

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 novembre 2008 (27.11.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/141979 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B60C 9/22 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/055849

(22) Date de dépôt international : 13 mai 2008 (13.05.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0703507 14 mai 2007 (14.05.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf CA, MX, US) :
SOCIÉTÉ DE TECHNOLOGIE MICHELIN [FR/FR];
23, Rue Breschet, 63000 Clermont-Ferrand (FR).

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MICHE-
LIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH];
Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-paccot (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
DOMINGO, Alain [FR/FR]; 6, route de la Croix Mozat,
F-63190 Orleat (FR). **JOHNSON, Philippe** [FR/FR]; 8,
impasse de la Charreyre, F-63800 Perignat Sur Allier (FR).

(74) Mandataire : **LE CAM, Stéphane**; Manufacture
Française des Pneumatiques MICHELIN, 23, place des
Carmes-Déchaux, SGD/LG/PI - F35 - Ladoux, F-63040
Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: TYRE FOR HEAVY-GOODS VEHICLES

(54) Titre : PNEUMATIQUE POUR VEHICULES LOURDS

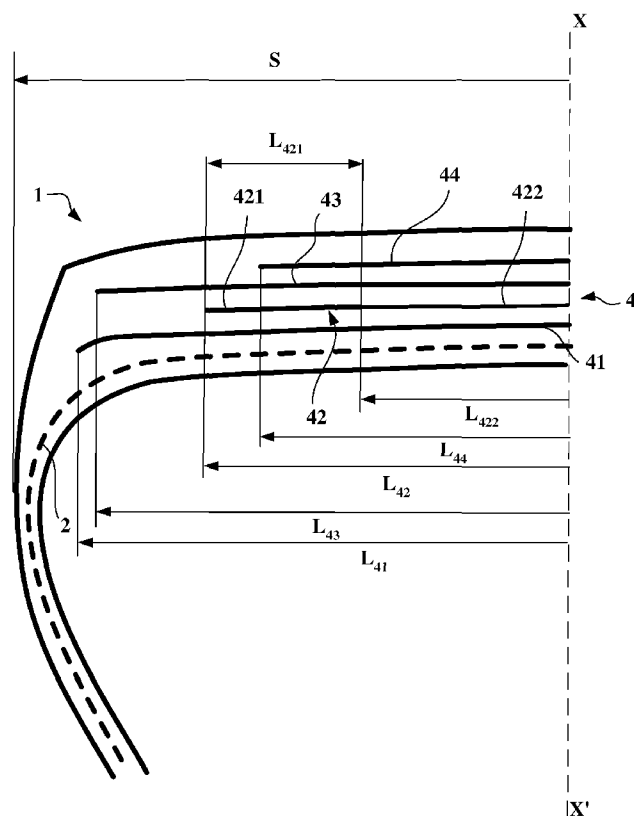


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a tyre including at least two working layers (41, 43) and at least one layer of reinforcing elements (42). According to the invention, the layer of circumferential reinforcing elements (42) is formed by at least one central part (422) and two axially outer parts (421). The penetration rate of the circumferential reinforcing elements of the central part (422) by the associated rubber mixture coating is less than the penetration rate of the circumferential reinforcing elements of the axially outer parts (421) by the associated rubber mixture coating.

(57) Abrégé : L'invention concerne un pneumatique comprenant au moins deux couches de travail (41, 43) et au moins une couche d'éléments de renforcement (42). Selon l'invention, la couche d'éléments de renforcement (42) circonférentiels est constituée d'au moins une partie centrale (422) et deux parties axialement extérieures (421), le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale (422) par le mélange caoutchouteux les enrobant étant inférieur au taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures (421) par le mélange caoutchouteux les enrobant.



PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

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

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

PNEUMATIQUE POUR VEHICULES LOURDS

[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] L'armature de renforcement ou renforcement des pneumatiques et notamment des pneumatiques de véhicules de type poids-lourds est à l'heure actuelle – et le plus souvent - constituée par empilage d'une ou plusieurs nappes désignées classiquement « nappes de carcasse », « nappes sommet », etc. Cette façon de désigner les armatures de renforcement provient du procédé de fabrication, consistant à réaliser une série de produits semi-finis en forme de nappes, pourvues de renforts filaires souvent longitudinaux, qui sont par la suite assemblées ou empilées afin de confectionner une ébauche de pneumatique. Les nappes sont réalisées à plat, avec des dimensions importantes, et sont par la suite coupées en fonction des dimensions d'un produit donné. L'assemblage des nappes est également réalisé, dans un premier temps, sensiblement à plat. L'ébauche ainsi réalisée est ensuite mise en forme pour adopter le profil toroïdal typique des pneumatiques. Les produits semi-finis dits « de finition » sont ensuite appliqués sur l'ébauche, pour obtenir un produit prêt pour la vulcanisation.

[0003] Un tel type de procédé "classique" implique, en particulier pour la phase de fabrication de l'ébauche du pneumatique, l'utilisation d'un élément d'ancrage (généralement une tringle), utilisé pour réaliser l'ancrage ou le maintien de l'armature de carcasse dans la zone des bourrelets du pneumatique. Ainsi, pour ce type de procédé, on effectue un retournement d'une portion de toutes les nappes composant l'armature de carcasse (ou d'une partie seulement) autour d'une tringle disposée dans le bourrelet du pneumatique. On crée de la sorte un ancrage de l'armature de carcasse dans le bourrelet.

[0004] La généralisation dans l'industrie de ce type de procédé classique, malgré de nombreuses variantes dans la façon de réaliser les nappes et les assemblages, a conduit

- 2 -

l'homme du métier à utiliser un vocabulaire calqué sur le procédé ; d'où la terminologie généralement admise, comportant notamment les termes «nappes», «carcasse», «tringle», «conformation» pour désigner le passage d'un profil plat à un profil toroïdal, etc.

[0005] Il existe aujourd'hui des pneumatiques qui ne comportent à proprement parler pas de «nappes» ou de «tringles» d'après les définitions précédentes. Par exemple, le document EP 0 582 196 décrit des pneumatiques fabriqués sans l'aide de produits semi-finis sous forme de nappes. Par exemple, les éléments de renforcement des différentes structures de renfort sont appliqués directement sur les couches adjacentes de mélanges caoutchouteux, le tout étant appliqué par couches successives sur un noyau toroïdal dont la forme permet d'obtenir directement un profil s'apparentant au profil final du pneumatique en cours de fabrication. Ainsi, dans ce cas, on ne retrouve plus de «semi-finis», ni de «nappes», ni de «tringle». Les produits de base tels les mélanges caoutchouteux et les éléments de renforcement sous forme de fils ou filaments, sont directement appliqués sur le noyau. Ce noyau étant de forme toroïdale, on n'a plus à former l'ébauche pour passer d'un profil plat à un profil sous forme de tore.

[0006] Par ailleurs, les pneumatiques décrits dans ce document ne disposent pas du "traditionnel" retournement de nappe carcasse autour d'une tringle. Ce type d'ancrage est remplacé par un agencement dans lequel on dispose de façon adjacente à ladite structure de renfort de flanc des fils circonférentiels, le tout étant noyé dans un mélange caoutchouteux d'ancrage ou de liaison.

[0007] Il existe également des procédés d'assemblage sur noyau toroïdal utilisant des produits semi-finis spécialement adaptés pour une pose rapide, efficace et simple sur un noyau central. Enfin, il est également possible d'utiliser un mixte comportant à la fois certains produits semi-finis pour réaliser certains aspects architecturaux (tels que des nappes, tringles, etc), tandis que d'autres sont réalisés à partir de l'application directe de mélanges et/ou d'élément de renforcement.

[0008] Dans le présent document, afin de tenir compte des évolutions technologiques récentes tant dans le domaine de la fabrication que pour la conception de produits, les termes classiques tels que «nappes», «tringles», etc., sont avantageusement remplacés par des termes neutres ou indépendants du type de procédé utilisé. Ainsi, le terme «renfort de

- 3 -

type carcasse» ou «renfort de flanc» est valable pour désigner les éléments de renforcement d'une nappe carcasse dans le procédé classique, et les éléments de renforcement correspondants, en général appliqués au niveau des flancs, d'un pneumatique produit selon un procédé sans semi-finis. Le terme «zone d'ancrage» pour sa part, peut désigner tout autant le "traditionnel" retournement de nappe carcasse autour d'une tringle d'un procédé classique, que l'ensemble formé par les éléments de renforcement circonférentiels, le mélange caoutchouteux et les portions adjacentes de renfort de flanc d'une zone basse réalisée avec un procédé avec application sur un noyau toroïdal.

[0009] 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.

[0010] Dans le cas des pneumatiques pour véhicules "Poids-Lourds", une seule couche de protection est habituellement présente et ses éléments de protection sont, dans la plupart des cas, orientés dans la même direction et avec le même angle en valeur absolue que ceux des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus à l'extérieur et donc radialement adjacente. Dans le cas de pneumatiques de Génie Civil destinés aux roulages sur sols plus ou moins accidentés, la présence de deux couches de protection est

- 4 -

avantageuse, les éléments de renforcement étant croisés d'une couche à la suivante et les éléments de renforcement de la couche de protection radialement intérieure étant croisés avec les éléments de renforcement inextensibles de la couche de travail radialement extérieure et adjacente à ladite couche de protection radialement intérieure.

[0011] 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%.

[0012] 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 inférieure à 150 GPa.

[0013] 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° .

[0014] La direction circonférentielle du pneumatique, ou direction longitudinale, est la direction correspondant à la périphérie du pneumatique et définie par la direction de roulement du pneumatique.

[0015] La direction transversale ou axiale du pneumatique est parallèle à l'axe de rotation du pneumatique.

[0016] La direction radiale est une direction coupant l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire à celui-ci.

[0017] L'axe de rotation du pneumatique est l'axe autour duquel il tourne en utilisation normale.

[0018] Un plan radial ou méridien est un plan qui contient l'axe de rotation du pneumatique.

[0019] 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.

- 5 -

[0020] On entend par « module d'élasticité » d'un mélange caoutchouteux, un module sécant d'extension à 10 % de déformation et à température ambiante.

[0021] En ce qui concerne les compositions de caoutchouc, les mesures de module sont effectuées en traction selon la norme AFNOR-NFT-46002 de septembre 1988 : on mesure en seconde élongation (i.e., après un cycle d'accommodation) le module sécant nominal (ou contrainte apparente, en MPa) à 10% d'allongement (conditions normales de température et d'hygrométrie selon la norme AFNOR-NFT-40101 de décembre 1979).

[0022] En ce qui concerne les fils ou câbles métalliques, les mesures de force à la rupture (charge maximale en N), de résistance à la rupture (en MPa) et d'allongement à la rupture (allongement total en %) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892 de 1984.

[0023] 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.

[0024] 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. Le même problème existe dans le cas de bords de deux couches d'éléments de renforcement, ladite autre couche n'étant pas obligatoirement radialement adjacente à la première.

[0025] 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.

- 6 -

[0026] 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 hystérésis, 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.

[0027] 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.

[0028] La demande française FR 2 728 510 propose de disposer, d'une part entre l'armature de carcasse et la nappe de travail d'armature de sommet, radialement la plus proche de l'axe de rotation, une nappe axialement continue, formée de câbles métalliques inextensibles faisant avec la direction circonférentielle un angle au moins égal à 60° , et dont la largeur axiale est au moins égale à la largeur axiale de la nappe de sommet de travail la plus courte, et d'autre part entre les deux nappes de sommet de travail une nappe additionnelle formée d'éléments métalliques, orientés sensiblement parallèlement à la direction circonférentielle.

[0029] Les roulages prolongés dans des conditions particulièrement sévères des pneumatiques ainsi construits ont fait apparaître des limites en termes d'endurance de ces pneumatiques.

[0030] Pour remédier à de tels inconvénients et améliorer l'endurance de l'armature de sommet de ces pneumatiques, il a été proposé d'associer aux couches de sommet de travail à angle au moins une couche additionnelle d'éléments de renforcement sensiblement parallèles à la direction circonférentielle. La demande française WO 99/24269 propose notamment, de part et d'autre du plan équatorial et dans le prolongement axial immédiat de la nappe additionnelle d'éléments de renforcement sensiblement parallèles à la direction circonférentielle, de coupler, sur une certaine distance axiale, les deux nappes de sommet de travail formées d'éléments de renforcement croisés d'une nappe à la suivante pour ensuite les

- 7 -

découpler par des profilés de mélange de caoutchouc au moins sur le restant de la largeur commune aux dites deux nappes de travail.

[0031] La couche d'éléments de renforcement circonférentielles est usuellement constituées par au moins un câble métallique enroulé pour former une spire dont l'angle de pose par rapport à la direction circonférentielle est inférieur à 8° . Les câbles initialement fabriqués sont enduits d'un mélange caoutchouteux avant d'être mis en place. Ce mélange caoutchouteux vient ensuite pénétrer le câble sous l'effet de la pression et de la température lors de la cuisson du pneumatique. L'enrobage des câbles par le mélange caoutchouteux peut être réalisé dans une phase intermédiaire entre la fabrication du câble et sa mise en place pour être stocké sous forme de bobine. Une variante de fabrication consiste à réaliser l'enrobage des câbles par le mélange caoutchouteux simultanément ou plus exactement juste avant la mise en place desdits câbles.

[0032] Les résultats obtenus en termes d'endurance et d'usure lors de roulages prolongés sur routes à grande vitesse sont satisfaisants. Toutefois, il apparaît que les mêmes véhicules sont amenés à emprunter des routes ou des pistes non bitumés, par exemple pour arriver jusqu'à un chantier ou rejoindre une zone de déchargement. Les roulages sur ces zones se font à faibles vitesses par contre les pneumatiques, notamment leurs bandes de roulements, sont soumis à des agressions du fait par exemple de la présence de cailloux qui pénalisent lourdement les performances en termes d'usure des pneumatiques.

[0033] Un but de l'invention est de fournir des pneumatiques pour véhicules "Poids-Lourds", dont les performances d'endurance et d'usure sont conservées pour des usages routiers et dont les performances d'usure sont améliorées pour des usages sur sol non bitumé.

[0034] Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45° , elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, l'armature de sommet comportant au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels, la couche d'éléments de

- 8 -

renforcement circonférentiels étant constituée d'au moins une partie centrale et deux parties axialement extérieures, et le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale par le mélange caoutchouteux les enrobant étant inférieur au taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures par le mélange caoutchouteux les enrobant.

[0035] Le taux de pénétration d'éléments de renforcement par un mélange caoutchouteux selon l'invention se traduit par le taux de pénétration d'un mélange caoutchouteux dans les zones libres d'un câble, c'est-à-dire les zones ne comportant pas de matière ; il est exprimé en pourcentage desdites zones libres occupées par un mélange caoutchouteux après cuisson et déterminée par un test de perméabilité à l'air.

[0036] Ce test de perméabilité à l'air permet de mesurer un indice relatif de perméabilité à l'air. Il constitue un moyen simple de mesure indirecte du taux de pénétration du câble par un mélange caoutchouteux. Il est réalisé sur des câbles extraits directement, par décorticage, des nappes de caoutchouc vulcanisées qu'ils renforcent, donc pénétrés par le mélange caoutchouteux cuit.

[0037] Le test est réalisé sur une longueur de câble déterminée (par exemple 2 cm) de la manière suivante : on envoie de l'air à l'entrée du câble, sous une pression donnée (par exemple 1 bar), et on mesure la quantité d'air à la sortie, à l'aide d'un débitmètre ; pendant la mesure l'échantillon de câble est bloqué dans un joint étanche de telle manière que seule la quantité d'air traversant le câble d'une extrémité à l'autre, selon son axe longitudinal, est prise en compte par la mesure. Le débit mesuré est d'autant plus faible que le taux de pénétration du câble par le mélange caoutchouteux est élevé.

[0038] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale par le mélange caoutchouteux les enrobant est inférieur d'au moins 30% au taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures par le mélange caoutchouteux les enrobant.

- 9 -

[0039] De préférence, le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures par le mélange caoutchouteux les enrobant est supérieur à 90 % .

[0040] De préférence encore, le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale par le mélange caoutchouteux les enrobant est inférieur à 60 %.

[0041] Pour la réalisation d'une telle couche d'éléments de renforcement circonférentiels, il est possible d'utiliser des câbles différents initialement enrobés ou bien des câbles enrobés lors de leur mise en place. Selon cette dernière variante de réalisation, il peut s'agir d'un seul câble dont on fait varier le mélange caoutchouteux d'enrobage ou bien d'un changement complet du dispositif de pose des câbles conduisant à la pose de différents câbles comportant des mélanges caoutchouteux d'enrobage différents.

[0042] Pour obtenir des pénétrations différentes du mélange caoutchouteux dans les différentes parties de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels, les inventeurs proposent par exemple de limiter la pénétration d'un mélange caoutchouteux donné en provoquant une vulcanisation ou tout au moins un début de vulcanisation du mélange caoutchouteux avant la mise en place de l'élément de renforcement. Cette vulcanisation ou début de vulcanisation peut être obtenue en élevant rapidement la température du mélange caoutchouteux pendant un temps court. Cette étape d'élévation de la température est par exemple réalisée immédiatement après enrobage du câble par le mélange caoutchouteux. Lorsqu'un câble enrobé a subi un tel traitement la pénétration du mélange caoutchouteux au sein du câble lors de la cuisson du pneumatique est fortement limitée voire inexistante.

[0043] Le pneumatique ainsi défini selon l'invention conserve des propriétés satisfaisantes en roulage à grandes vitesses sur routes et présente en outre des performances en termes de résistance à l'usure et plus précisément en termes de résistances aux agressions nettement améliorés par rapport à des pneumatiques connus.

[0044] Les inventeurs ont en effet su mettre en évidence que les agressions qui interviennent sur des terrains non bituminés concernent essentiellement la partie centrale de la bande de roulement du pneumatique, celle-ci étant semble-t-il toujours la plus exposée.

- 10 -

[0045] Le pneumatique tel que défini selon l'invention conduit à un assouplissement selon la direction radiale de la partie axialement centrale du pneumatique du fait notamment de la moindre rigidité des éléments de renforcements circonférentiels de cette zone centrale du pneumatique liée à la pénétration des mélanges caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels dans les différentes parties axiales. Cet assouplissement conduit, au vu des résultats obtenus, à une absorption des agressions de la bande de roulement de la part des obstacles tels que des cailloux présent sur les sols sur lesquels circulent le véhicule.

[0046] La rigidité des éléments de renforcement de la partie centrale reste suffisante afin d'assurer un freinage satisfaisant du pneumatique au niveau de cette partie centrale pour supporter les contraintes imposées notamment lors du gonflage ou des roulages à grandes vitesses et limiter l'expansion circonférentielle de l'armature de sommet.

[0047] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le module d'élasticité du mélange caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale est inférieur au module du mélange caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures.

[0048] Cette variante de réalisation de l'invention combine des modules d'élasticité des mélanges caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels à des pénétrations différentes des mélanges caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels dans les différentes parties axiales. Le module inférieur du mélange caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale associé à une pénétration inférieure dudit mélange caoutchouteux accentue encore la moindre rigidité des éléments de renforcements circonférentiels de la partie centrale par rapport à celle des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures.

[0049] Selon une variante avantageuse de réalisation de l'invention, la couche d'éléments de renforcement circonférentiels présente une largeur axiale supérieure à $0.5 \times S$.

[0050] S est la largeur maximale axiale du pneumatique, lorsque ce dernier est monté sur sa jante de service et gonflé à sa pression recommandée.

- 11 -

[0051] Les largeurs axiales des couches d'éléments de renforcement sont mesurées sur une coupe transversale d'un pneumatique, le pneumatique étant donc dans un état non gonflé.

[0052] Selon une variante de réalisation préférée de l'invention, la largeur axiale de la partie centrale de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est supérieure à $0.15 \times S$ et inférieure à $0.5 \times S$.

[0053] Avantageusement encore selon l'invention, la largeur axiale de chacune des parties axialement extérieures de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est inférieure à $0.45 \times S$.

[0054] L'invention prévoit encore avantageusement qu'au moins une couche constituant l'architecture sommet est présente radialement sous le « rib », ou sculpture d'orientation principale longitudinale, axialement le plus à l'extérieur. Cette réalisation permet comme énoncé précédemment de renforcer la rigidité de ladite sculpture. Avantageusement encore, la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est présente radialement sous le « rib », ou sculpture d'orientation principale longitudinale, axialement le plus à l'extérieur.

[0055] Selon une réalisation préférée de l'invention, au moins deux couches de sommet de travail présentent des largeurs axiales différentes, la différence entre la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la plus large et la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la moins large étant comprise entre 10 et 30 mm.

[0056] De préférence encore, la couche de sommet de travail axialement la plus large est radialement à l'intérieur des autres couches de sommet de travail.

[0057] Selon un mode de réalisation préférée de l'invention, la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est radialement disposée entre deux couches de sommet de travail.

[0058] Avantageusement encore selon l'invention, les largeurs axiales des couches de sommet de travail radialement adjacentes à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont supérieures à la largeur axiale de ladite couche d'éléments de

- 12 -

renforcement circonférentiels et de préférence, lesdites couches de sommet de travail adjacentes à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont de part et d'autre du plan équatorial et dans le prolongement axial immédiat de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels couplées sur une largeur axiale, pour être ensuite découplées par des profilés de mélange de caoutchouc au moins sur le restant de la largeur commune aux dites deux couches de travail.

[0059] Au sens de l'invention des couches couplées sont des couches dont les éléments de renforcement respectifs sont séparés radialement d'au plus 1,5 mm, ladite épaisseur de caoutchouc étant mesurée radialement entre les génératrices respectivement supérieure et inférieure desdits éléments de renforcement.

[0060] La présence de tels couplages entre les couches de sommet de travail adjacentes à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels permettent la diminution des contraintes de tension agissant sur les éléments circonférentiels axialement le plus à l'extérieur et situé le plus près du couplage.

[0061] L'épaisseur des profilés de découplage entre nappes de travail, mesurée au droit des extrémités de la nappe de travail la moins large, sera au moins égale à deux millimètres, et préférentiellement supérieure à 2,5 mm.

[0062] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 10 et 120 GPa et un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

[0063] Selon une réalisation préférée, le module sécant des éléments de renforcement à 0,7 % d'allongement est inférieur à 100 GPa et supérieur à 20 GPa, de préférence compris entre 30 et 90 GPa et de préférence encore inférieur à 80 GPa.

[0064] De préférence également, le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 130 GPa et de préférence encore inférieur à 120 GPa.

[0065] Les modules exprimés ci-dessus sont mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 20 MPa

- 13 -

ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement.

[0066] Les modules des mêmes éléments de renforcement peuvent être mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 10 MPa ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section globale de l'élément de renforcement. La section globale de l'élément de renforcement est la section d'un élément composite constitué de métal et de caoutchouc, ce dernier ayant notamment pénétré l'élément de renforcement pendant la phase de cuisson du pneumatique.

[0067] Selon cette formulation relative à la section globale de l'élément de renforcement, les éléments de renforcement des parties axialement extérieures et de la partie centrale d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 5 et 60 GPa et un module tangent maximum inférieur à 75 GPa.

[0068] Selon une réalisation préférée, le module sécant des éléments de renforcement à 0,7 % d'allongement est inférieur à 50 GPa et supérieur à 10 GPa, de préférence compris entre 15 et 45 GPa et de préférence encore inférieure à 40 GPa.

[0069] De préférence également, le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 65 GPa et de préférence encore inférieur à 60 GPa.

[0070] Selon un mode de réalisation préféré, les éléments de renforcements d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement relatif ayant des faibles pentes pour les faibles allongements et une pente sensiblement constante et forte pour les allongements supérieurs. De tels éléments de renforcement de la nappe additionnelle sont habituellement dénommés éléments "bi-module".

[0071] Selon une réalisation préférée de l'invention, la pente sensiblement constante et forte apparaît à partir d'un allongement relatif compris entre 0,1% et 0,5%.

[0072] Les différentes caractéristiques des éléments de renforcement énoncées ci-dessus sont mesurées sur des éléments de renforcement prélevés sur des pneumatiques.

[0073] Des éléments de renforcement plus particulièrement adaptés à la réalisation d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels selon l'invention sont par exemple des assemblages de formule 21.23, dont la construction est $3 \times (0.26 + 6 \times 0.23)$ 4.4/6.6 SS ; ce câble à torons est constitué de 21 fils élémentaires de formule $3 \times (1+6)$, avec 3 torons tordus ensembles chacun constitué de 7 fils, un fil formant une âme centrale de diamètre égal à 26/100 mm et 6 fils enroulés de diamètre égal à 23/100 mm. Un tel câble présente un module sécant à 0,7% égal à 45 GPa et un module tangent maximum égal à 98 GPa, mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 20 MPa ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement. Sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 10 MPa ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, ce câble de formule 21.23 présente un module sécant à 0,7% égal à 23 GPa et un module tangent maximum égal à 49 GPa.

[0074] De la même façon, un autre exemple d'éléments de renforcement est un assemblage de formule 21.28, dont la construction est $3 \times (0.32 + 6 \times 0.28)$ 6.2/9.3 SS. Ce câble présente un module sécant à 0,7% égal à 56 GPa et un module tangent maximum égal à 102 GPa, mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 20 MPa ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement. Sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 10 MPa ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, ce câble de formule 21.28 présente un module sécant à 0,7% égal à 27 GPa et un module tangent maximum égal à 49 GPa.

- 15 -

[0075] L'utilisation de tels éléments de renforcement dans au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels permet notamment de conserver des rigidités de la couche satisfaisante y compris après les étapes de conformation et de cuisson dans des procédés de fabrication usuels.

[0076] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels peuvent être formés d'éléments métalliques inextensibles et coupés de manière à former des tronçons de longueur très inférieure à la circonférence de la couche la moins longue, mais préférentiellement supérieure à 0,1 fois ladite circonférence, les coupures entre tronçons étant axialement décalées les unes par rapport aux autres. De préférence encore, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche additionnelle est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible. Un tel mode de réalisation permet de conférer, de manière simple, à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels un module pouvant facilement être ajusté (par le choix des intervalles entre tronçons d'une même rangée), mais dans tous les cas plus faible que le module de la couche constituée des mêmes éléments métalliques mais continus, le module de la couche additionnelle étant mesuré sur une couche vulcanisée d'éléments coupés, prélevée sur le pneumatique.

[0077] Selon un troisième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments métalliques ondulés, le rapport a/λ de l'amplitude d'ondulation sur la longueur d'onde étant au plus égale à 0,09. De préférence, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche additionnelle est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible

[0078] Les éléments métalliques sont préférentiellement des câbles d'acier.

[0079] L'invention prévoit encore avantageusement pour diminuer les contraintes de tension agissant sur les éléments circonférentiels axialement le plus à l'extérieur que l'angle formé avec la direction circonférentielle par les éléments de renforcement des couches de sommet de travail est inférieur à 30° et de préférence inférieur à 25°.

- 16 -

[0080] Selon une autre variante avantageuse de l'invention, les couches de sommet de travail comportent des éléments de renforcement, croisés d'une nappe à l'autre, faisant avec la direction circonférentielle des angles variables selon la direction axiale, lesdits angles étant supérieurs sur les bords axialement extérieurs des couches d'éléments de renforcement par rapport aux angles desdits éléments mesurés au niveau du plan médian circonférentiel. Une telle réalisation de l'invention permet d'augmenter la rigidité circonférentielle dans certaines zones et au contraire de la diminuer dans d'autres, notamment pour diminuer les mises en compression de l'armature de carcasce.

[0081] Une réalisation préférée de l'invention prévoit encore que l'armature de sommet est complétée radialement à l'extérieur par au moins une couche supplémentaire, dite de protection, d'éléments de renforcement dits élastiques, orientés par rapport à la direction circonférentielle avec un angle compris entre 10° et 45° et de même sens que l'angle formé par les éléments inextensibles de la couche de travail qui lui est radialement adjacente.

[0082] La couche de protection peut avoir une largeur axiale inférieure à la largeur axiale de la couche de travail la moins large. Ladite couche de protection peut aussi avoir une largeur axiale supérieure à la largeur axiale de la couche de travail la moins large, telle qu'elle recouvre les bords de la couche de travail la moins large et, dans le cas de la couche radialement supérieure comme étant le moins large, telle qu'elle soit couplée, dans le prolongement axial de l'armature additionnelle, avec la couche de sommet de travail la plus large sur une largeur axiale, pour être ensuite, axialement à l'extérieur, découplée de ladite couche de travail la plus large par des profilés d'épaisseur au moins égale à 2 mm. La couche de protection formée d'éléments de renforcement élastiques peut, dans le cas cité ci-dessus, être d'une part éventuellement découplée des bords de ladite couche de travail la moins large par des profilés d'épaisseur sensiblement moindre que l'épaisseur des profilés séparant les bords des deux couches de travail, et avoir d'autre part une largeur axiale inférieure ou supérieure à la largeur axiale de la couche de sommet la plus large.

[0083] Selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention évoqué précédemment, l'armature de sommet peut encore être complétée, radialement à l'intérieur entre l'armature de carcasce et la couche de travail radialement intérieure la plus proche de

- 17 -

ladite armature de carcasse, par une couche de triangulation d'éléments de renforcement inextensibles métalliques en acier faisant, avec la direction circonférentielle, un angle supérieur à 60° et de même sens que celui de l'angle formé par les éléments de renforcement de la couche radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

[0084] D'autres détails et caractéristiques avantageux de l'invention ressortiront ci-après de la description des exemples de réalisation de l'invention en référence aux figures 1 à 4 qui représentent :

- figure 1, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un mode de réalisation de l'invention,
- figure 2, un diagramme illustrant des courbes de forces de traction en fonction de l'allongement de différents câbles,
- figure 3, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- figure 4, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0085] Les figures ne sont pas représentées à l'échelle pour en simplifier la compréhension. Les figures ne représentent 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.

[0086] Sur la figure 1, le pneumatique 1, de dimension 315/60 R 22.5, a un rapport de forme H/S égal à 0,60, H étant la hauteur du pneumatique 1 sur sa jante de montage et S sa largeur axiale maximale. Ledit pneumatique 1 comprend une armature de carcasse radiale 2 ancrée dans deux bourrelets, non représentés sur la figure. 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 inextensibles 11.35 non frettés, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 18° ,

- 18 -

- d'une couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42 formée de câbles métalliques en acier 21x28, de type "bi-module", constituée de trois parties dont deux parties axialement extérieures 421 et une partie centrale 422,
- d'une seconde couche de travail 43 formée de câbles métalliques inextensibles 11.35 non frettés, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à 26° et croisés aux câbles métalliques de la couche 41,
- d'une couche de protection 44 formées de câbles métalliques élastiques 18x23.

[0087] L'armature de sommet est elle-même coiffée d'une bande de roulement 6.

[0088] La largeur axiale maximale S du pneumatique est égale à 319 mm.

[0089] La largeur axiale L_{41} de la première couche de travail 41 est égale à 260 mm.

[0090] La largeur axiale L_{43} de la deuxième couche de travail 43 est égale à 245 mm.
La différence entre les largeurs L_{41} et L_{43} est égale à 15 mm.

[0091] Quant à la largeur axiale globale L_{42} de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42, elle est égale à 200 mm. Chacune des parties axialement extérieures 421 présentant une largeur axiale L_{421} égale à 50 mm et donc inférieure à 45% de S.

[0092] La largeur de la partie centrale L_{422} est égale à 100 mm.

[0093] La dernière nappe de sommet 44, dite de protection, a une largeur L_{44} égale à 180 mm.

[0094] Le mélange caoutchouteux enrobant les câbles métalliques en acier 21x28 de la couche 42 présente un module égal à 10 MPa. Le mélange caoutchouteux est le même dans la partie centrale 422 et dans les parties axialement extérieures 421.

[0095] Le taux de pénétration des éléments de renforcement de la partie centrale 422 est égal à 30 %.

[0096] Le taux de pénétration des éléments de renforcement des parties axialement extérieures 421 est égal à 95 %.

- 19 -

[0097] La figure 2 illustre des courbes présentant en ordonnée la force de traction, exprimée en Newton, et en abscisse l'allongement, exprimé en millimètre, pour le câble 21x28, de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42, nu et enrobé des différents mélanges.

[0098] Les mesures pour les câbles enrobés de mélange sont faites sur des câbles extraits du pneumatique et donc après cuisson de celui-ci, les mélanges ayant alors pénétrés les câbles.

[0099] La courbe 27 représente la courbe de la force de traction en fonction de l'allongement pour le câble 21x28 nu. La courbe 28 représente la courbe de la force de traction en fonction de l'allongement pour le câble 21x28 enrobé d'un mélange caoutchouteux et extrait de la partie centrale 422 de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42. La courbe 29 représente la courbe de la force de traction en fonction de l'allongement pour le câble 21x28 enrobé d'un mélange caoutchouteux et extrait de l'une des parties axialement extérieures 421 de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42.

[00100] Ces courbes montrent que la présence du mélange caoutchouteux enrobant le câble métallique contribue à augmenter la rigidité du câble, d'une part l'allongement structural du câble étant réduit et d'autre part, le module tangent maximum augmentant. En outre, ces courbes montrent également que la réduction de l'allongement structural et l'augmentation du module tangent maximum d'un câble donné augmentent avec le taux de pénétration du mélange caoutchouteux d'enrobage dudit câble.

[00101] Sur la figure 3, le pneumatique 1 diffère de celui représenté sur la figure 1 en ce que les deux couches de travail 41 et 43 sont, de chaque côté du plan équatorial et axialement dans le prolongement de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels 42, couplées sur une largeur axiale l : les câbles de la première couche de travail 41 et les câbles de la deuxième couche de travail 43, sur la largeur axiale de couplage l des deux couches, sont séparés radialement entre eux par une couche de gomme, dont l'épaisseur est minimale et correspond au double de l'épaisseur de la couche caoutchouteuse de calandrage des câbles métalliques 11.35 non frettés dont est formée chaque couche de travail 41, 43, soit 0,8 mm. Sur la largeur restante commune aux deux couches de travail,

- 20 -

les deux couches de travail 41, 43 sont séparés par un profilé de caoutchouc, non représenté sur la figure, l'épaisseur dudit profilé étant croissante en allant de l'extrémité axiale de la zone de couplage à l'extrémité de la couche de travail la moins large. Ledit profilé a avantageusement une largeur suffisante pour recouvrir radialement l'extrémité de la couche de travail 41 la plus large, qui est, dans ce cas la couche de travail radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

[00102] Sur la figure 4, le pneumatique 1 diffère de celui représenté sur la figure 1 en ce qu'il comporte une couche d'éléments de renforcement complémentaire 45, dite de triangulation, de largeur sensiblement égale à celle de la couche de travail 43. Les éléments de renforcement de cette couche 45 forment un angle d'environ 60° avec la direction circonférentielle et sont orientés dans le même sens que les éléments de renforcement de la couche de travail 41. Cette couche 45 permet notamment de contribuer à la reprise des efforts de compression transversale dont est l'objet l'ensemble des éléments de renforcement dans la zone du sommet du pneumatique.

[00103] Des essais ont été réalisés avec le pneumatique réalisé selon l'invention conformément à la représentation de la figure 1 et comparés avec un pneumatique de référence identique mais réalisé selon une configuration usuelle.

[00104] Ce pneumatique de référence comporte une couche d'éléments de renforcements circonférentiels constituée d'un même câble enrobé d'un mélange caoutchouteux dont le taux de pénétration est le même sur toute sa longueur.

[00105] Des premiers essais d'endurance ont été réalisés en équipant des véhicules identiques avec chacun des pneumatiques et en faisant suivre des parcours en ligne droite à chacun des véhicules, les pneumatiques étant soumis à des charges supérieures à la charge nominale pour accélérer ce type de test.

[00106] Les véhicules sont associés à une charge par pneumatique de 4000 Kg.

[00107] D'autres essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de tests imposant une charge aux pneumatiques et un angle de dérive. Les essais ont été réalisés pour les pneumatiques selon l'invention avec une charge et un angle de dérive identiques à ceux appliqués aux pneumatiques de référence.

- 21 -

[00108] 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. Il apparaît donc que les pneumatiques selon l'invention présentent des performances sensiblement équivalentes en termes d'endurance que les pneumatiques de référence.

[00109] Enfin d'autres essais de roulage ont été effectués sur des sols non bitumés présentant des reliefs simulant la présence de cailloux particulièrement agressifs pour les bandes de roulement des pneumatiques.

[00110] Ces derniers essais ont montré qu'après des distances parcourues identiques les pneumatiques selon l'invention présentent des altérations moins sévères que celles des pneumatiques de référence qui sont jugées rédhibitoires quant à l'utilisation ultérieure des pneumatiques de référence.

[00111] L'invention telle qu'elle vient d'être décrite notamment en référence aux exemples de réalisation ne doit pas être comprise comme étant limitée à ces exemples. Bien que restant dans le champ d'application de l'invention, la couche d'éléments de renforcement circonférentiels peut par exemple être constituée de plus de trois parties pour présenter une variation graduelle du taux de pénétration du mélange caoutchouteux dans le câble et donc une variation graduelle des modules d'élasticités des éléments de renforcement circonférentiels depuis le sommet du pneumatiques vers les extrémités axialement extérieures de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

REVENDICATIONS

1 – Pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une couche à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45°, elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, l'armature de sommet comportant au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels **caractérisé en ce que** la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est constituée d'au moins une partie centrale et deux parties axialement extérieures, et **en ce que** le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale par le mélange caoutchouteux les enrobant est inférieur au taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures par le mélange caoutchouteux les enrobant.

2 - Pneumatique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale par le mélange caoutchouteux les enrobant est inférieur d'au moins 30% au taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures par le mélange caoutchouteux les enrobant.

3 - Pneumatique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures par le mélange caoutchouteux les enrobant est supérieur à 90 %.

4 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le taux de pénétration des éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale par le mélange caoutchouteux les enrobant est inférieur à 60 %.

5 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le module d'élasticité du mélange caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels de la partie centrale est inférieur au module du mélange caoutchouteux enrobant les éléments de renforcement circonférentiels des parties axialement extérieures.

- 23 -

6 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la largeur axiale de la partie centrale de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est supérieure à $0.15 \times S$ et inférieure à $0.5 \times S$.

7 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la largeur axiale de chacune des parties axialement extérieures de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est inférieure à $0.45 \times S$.

8 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche d'éléments de renforcement circonférentiels est radialement disposée entre deux couches de sommet de travail.

9 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, au moins deux couches de sommet de travail présentant des largeurs axiales différentes, **caractérisé en ce que** la différence entre la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la plus large et la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la moins large est comprise entre 10 et 30 mm.

10 - Pneumatique selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la couche de sommet de travail axialement la plus large est radialement à l'intérieur des autres couches de sommet de travail.

11 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les largeurs axiales des couches de sommet de travail radialement adjacentes à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont supérieures à la largeur axiale de ladite couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

12 - Pneumatique selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** les couches de sommet de travail adjacentes à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont de part et d'autre du plan équatorial et dans le prolongement axial immédiat de la couche d'éléments de renforcement circonférentiels couplées sur une largeur axiale, pour être ensuite découplées par des profilés de mélange de caoutchouc au moins sur le restant de la largeur commune aux dites deux couches de travail.

- 24 -

13 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 10 et 120 GPa et un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

14 – Pneumatique selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le module sécant des éléments de renforcement à 0,7% d'allongement est inférieur à 100 GPa, de préférence supérieur à 20 GPa et de préférence encore compris entre 30 et 90 GPa.

15 – Pneumatique selon l'une des revendications 13 ou 14, **caractérisé en ce que** le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 130 GPa et de préférence inférieur à 120 GPa.

16 – Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement relatif ayant des faibles pentes pour les faibles allongements et une pente sensiblement constante et forte pour les allongements supérieurs.

17 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques coupés de manière à former des tronçons de longueur inférieure à la circonférence de la nappe la moins longue, mais supérieure à 0,1 fois ladite circonférence, les coupures entre tronçons étant axialement décalées les unes par rapport aux autres, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche additionnelle étant de préférence inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible.

18 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques ondulés, le rapport a/λ de l'amplitude d'ondulation a sur la longueur d'onde λ étant au plus égale à 0,09, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche additionnelle étant de préférence inférieur au module d'élasticité à la

- 25 -

traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible.

19 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle formé avec la direction circonférentielle par les éléments de renforcement des couches de sommet de travail est inférieur à 30° et de préférence inférieur à 25°.

20 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les couches de sommet de travail comportent des éléments de renforcement, croisés d'une nappe à l'autre, faisant avec la direction circonférentielle des angles variables selon la direction axiale.

21 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet est complétée radialement à l'extérieur par au moins une nappe supplémentaire, dite de protection, d'éléments de renforcement dits élastiques, orientés par rapport à la direction circonférentielle avec un angle compris entre 10° et 45° et de même sens que l'angle formé par les éléments inextensibles de la nappe de travail qui lui est radialement adjacente.

22 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'armature de sommet comporte en outre une couche de triangulation formée d'éléments de renforcement métalliques faisant avec la direction circonférentielle des angles supérieurs à 60°.

1/4

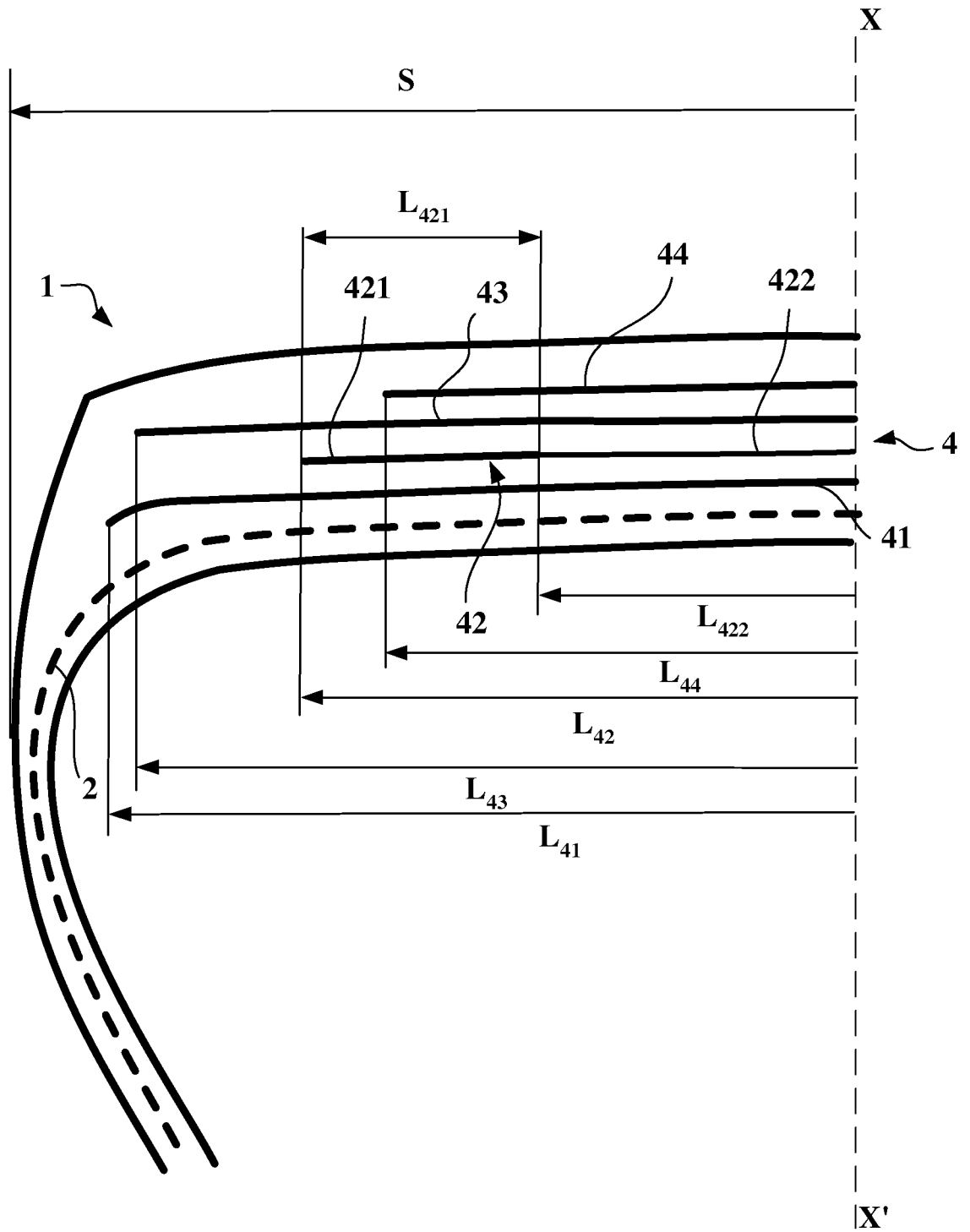


FIG. 1

2/4

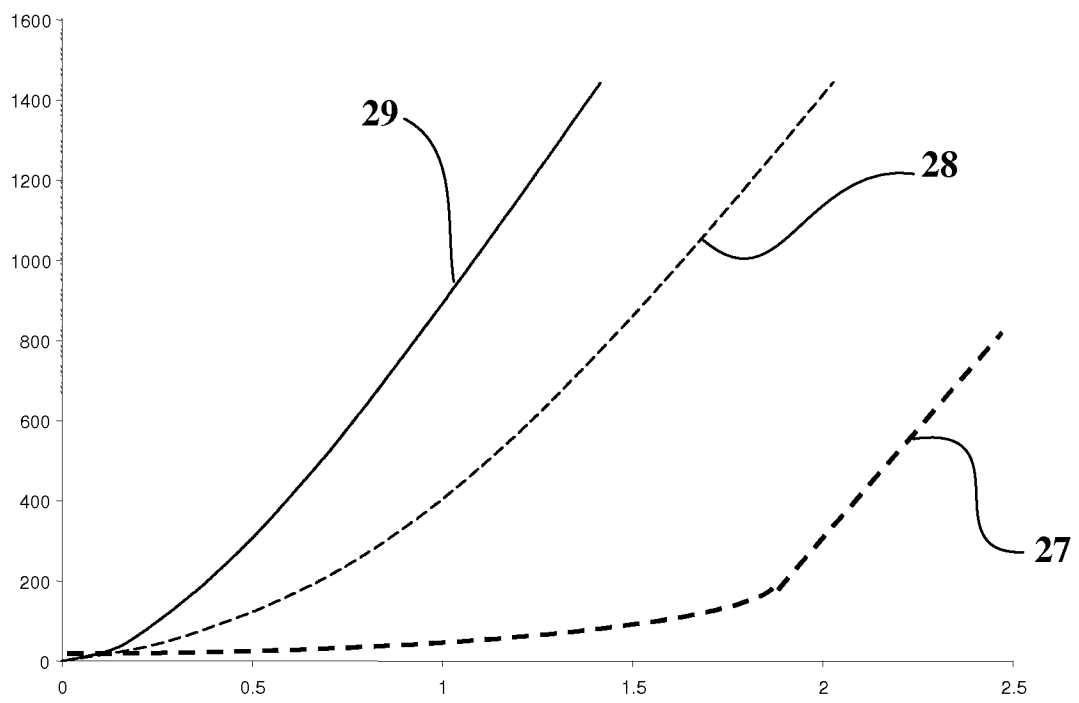


FIG. 2

3/4

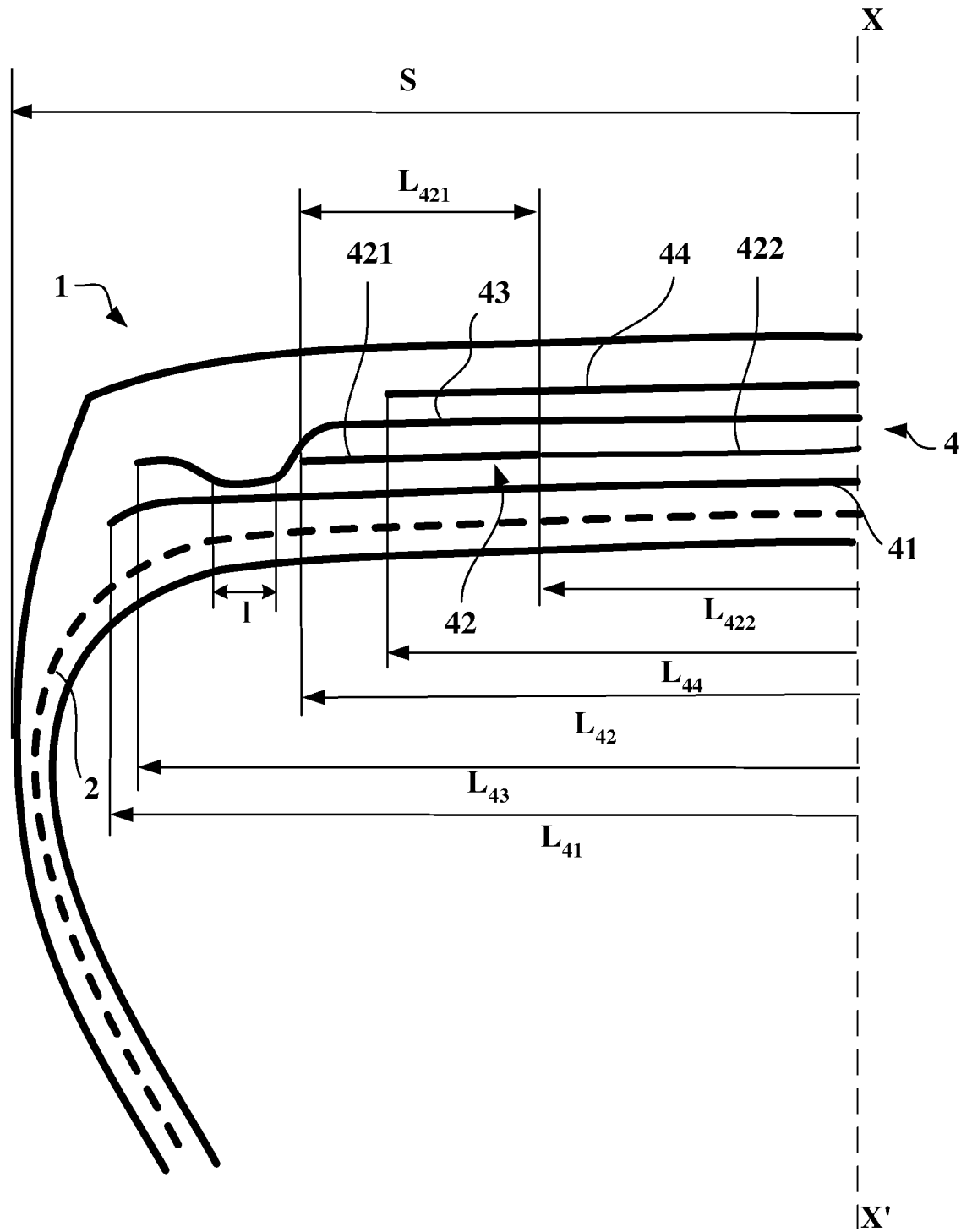


FIG. 3

4/4

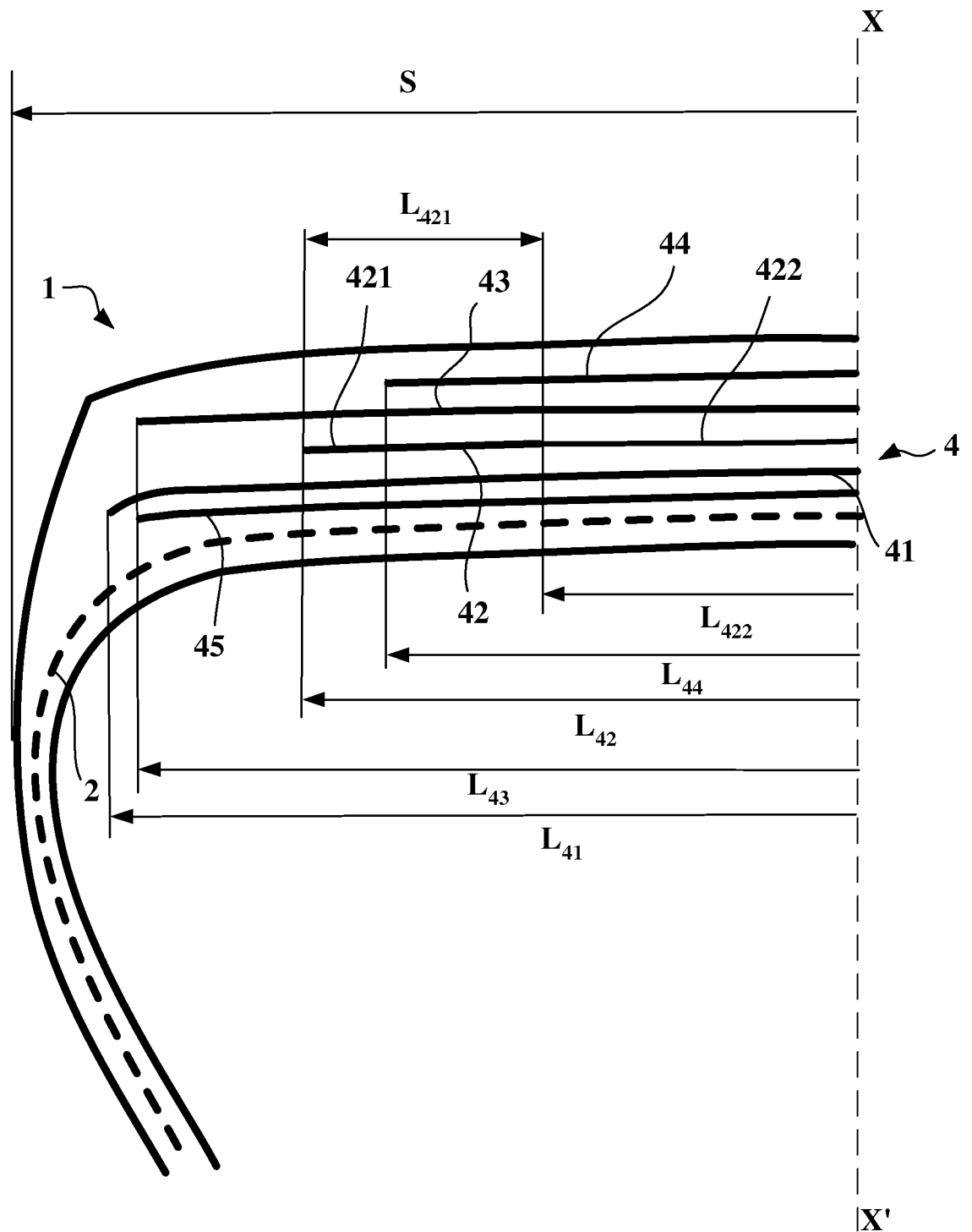


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/055849

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60C9/22

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

B. FIELDS SEARCHEDMinimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60C

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99/24269 A (MICHELIN & CIE [FR]; CLUZEL GUY [FR]) 20 May 1999 (1999-05-20) cited in the application page 8, line 15 - page 12, line 32; figures 1,2	1-22
A	WO 00/69659 A (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; CLUZEL GUY [FR]) 23 November 2000 (2000-11-23) page 9, line 1 - page 11, line 12; figure 1	1-22
A	EP 1 122 098 A (BRIDGESTONE CORP [JP]) 8 August 2001 (2001-08-08) page 3, paragraph 17 - page 6, paragraph 50; figures 1-8	1-22
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 juin 2008

Date of mailing of the international search report

04/07/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lendfers, Paul

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/055849

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 222 232 A (UNIROYAL AG [DE]) 18 October 1974 (1974-10-18) cited in the application page 4, line 19 - page 10, line 23; figures 1,2 -----	1-22
A	FR 2 728 510 A (MICHELIN & CIE [FR]) 28 June 1996 (1996-06-28) cited in the application page 4, line 3 - page 6, line 2; figures 1,2 -----	1-22
A	FR 2 857 619 A (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 21 January 2005 (2005-01-21) page 7, line 9 - page 8, line 10; figure 1 -----	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/055849

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9924269	A	20-05-1999	BR 9813963 A	26-09-2000
			CA 2308037 A1	20-05-1999
			CN 1278215 A	27-12-2000
			DE 69803599 D1	14-03-2002
			DE 69803599 T2	19-09-2002
			EP 1028858 A1	23-08-2000
			ES 2172236 T3	16-09-2002
			FR 2770458 A1	07-05-1999
			JP 2001522748 T	20-11-2001
			RU 2205107 C2	27-05-2003
			US 6401778 B1	11-06-2002
WO 0069659	A	23-11-2000	BR 9917531 A	19-10-2004
			CA 2370909 A1	23-11-2000
			CN 1350495 A	22-05-2002
			EP 1189769 A1	27-03-2002
			HU 0201169 A2	28-08-2002
			JP 2002544044 T	24-12-2002
			US 2002033213 A1	21-03-2002
EP 1122098	A	08-08-2001	DE 60118639 T2	14-12-2006
			ES 2261344 T3	16-11-2006
			JP 2001213116 A	07-08-2001
			US 2001017179 A1	30-08-2001
FR 2222232	A	18-10-1974	AU 6661874 A	18-09-1975
			BE 812486 A1	19-09-1974
			CA 992444 A1	06-07-1976
			DE 2313586 A1	26-09-1974
			GB 1462656 A	26-01-1977
			IT 1011606 B	10-02-1977
FR 2728510	A	28-06-1996	AT 172914 T	15-11-1998
			AU 692027 B2	28-05-1998
			AU 4304096 A	19-07-1996
			BR 9510437 A	07-07-1998
			CA 2208561 A1	04-07-1996
			DE 69505844 D1	10-12-1998
			DE 69505844 T2	08-04-1999
			WO 9620095 A1	04-07-1996
			EP 0799140 A1	08-10-1997
			ES 2126334 T3	16-03-1999
			JP 11502166 T	23-02-1999
			JP 3764481 B2	05-04-2006
			US 5738740 A	14-04-1998
FR 2857619	A	21-01-2005	AT 378194 T	15-11-2007
			CN 1826236 A	30-08-2006
			EP 1648716 A1	26-04-2006
			WO 2005016665 A1	24-02-2005
			JP 2006528104 T	14-12-2006
			US 2007256772 A1	08-11-2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/055849

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B60C9/22

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B60C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 99/24269 A (MICHELIN & CIE [FR]; CLUZEL GUY [FR]) 20 mai 1999 (1999-05-20) cité dans la demande page 8, ligne 15 - page 12, ligne 32; figures 1,2	1-22
A	WO 00/69659 A (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; CLUZEL GUY [FR]) 23 novembre 2000 (2000-11-23) page 9, ligne 1 - page 11, ligne 12; figure 1	1-22
A	EP 1 122 098 A (BRIDGESTONE CORP [JP]) 8 août 2001 (2001-08-08) page 3, alinéa 17 - page 6, alinéa 50; figures 1-8	1-22
	----- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

S document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

25 juin 2008

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/07/2008

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

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lendfers, Paul

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/055849

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 222 232 A (UNIROYAL AG [DE]) 18 octobre 1974 (1974-10-18) cité dans la demande page 4, ligne 19 - page 10, ligne 23; figures 1,2 -----	1-22
A	FR 2 728 510 A (MICHELIN & CIE [FR]) 28 juin 1996 (1996-06-28) cité dans la demande page 4, ligne 3 - page 6, ligne 2; figures 1,2 -----	1-22
A	FR 2 857 619 A (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 21 janvier 2005 (2005-01-21) page 7, ligne 9 - page 8, ligne 10; figure 1 -----	1-22

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/055849

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9924269	A	20-05-1999	BR 9813963 A CA 2308037 A1 CN 1278215 A DE 69803599 D1 DE 69803599 T2 EP 1028858 A1 ES 2172236 T3 FR 2770458 A1 JP 2001522748 T RU 2205107 C2 US 6401778 B1	26-09-2000 20-05-1999 27-12-2000 14-03-2002 19-09-2002 23-08-2000 16-09-2002 07-05-1999 20-11-2001 27-05-2003 11-06-2002
WO 0069659	A	23-11-2000	BR 9917531 A CA 2370909 A1 CN 1350495 A EP 1189769 A1 HU 0201169 A2 JP 2002544044 T US 2002033213 A1	19-10-2004 23-11-2000 22-05-2002 27-03-2002 28-08-2002 24-12-2002 21-03-2002
EP 1122098	A	08-08-2001	DE 60118639 T2 ES 2261344 T3 JP 2001213116 A US 2001017179 A1	14-12-2006 16-11-2006 07-08-2001 30-08-2001
FR 2222232	A	18-10-1974	AU 6661874 A BE 812486 A1 CA 992444 A1 DE 2313586 A1 GB 1462656 A IT 1011606 B	18-09-1975 19-09-1974 06-07-1976 26-09-1974 26-01-1977 10-02-1977
FR 2728510	A	28-06-1996	AT 172914 T AU 692027 B2 AU 4304096 A BR 9510437 A CA 2208561 A1 DE 69505844 D1 DE 69505844 T2 WO 9620095 A1 EP 0799140 A1 ES 2126334 T3 JP 11502166 T JP 3764481 B2 US 5738740 A	15-11-1998 28-05-1998 19-07-1996 07-07-1998 04-07-1996 10-12-1998 08-04-1999 04-07-1996 08-10-1997 16-03-1999 23-02-1999 05-04-2006 14-04-1998
FR 2857619	A	21-01-2005	AT 378194 T CN 1826236 A EP 1648716 A1 WO 2005016665 A1 JP 2006528104 T US 2007256772 A1	15-11-2007 30-08-2006 26-04-2006 24-02-2005 14-12-2006 08-11-2007