
- $FR1$ est la force rupture en extension uniaxiale de chacun des câbles de la couche de travail radialement la plus intérieure,
- $F1 = p_1 * T_c * [(\tan(\alpha_2)/(\tan(\alpha_1)+\tan(\alpha_2))) / \cos^2(\alpha_1) + C_F]$, avec
- p_1 : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du plan médian circonférentiel.
- [0087] De préférence encore, le ratio d'utilisation du potentiel de rupture $F1/FR1$ de la couche de travail radialement la plus intérieure est au moins 30 % supérieur au ratio d'utilisation du potentiel de rupture $F2/FR2$ de la couche de travail radialement la plus extérieure.
- [0088] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, la couche de sommet de travail axialement la plus large est radialement à l'intérieur des autres couches de sommet de travail.
- [0089] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, optimisant l'amincissement du sommet du pneumatique, les deux couches de sommet de travail sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur la totalité de la largeur axiale de l'armature sommet.
- [0090] Selon une variante de réalisation de l'invention, au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est constituée d'un mélange caoutchouteux comportant une composition comprenant 60 à 80 pce de charges renforçantes, dont au moins 10 pce de noir de carbone de pyrolyse.
- [0091] Selon un mode de réalisation préféré de cette variante de l'invention, le mélange caoutchouteux des couches de calandrage desdites deux couches de sommet de travail comporte une composition comprenant 60 à 80 pce de charges renforçantes, dont au moins 10 pce de noir de carbone de pyrolyse.
- [0092] Habituellement, les modules sécants d'élasticité à 10 % d'allongement des couches de calandrage des couches de sommet de travail sont supérieurs à 10 MPa. De tels modules d'élasticité sont requis pour permettre de limiter les mises en compression des éléments de renforcement des couches de sommet de travail notamment lorsque le véhicule suit un parcours sinueux, lors de manœuvres sur les parkings ou bien lors du passage de ronds-points. En effet, les cisaillements selon la direction axiale qui s'opèrent sur la bande de roulement dans la zone de la surface de contact avec le sol conduisent à la mise en compression des éléments de renforcement d'une couche de sommet de travail.

- [0093] Les inventeurs font ainsi encore le constat que les mélanges caoutchouteux à base de noir de pyrolyse des calandrages des couches de sommet de travail associés aux mélanges de la couche C, conforme à l'invention et à la conception alléguée de l'armature sommet selon cette variante de réalisation de l'invention conduisent à une conservation, voire une amélioration, de la performance d'endurance du pneumatique de manière encore plus marquée.
- [0094] Selon un mode de réalisation préféré de cette variante de l'invention, ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est un mélange élastomérique à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés.
- [0095] De préférence également, ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail, outre le noir de carbone de pyrolyse, comprend une charge renforçante constituée :
- a - soit par du noir de carbone employé à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - b - soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g employée à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - c - soit par un coupage de noir de carbone décrit en (a) et une charge blanche décrite en (b), dans lequel le taux global de charge est compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce.
- [0096] Selon un mode de réalisation de l'invention, le mélange élastomérique constitutif de ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est identique au mélange élastomérique de la couche C, disposée entre au moins les extrémités desdites deux couches de sommet de travail.
- [0097] Les éléments métalliques sont préférentiellement des câbles d'acier.
- [0098] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les éléments de renforcement des couches de sommet de travail sont des câbles métalliques inextensibles.
- [0099] D'autres détails et caractéristiques avantageux de l'invention ressortiront ci-après de la description des exemples de réalisation de l'invention en référence à la [Fig.1] qui représente une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un mode de réalisation de l'invention.

- [0100] La [Fig.1] n'est pas représentée à l'échelle pour en simplifier la compréhension. La figure ne représente qu'une demi-vue d'un pneumatique qui se prolonge de manière symétrique par rapport à l'axe XX' qui représente le plan médian circonférentiel, ou plan équatorial, d'un pneumatique.
- [0101] Sur la [Fig.1], le pneumatique 1 est de dimension 275/80 R 22.5. Ledit pneumatique 1 comprend une armature de carcasse radiale 2 ancrée dans deux bourrelets, non représentés sur la [Fig.1]. L'armature de carcasse est formée d'une seule couche de câbles métalliques. Cette armature de carcasse 2 est frettée par une armature de sommet 4, formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :
- d'une première couche de travail 41 formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à 18° ,
 - d'une seconde couche de travail 42 formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à 30° et croisés avec les câbles métalliques de la couche 41, les câbles de chacune des couches de travail 41, 42 étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle.
- [0102] Les câbles métalliques constituant les éléments de renforcement des deux couches de travail sont des câbles de formule 9.35. Ils sont répartis dans chacune des couches de travail avec une distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne du câble égale à 2 mm.
- [0103] L'armature de sommet est elle-même coiffée d'une bande de roulement 5.
- [0104] Le pneumatique est gonflé à une pression de 8.5 bars.
- [0105] La largeur axiale L_{41} de la première couche de travail 41 est égale à 220 mm.
- [0106] La largeur axiale L_{42} de la deuxième couche de travail 42 est égale à 200 mm.
- [0107] La largeur axiale de la bande de roulement L_5 est égale à 215 mm.
- [0108] La largeur axiale maximale L est égale à 302 mm.
- [0109] Conformément à l'invention, une première couche de mélange caoutchouteux C vient découpler les extrémités des couches de sommet de travail 41 et 42.
- [0110] La zone d'engagement de la couche C entre les deux couches de sommet de travail 41 et 42 est définie par son épaisseur ou plus précisément la distance radiale d entre l'extrémité de la couche 42 et la couche 41 et par la largeur axiale D de la couche C comprise entre l'extrémité axialement intérieure de ladite couche C et l'extrémité de la couche de sommet de travail 42 radialement extérieure. La distance radiale d est égale à 2.8 mm soit environ 2.1 fois le diamètre ϕ_2 des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail 42, le diamètre ϕ_2 étant égal à 1.35 mm. La distance axiale D est égale à 19 mm, soit environ 14 fois le diamètre ϕ_2 des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail 42.
- [0111] La masse cumulée des deux couches de travail 41, 42 et de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels 43, comprenant la masse des câbles métalliques et des

mélanges de calandrage, se monte ainsi à 10.1 Kg.

- [0112] Conformément à l'invention, la couche C est constituée d'un mélange élastomérique comportant un noir de pyrolyse.
- [0113] La différence entre les angles formés par les câbles de la première couche de sommet de travail avec la direction circonférentielle et ceux des câbles de la deuxième couche de sommet de travail est égale à 12° .
- [0114] L'angle moyen est égal à 23.4° et est bien compris entre 20.4° et 28.0° .
- [0115] La valeur mesurée de R_e est égale à 541.7 mm.
- [0116] La valeur mesurée de E_s est égale à 22.3 mm.
- [0117] La valeur moyenne R_L des rayons mesurés est égale à 410 mm.
- [0118] La valeur R_t déterminée sur le pneumatique est égale à 900 mm.
- [0119] La valeur calculée de T_c est égale à 362 N/mm.
- [0120] La valeur calculée de C_F est égale à -0.01.
- [0121] La valeur de F_1 est égale à 514.4 N.
- [0122] La valeur de F_2 est égale à 311.2 N.
- [0123] Les forces ruptures des éléments de renforcement des couches de sommet de travail FR_1 et FR_2 sont égales à 2600 N.
- [0124] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 est égal à 12 %.
- [0125] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_1/FR_1 est égal à 19.8 %.
- [0126] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_1/FR_1 est 65 % supérieur au ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 .
- [0127] Différents pneumatiques selon l'invention sont comparés à différents pneumatiques de référence de même dimension.
- [0128] Des premiers pneumatiques I_1 selon l'invention comportent une couche C constituée du mélange 1 et des couches de calandrages constituées du mélange R1.
- [0129] Des deuxièmes pneumatiques I_2 selon l'invention comportent une couche C et des couches de calandrages constituées du mélange 1.
- [0130] Des premiers pneumatiques de référence T_1 diffèrent des pneumatiques I_1 selon l'invention par la nature des mélanges de la couche C, celles-ci étant constituées du mélange R2.
- [0131] Les différents mélanges utilisés sont listés ci-après, en exprimant pour chacun le module sécant d'élasticité à 10 % d'allongement, l'allongement à rupture.

	Mélange R1	Mélange R2	Mélange 1
NR	100	100	100
Noir N347	52	50	
Noir RCB			80
Antioxydant (6PPD)	1.5	1.5	1.5
Acide stéarique	0.65	0.65	0.9
Oxyde de zinc	9.3	9.3	7.5
Sel de Cobalt (AcacCo)	1.12	1.12	1.12
soufre	6.1	5.6	4.5
Accélérateur DCBS	0.93	0.8	0.8
Retardateur CTP PVD	0.25	0.25	0.15
MA ₁₀₀ (MPa)	10.4	8.5	6.1
Allongement à Rupture (%)	260	320	444

[0132] Les valeurs des constituants sont exprimées en pce (parties en poids pour cent parties d'élastomères.

[0133] Des deuxièmes pneumatiques de référence T2 diffèrent des pneumatiques de référence T1 par une armature de sommet formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- d'une couche de triangulation, constituée de deux demi nappes, formée de câbles métalliques inextensibles 9.28 non frettés, orientés d'un angle égal à 65°,

- d'une première couche de travail formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à 26°,

- d'une seconde couche de travail formée de câbles métalliques orientés d'un angle égal à 18° et croisés aux câbles métalliques de la première couche de travail, les câbles de chacune des couches de travail étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle,

- d'une couche de protection formée de câbles métalliques élastiques 6.35.

[0134] Les câbles métalliques des deux couches de travail sont des câbles de formule 9.35.

Ils sont répartis dans chacune des couches de travail avec une distance entre les éléments de renforcement, mesurée selon la normale à la direction de la ligne moyenne

du câble égale à 2 mm.

- [0135] Le pneumatique de référence T2 est gonflé à une pression de 8.5 bars.
- [0136] La largeur axiale globale de la couche triangulation est égale à 180 mm, chacune des demi nappes présentant une largeur égale à 60 mm.
- [0137] La largeur axiale de la première couche de travail est égale à 220 mm.
- [0138] La largeur axiale de la deuxième couche de travail est égale à 200 mm.
- [0139] La largeur axiale de la couche de protection est égale à 136 mm.
- [0140] La masse cumulée des couches de travail, de la couche de protection et de la couche de triangulation des pneumatiques de référence T2, comprenant la masse des câbles métalliques et des mélanges de calandrage, se monte à 10.0 Kg.
- [0141] La masse du pneumatique de référence est de 62.9 Kg
- [0142] La valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles formés par les câbles de la première couche de sommet de travail avec la direction circonférentielle et ceux des câbles de la deuxième couche de sommet de travail est égale à 8°.
- [0143] L'angle moyen est égal à 21.7°.
- [0144] La valeur de F1 est égale à 320 N.
- [0145] La valeur de F2 est égale à 392 N.
- [0146] Les valeurs F1 et F2 sont obtenues par une simulation éléments finis, le nombre élevés de nappes de renforcement dans le sommet ne permettant pas l'utilisation d'un modèle analytique simple.
- [0147] Les forces ruptures des éléments de renforcement des couches de sommet de travail FR1 et FR2 sont égales à 2600 N.
- [0148] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2 est égal à 15.1 %.
- [0149] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F1/FR1 est égal à 12.3 %.
- [0150] Le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F1/FR1 est 22.7 % inférieur au ratio d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2.
- [0151] Des premiers essais d'endurance, particulièrement sollicitant thermiquement, ont été réalisés sur une machine de test imposant à chacun des pneumatiques un roulage ligne droite à une vitesse égale à l'indice de vitesse maximum prescrit pour ledit pneumatique (speed index) sous une charge initiale de 4000 Kg progressivement augmentée pour réduire la durée du test.
- [0152] D'autres essais d'endurance, particulièrement sollicitant mécaniquement, ont été réalisés sur une machine de tests imposant de façon cyclique un effort transversal et une surcharge dynamique aux pneumatiques. Les essais ont été réalisés pour les pneumatiques selon l'invention avec des conditions identiques à celles appliquées aux pneumatiques de référence.
- [0153] Les essais ainsi réalisés ont montré que les distances parcourues lors de chacun de ces tests sont sensiblement identiques pour les pneumatiques selon l'invention et les

pneumatiques de référence.

- [0154] Des tests visant à caractériser la résistance à la rupture d'une armature de sommet de pneumatique soumise à des chocs ont également été réalisés. Ces tests consistent à faire rouler un pneumatique, gonflé à une pression recommandée et soumis à une charge recommandée, sur un obstacle ou indenteur cylindrique de diamètre égal à 1.5 pouce, soit 38.1 mm, à tête hémisphérique, et d'une hauteur déterminée. La trajectoire du pneumatique est ajustée de manière à ce que l'axe de l'obstacle corresponde à la position de l'une des nervures axialement la plus extérieure sur la bande de roulement. La résistance à la rupture est caractérisée par la hauteur critique de l'indenteur, c'est-à-dire la hauteur maximale de l'indenteur entraînant une rupture totale de l'armature de sommet, c'est-à-dire de la rupture de toutes les couches de sommet. Les valeurs expriment l'énergie nécessaire pour obtenir la rupture du bloc sommet. Les valeurs sont exprimées à partir d'une base 100 correspondant à la valeur mesurée pour le pneumatique de référence T2.

I1	125
I2	130
Référence T1	120
Référence T2	100

- [0155] Ces résultats montrent que malgré un allègement du pneumatique, notamment par une diminution de la masse de son armature sommet, l'énergie à rupture lors d'un choc sur la surface de la bande de roulement des pneumatiques I1 et I2 selon l'invention est supérieure à celle du pneumatique T2 et également supérieure à celle du pneumatique T1.
- [0156] Des derniers tests d'endurance visant à reproduire des conditions de roulage combinant la vitesse du véhicule et la nature du sol particulièrement agressive ont été réalisés. Ces tests reproduisent ainsi des conditions extrêmes notamment des véhicules "Poids-Lourds" de type « approche chantier ».
- [0157] Ces derniers tests consistent à reproduire vingt-cinq fois une phase de roulage de 2 heures à 100 km/h sur circuit dans les conditions de charge et de pression indiquées sur le pneumatique suivie d'une phase de roulage de 12 minutes à 35 km/h sur piste caillouteuse.
- [0158] La phase de roulage à faible vitesse sur une piste caillouteuse a pour but de pénaliser l'endurance suite à des chocs répétés sur la bande de roulement.

[0159] La phase de roulage à vitesse élevée sur circuit a pour but d'augmenter la température du pneumatique. Cela rend le pneumatique plus sensible aux effets des chocs répétés sur la bande de roulement et cela favorise la propagation de fissures initiées dans la phase de roulage sur piste caillouteuse.

[0160] A la fin du roulage, les pneumatiques sont contrôlés en shearographie et décortiqués pour analyser les éventuels endommagements. Il s'agit d'une analyse visuelle permettant de comparer les éventuelles fissures et leur propagation. Les pneumatiques sont notés et comparés entre eux. Une note supérieure à 100 correspond à un pneumatique moins endommagé. Une valeur 100 est attribué au pneumatique le plus endommagé.

	Note
I1	115
I2	135
Référence T1	100
Référence T2	100

[0161] A la fin du roulage les pneumatiques selon l'invention I1 et I2 présentent des dommages moins étendus que les pneumatiques de référence T1 et T2.

[0162] Au cours de ces derniers tests d'endurance, la température des pneumatiques en extrémités de bloc sommet a été mesurée suite à la première phase de roulage de 2 heures à 100 km/h sur circuit.

	Température
I1	93°C
I2	90°C
Référence T1	97°C
Référence T2	102°C

[0163] Ces résultats montrent que les pneumatiques selon l'invention présentent effectivement des températures moins élevées que les pneumatiques de référence.

Revendications

[Revendication 1]

Pneumatique (1), destiné à être monté sur une jante creuse de type 15° drop center, comprenant une armature de carcasse radiale (2), ledit pneumatique comprenant une armature de sommet (4), comprenant deux couches de sommet de travail d'éléments (41, 42) de renforcement insérés entre deux couches de calandrage de mélange caoutchouteux, croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles (α_1 , α_2) supérieurs à 8°, lesdits angles α_1 et α_2 étant orientés de part et d'autre de la direction circonférentielle, une couche C de mélange caoutchouteux étant disposée entre au moins les extrémités desdites deux couches de sommet de travail, l'armature de sommet (4) étant coiffée radialement d'une bande de roulement (5), ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets (3) par l'intermédiaire de deux flancs, dans lequel :

- lesdites deux couches de sommet de travail (41, 42) étant seules présentes pour constituer l'armature de sommet (4) sur au moins 40 % de la largeur axiale de l'armature de sommet (5),
- les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail (42) radialement la plus extérieure formant un angle (α_2) avec la direction circonférentielle supérieur en valeur absolue à l'angle (α_1) formé par les éléments de renforcement de la couche de sommet de travail (41) radialement la plus intérieure avec la direction circonférentielle,
- la valeur absolue de la différence entre les valeurs absolues des angles (α_2) et (α_1) est supérieure à 4°,
- l'angle moyen α satisfait la relation :

$$12+131*\exp(-L/100) < \alpha < 20+164*\exp(-L/100),$$

α étant défini par la relation $\alpha = \text{Arctan}((\tan(|\alpha_1|)*\tan(|\alpha_2|))^{1/2})$, L étant la largeur maximum du pneumatique mesurée selon la direction axiale et exprimée en mm,

caractérisé en ce que le mélange caoutchouteux constituant ladite couche C comprend une composition comprenant 60 à 80 pce de charges renforçantes, dont au moins 10 pce de noir de carbone de pyrolyse.

[Revendication 2]

Pneumatique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le noir de carbone de pyrolyse présente une teneur en cendres allant de 5 à 30% en poids, préférentiellement inférieure à 25% en poids, plus préférentiellement inférieure à 22% en poids, par rapport au poids total du noir

- de carbone de pyrolyse.
- [Revendication 3] Pneumatique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le noir de carbone de pyrolyse a une teneur en soufre supérieure à 2% en poids, de préférence allant de 2,5 à 5% en poids, par rapport au poids total du noir de carbone de pyrolyse.
- [Revendication 4] Pneumatique (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le noir de carbone de pyrolyse a une teneur en zinc supérieure ou égale à 2% en poids, de préférence allant de 2,5 à 8% en poids, par rapport au poids total du noir de carbone de pyrolyse.
- [Revendication 5] Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ladite couche C est un mélange élastomérique à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés.
- [Revendication 6] Pneumatique (1) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la couche C de mélange caoutchouteux, outre le noir de carbone de pyrolyse, comprend une charge renforçante constituée :
- a - soit par du noir de carbone employé à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - b - soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g employée à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - c - soit par un coupage de noir de carbone décrit en (a) et une charge blanche décrite en (b), dans lequel le taux global de charge est compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce.
- [Revendication 7] Pneumatique (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F₂/FR₂ de la couche de sommet de travail (42) radialement la plus extérieure est inférieur à 1/6, dans lequel :
- FR₂ est la force rupture en extension uniaxiale de chacun des câbles de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure,
- $$F_2 = p_2 * T_c * [(\tan(\alpha_1)) / ((\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha_2)))] / \cos^2(\alpha_2) + C_F], \text{ avec}$$

$$T_c = 0.078 * P * R_s * (1 - (R_s^2 - R_L^2) / (2 * R_t * R_s)),$$

P : la pression de gonflage nominale du pneumatique selon l'ETRTO,

$$C_F = 0.00035 * (\min((L-80) / \sin(\alpha_1), (L-80) / \sin(\alpha_2)), 480) - 480,$$

p_2 : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus extérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du méridien circonferentiel,

$$R_s = R_e - E_s,$$

R_e : rayon extérieur du pneumatique mesuré au point radialement le plus extérieur sur la surface de la bande de roulement du pneumatique, ladite surface étant extrapolée pour combler les éventuels creux,

E_s : distance radiale entre le point radialement le plus à l'extérieur du pneumatique et sa projection orthogonale sur la face radialement extérieure d'un élément de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus à l'intérieur,

R_L : moyenne des rayons des points axialement les plus à l'extérieur de chaque côté du pneumatique,

R_t : le rayon du cercle passant par trois points situés sur la surface extérieure de la bande de roulement en dehors des creux, définis à partir d'une extrémité d'épaulement à des distances axiales respectives égales à $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de la largeur de la bande de roulement.

[Revendication 8] Pneumatique (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_2/FR_2 de la couche de sommet de travail (42) radialement la plus extérieure est inférieur à $1/8$.

[Revendication 9] Pneumatique (1) selon l'une des revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_1/FR_1 de la couche de sommet de travail (41) radialement la plus intérieure est inférieur à $1/3$, dans lequel :

FR_1 est la force rupture en extension uniaxiale de chacun des câbles de la couche de travail radialement la plus intérieure,

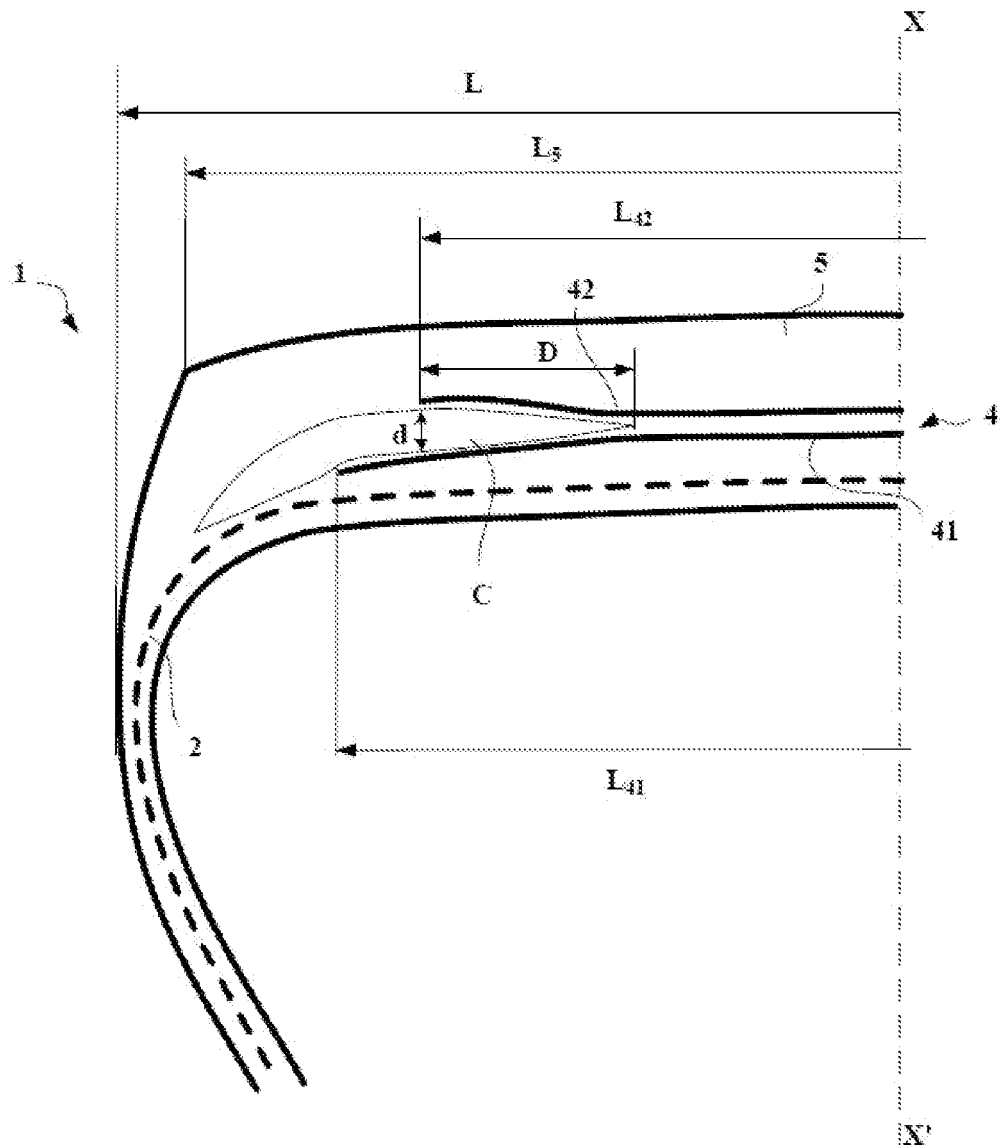
$$F_1 = p_1 * T_c * [(\tan(\alpha_2) / ((\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha_2)))) / \cos^2(\alpha_1) + C_F],$$

avec p_1 : le pas de pose des éléments de renforcement de la couche de sommet de travail radialement la plus intérieure, mesuré perpendiculairement aux éléments de renforcement au niveau du plan méridien circonferentiel.

[Revendication 10] Pneumatique (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le ratio d'utilisation du potentiel de rupture F_1/FR_1 de la couche de travail (41) radialement la plus intérieure est au moins 30 % supérieur au ratio

- d'utilisation du potentiel de rupture F2/FR2 de la couche de travail (42) radialement la plus extérieure.
- [Revendication 11] Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux couches de sommet de travail (41, 42) sont seules présentes pour constituer l'armature de sommet sur la totalité de la largeur axiale de l'armature de sommet (4).
- [Revendication 12] Pneumatique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail est constituée d'un mélange caoutchouteux comportant une composition comprenant 60 à 80 pce de charges renforçantes, dont au moins 10 pce de noir de carbone de pyrolyse.
- [Revendication 13] Pneumatique (1) selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail (41, 42) est un mélange élastomérique à base de caoutchouc naturel ou de polyisoprène synthétique à majorité d'enchaînements cis-1,4 et éventuellement d'au moins un autre élastomère diénique, le caoutchouc naturel ou le polyisoprène synthétique en cas de coupage étant présent à un taux majoritaire par rapport au taux de l'autre ou des autres élastomères diéniques utilisés.
- [Revendication 14] Pneumatique (1) selon l'une des revendications 12 ou 13, **caractérisé en ce que** ladite au moins une couche de calandrage d'au moins une couche de sommet de travail, outre le noir de carbone de pyrolyse, comprend une charge renforçante constituée :
- a - soit par du noir de carbone employé à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - b - soit par une charge blanche de type silice et/ou alumine comportant des fonctions de surface SiOH et/ou AlOH choisie dans le groupe formé par les silices précipitées ou pyrogénées, les aluminosilicates ou bien encore les noirs de carbone modifiés en cours ou après la synthèse de surface spécifique BET comprise entre 30 et 260 m²/g employée à un taux compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce,
 - c - soit par un coupage de noir de carbone décrit en (a) et une charge blanche décrite en (b), dans lequel le taux global de charge est compris entre 30 et 70 pce, et de préférence entre 40 et 60 pce.

[Fig. 1]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 913784
FR 2213503

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	FR 3 121 635 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 14 octobre 2022 (2022-10-14) * alinéas [0146] - [0150] * * exemples; tableau 1 * * revendications * -----	1-14	B60C9/18
A	CHRIS TWIGG (BLACK BEAR CARBON): "Introducing BBC 500 "Black becomes green"", INTERNET CITATION, 14 février 2013 (2013-02-14), XP002786441, Extrait de l'Internet: URL:www.vkrt.org/lect.php?sel=admin/upload /20120214CT.pdf [extrait le 2018-11-13] * le document en entier * -----	1-14	
A	EP 3 427 975 A1 (CONTINENTAL REIFEN DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 16 janvier 2019 (2019-01-16) * alinéas [0006], [0026] - [0034] * * exemples * -----	1-14	
A	EP 3 599 219 A1 (BLACK BEAR CARBON B V [NL]) 29 janvier 2020 (2020-01-29) * alinéas [0024], [0026], [0041] * -----	1-14	B60C C08K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 juin 2023		Behm, Sonja	
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 2213503 FA 913784**

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 **29-06-2023**
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
FR 3121635 A1	14-10-2022	FR 3121635 A1	14-10-2022
		WO 2022219279 A1	20-10-2022

EP 3427975 A1	16-01-2019	DE 102017211926 A1	17-01-2019
		EP 3427975 A1	16-01-2019

EP 3599219 A1	29-01-2020	BR 112021001554 A2	20-04-2021
		CN 112752729 A	04-05-2021
		EP 3599219 A1	29-01-2020
		US 2022153955 A1	19-05-2022
		WO 2020020810 A1	30-01-2020
		ZA 202100972 B	29-06-2022
