

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **ELEMENT DE RENFORT HYBRIDE A TORSIONS DIFFERENCIEES.**

②② **Date de dépôt** : 31.03.15.

③③ **Priorité** :

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande** : 07.10.16 Bulletin 16/40.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention** : 02.03.18 Bulletin 18/09.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

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

⑦② **Inventeur(s)** : VALLET SOLENNE et GUILLAUMAIN
JEREMY.

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

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



[001] L'invention concerne un élément de renfort, un pneumatique, un produit semi-fini ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel élément de renfort.

[002] Les éléments de renfort textiles, fabriqués à partir de monofilaments ou fibres textiles continues telles que des fibres en polyester, nylon, cellulose ou aramide, jouent un rôle important dans les pneumatiques, y compris dans les pneumatiques à haute performance homologués pour rouler à très haute vitesse. Pour répondre aux exigences des pneumatiques, les éléments de renforts doivent présenter une forte résistance à la rupture, un module en extension élevé, une excellente endurance en fatigue et enfin une bonne adhésion aux matrices de caoutchouc ou autres polymères qu'ils sont susceptibles de renforcer.

[003] On connaît de l'état de la technique des éléments de renfort constitués de deux brins multifilamentaires constitué chacun de monofilaments textiles élémentaires. Les deux brins de monofilaments sont enroulés l'un autour de l'autre par retordage pour former un retors. Chaque brin comprenant les monofilaments textiles est généralement appelé filé ou surtors selon l'étape du procédé de fabrication.

[004] Le procédé de fabrication de ces éléments de renforts est également bien connu de l'état de la technique. Au cours d'une première étape, chaque filé de monofilaments textiles (en anglais « *yarn* ») est tout d'abord individuellement tordu sur lui-même (selon une torsion initiale $R1'$ et $R2'$ avec $R1'=R2'$) dans une direction donnée D' (respectivement sens S ou Z, selon une nomenclature reconnue désignant l'orientation des spires selon la barre transversale d'un S ou d'un Z), pour former un brin ou surtors (en anglais « *strand* ») dans lequel les monofilaments textiles se voient imposés une déformation en hélice autour de l'axe du brin. Puis, au cours d'une seconde étape, les deux brins, qu'ils comportent des monofilaments réalisés dans des matériau identiques ou différents (cas d'éléments de renforts dits hybrides ou composites), sont ensuite retordus ensemble selon une torsion finale $R3$ telle que $R3=R1'=R2'$ en direction $D3$ opposée à la direction D' (respectivement sens Z ou S), pour l'obtention de l'élément de renfort câblé (en anglais « *cord* »). Cet élément de renfort est dit équilibré en torsion car les deux brins présentent, dans l'élément de renfort final, la même torsion résiduelle car $R1'=R2'$. Cette torsion résiduelle est nulle ou sensiblement nulle car $R3=R1'=R2'$ et la direction D' est opposée à la direction $D3$.

[005] Le rôle du retordage est d'adapter les propriétés du matériau afin de créer la cohésion transversale de l'élément de renfort, d'accroître sa tenue en fatigue et aussi d'améliorer l'adhésion avec la matrice renforcée.

[006] De tels éléments de renforts, leurs constructions et procédés de fabrication sont bien connus de l'homme du métier. Ils ont été décrits en détail dans un grand nombre de documents, par exemple EP021485, EP220642, EP225391, EP335588, EP467585, US3419 060, US3977172, US4155394, US5558144, WO97/06294 ou
5 EP848767, ou plus récemment WO2012/104279, WO2012/146612, WO2014/057082.

[007] Pour pouvoir renforcer des pneumatiques ou des produits semi-finis comprenant ces éléments de renforts, l'endurance ou résistance à la fatigue (en extension, flexion, compression) et la force à rupture de ces éléments de renfort sont primordiales. On sait que de manière générale, pour un matériau donné, l'endurance
10 est d'autant plus élevée que les torsions employées sont importantes, mais qu'en contrepartie, la force à la rupture en extension (appelée ténacité lorsqu'elle est ramenée à l'unité de poids) diminue inexorablement lorsqu'augmente la torsion, ce qui bien entendu est pénalisant du point de vue du renforcement.

[008] Aussi, les concepteurs d'éléments de renfort, comme les fabricants de pneumatiques, sont en permanence à la recherche d'éléments de renfort dont les
15 propriétés mécaniques en endurance et en force à rupture, pour un matériau et une torsion donnés, pourraient être améliorées.

[009] A cet effet, l'invention a pour objet un élément de renfort comprenant un unique brin de monofilaments textiles à haut module et un unique brin de monofilaments textiles à bas module, enroulés l'un autour de l'autre selon une direction D3 avec une
20 torsion R3, le brin de monofilaments textiles à haut module présentant une torsion résiduelle R1 selon la direction D1, le brin de monofilaments textiles à bas module présentant une éventuelle torsion résiduelle R2 selon la direction D2, les torsions résiduelles R1 et R2 étant telles que :

- R1>R2 dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle
- R1 est sensiblement non nulle dans le cas où R2 est sensiblement nulle.

[010] L'élément de renfort selon l'invention présente une force à rupture équivalente et une endurance améliorée par rapport à celles d'un élément de renfort équilibré.

[011] Comme rappelée ci-dessus, dans les éléments de renfort de l'état de la technique, l'augmentation de la torsion R3 permet d'augmenter l'endurance mais au
30 détriment de la force à rupture. Au contraire, dans l'élément de renfort selon l'invention, la perte de force à rupture liée à l'augmentation de la torsion R3 est compensée par la torsion résiduelle R1 strictement supérieure à la torsion résiduelle R2 comme le démontre les résultats des essais comparatifs décrits ci-dessous.

[012] Par torsion résiduelle sensiblement nulle, on entend que la torsion résiduelle est strictement inférieure à 2,5% de la torsion R3. Par torsion résiduelle sensiblement non nulle, on entend que la torsion résiduelle est supérieure ou égale à 2,5% de la torsion R3.

5 **[013]** Par brin de monofilaments textiles à haut module, on entend un brin présentant un module dit final strictement supérieur à 25 cN/tex. Par opposition, par brin de monofilaments textiles à bas module, on entend un brin présentant un module dit final inférieur ou égal à 25 cN/tex. Cette définition s'applique aussi bien aux brins écrus, c'est-à-dire dépourvus de colle, qu'aux brins encollés, c'est-à-dire recouverts d'une
10 couche de colle. Dans le cas des brins encollés, cette définition s'applique indifféremment aussi bien aux brins issus directement de fabrication qu'aux brins issus d'éléments de renforts, qu'ils soient issus directement de fabrication ou extraits de produit semi-fini ou de pneumatique.

[014] Le module final est mesuré à partir d'une courbe force-allongement obtenue à
15 20°C de manière connue à l'aide d'une machine de traction « INSTRON » munie de pinces à embarrage du type « 4D » (pour force rupture inférieure à 100 daN) ou « 4E » (pour force rupture au moins égale à 100 daN). Le brin testé subit une traction sur une longueur initiale de 400 mm pour les pinces 4D et 800 mm pour les pinces 4E, à une vitesse nominale de 200 mm/min. Tous les résultats donnés sont une moyenne
20 de 10 mesures.

[015] Préalablement à la traction du brin mesuré, on applique une torsion préalable, dite « torsion de protection », égale à 100 tours par mètre à l'exception des brins en aramide et dont le titre est supérieur ou égal à 330 tex et pour lesquels la torsion préalable est égale à 80 tours par mètre.

25 **[016]** Dans le cas d'une courbe force-allongement présentant une allure générale sensiblement linéaire, le module final est défini comme la pente au point correspondant à 80% de la force à rupture de la courbe force-allongement divisé par le titre du brin. Dans le cas d'une courbe force-allongement présentant une allure générale non-sensiblement linéaire, par exemple comportant un ou plusieurs points
30 d'inflexions, le module final est défini comme la pente entre deux points A et B de la courbe force-allongement divisé par le titre du brin, le point A correspondant à 40% de la force à rupture du brin et le point B correspondant à 60% de la force à rupture du brin.

[017] Le titre (ou densité linéique) du brin est déterminé selon la norme ASTM D1423. Le titre est donné en tex (poids en grammes de 1000 m de produit - rappel: 0, 111 tex égal à 1 denier).

5 **[018]** Chaque brin de monofilaments textiles comprend une pluralité de monofilaments élémentaires textiles, éventuellement entremêlés les uns avec les autres. Chaque brin comprend entre 50 et 2000 monofilaments.

10 **[019]** Dans le cas d'un élément de renfort issu directement de fabrication ou extrait d'un produit semi-fini ou d'un pneumatique, chaque torsion résiduelle R1, R2 est déterminée en détordant l'élément de renfort, ce qui permet d'obtenir R3, puis en détordant chaque brin, ce qui permet d'obtenir R1 et R2. Chaque torsion R1, R2, R3 est déterminée conformément à la norme ASTM D 885/D 885MA de janvier 2010 (paragraphe 30), par exemple à l'aide d'un torsiomètre.

15 **[020]** Dans le mode de réalisation de l'invention dans lequel R2 est sensiblement nulle, l'invention permet d'améliorer significativement la force à rupture tout en maintenant une endurance équivalente à celle d'un élément de renfort équilibré présentant une torsion R3 identique à l'invention.

20 **[021]** Dans le mode de réalisation de l'invention dans lequel R2 est sensiblement non nulle, l'invention permet d'améliorer significativement l'endurance tout en maintenant une force à rupture équivalente à celle d'un élément de renfort équilibré présentant une torsion R3 inférieure à l'invention.

[022] Avantageusement, le module final du brin de monofilaments textiles à haut module est supérieur ou égal à 30 cN/tex, de préférence à 35 cN/tex et plus préférentiellement à 40 cN/tex.

25 **[023]** Avantageusement, le module final du brin de monofilaments textiles à bas module est inférieur ou égal à 20 cN/tex, de préférence à 15 cN/tex et plus préférentiellement à 10 cN/tex.

30 **[024]** Avantageusement, le rapport du module final du brin de monofilaments textiles à haut module sur le module final du brin de monofilaments textiles à bas module est supérieur ou égal à 2, de préférence à 5 et plus préférentiellement à 7. Dans les modes de réalisation avantageux de l'invention, ce rapport est inférieur ou égal à 15 et de préférence à 10.

35 **[025]** Dans la présente demande, on entend par textile ou matériau textile, de manière très générale, tout matériau en une matière autre que métallique, qu'elle soit naturelle comme synthétique, susceptible d'être transformée en fil, fibre ou film par tout procédé de transformation approprié. On peut citer par exemple, sans que les

exemples ci-après soient limitatifs, un procédé de filage de polymère tel que par exemple filage au fondu, filage en solution ou filage de gel.

[026] Bien que des matériaux en matière non polymérique (par exemple en matière minérale telle que du verre ou en matière organique non polymérique telle que carbone) soient compris dans la définition de matériau textile, l'invention est

préférentiellement mise en œuvre avec des matériaux en matière polymérique, tant du type thermoplastique que du type non thermoplastique.

[027] A titre d'exemples de matières polymériques, du type thermoplastiques ou non, on citera par exemple les celluloses, notamment la rayonne, les alcools polyvinyliques (en abrégé « PVA »), les polycétones, les aramides (polyamides aromatiques), les polyesters aromatiques, les polybenzazoles (en abrégé « PBO »), les polyimides, les polyesters, notamment ceux choisis parmi PET (polyéthylène téréphthalate), PEN (polyéthylène naphthalate), PBT (polybutylène téréphthalate), PBN (polybutylène naphthalate), PPT (polypropylène téréphthalate), PPN (polypropylène naphthalate).

[028] Dans un mode de réalisation, dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle, les directions D1 et D2 sont identiques.

[029] Avantageusement, les directions D1, D2 et D3 sont identiques dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle et les directions D1 et D3 sont identiques dans le cas où R2 est sensiblement nulle. On a ainsi un procédé de fabrication plus rapide et moins coûteux. En effet, on réduit les torsions R1' et R2' à appliquer à chaque brin au strict nécessaire. En effet, dans ce mode de réalisation, les torsions résiduelles R1 et R2 proviennent de la consommation totale des torsions R1' et R2' par la torsion finale R3 contrairement à un procédé dans lequel les torsions R1' et R2' seraient supérieures (ou égale) à R3 et dans lequel les torsions résiduelles R1 et R2 proviendraient du surplus de torsions R1' et R2'.

[030] Dans un mode de réalisation préféré, les monofilaments textiles à haut module sont en polyamide aromatique, de préférence en aramide.

[031] Par monofilament en aramide, on rappelle de manière bien connue qu'il s'agit d'un monofilament de macromolécules linéaires formées de groupes aromatiques liés entre eux par des liaisons amides dont au moins 85 % sont directement liées à deux noyaux aromatiques, et plus particulièrement de fibres en poly(p-phénylène téréphthalamide) (ou PPTA), fabriquées depuis fort longtemps à partir de compositions de filage optiquement anisotropes.

[032] Dans un mode de réalisation préféré, les monofilaments à bas module sont en un matériau sélectionné parmi les celluloses, les alcools polyvinyliques, les

polycétones, les polyamides aliphatiques, les polyesters, les polybenzazoles, les polyimides et les mélanges de monofilaments de ces matériaux, de préférence sélectionné parmi les polyamides aliphatiques, les polyesters et les mélanges de monofilaments de ces matériaux.

5 **[033]** Par monofilament en polyester, on rappelle de manière bien connue qu'il s'agit d'un monofilament de macromolécules linéaires formées de groupes liés entre eux par des liaisons esters. Les polyesters sont fabriqués par polycondensation par estérification entre un diacide carboxylique, ou de l'un de ses dérivés, et un diol. Par exemple, le polyéthylène téréphtalate peut être fabriqué par polycondensation de
10 l'acide téréphtalique et de l'éthylène glycol.

[034] Par monofilament en nylon, on rappelle de manière bien connue qu'il s'agit d'un monofilament de macromolécules obtenue à partir d'une chaîne synthétique polyamide dans laquelle les liaisons amides sont liées directement à un ou plusieurs groupement aliphatique ou cyclo-aliphatique. Un exemple de nylon est le poly-
15 (hexaméthylène adipamide).

[035] De manière bien connue de l'homme du métier, les torsions peuvent être mesurées et exprimées de deux manières différentes, soit et de manière simple en nombre de tours par mètre (t/m), soit et ce qui est plus rigoureux lorsqu'on souhaite comparer des matériaux de natures (masses volumiques) et/ou de titres différents, en
20 angle d'hélice des monofilaments ou ce qui est équivalent sous forme d'un facteur de torsion K.

[036] Avantageusement, R3 va de 200 à 450 tours par mètre, de préférence de 250 à 400 tours par mètre. La torsion R3 pilote l'endurance de l'élément de renfort. Ainsi, en fonction de l'endurance souhaitée, on peut choisir la torsion R3 adaptée. Plus la
25 torsion R3 est élevée, meilleure est l'endurance. Ainsi, on choisira plus préférentiellement une torsion R3 allant de 280 à 400 tours par mètre.

[037] Avantageusement, l'élément de renfort présente un facteur de torsion allant de 130 à 200, de préférence de 140 à 190. Un tel facteur de torsion permet d'obtenir un élément de renfort endurant et présentant une force à rupture élevée et dans lequel
30 torsion et les titres des brins sont compatibles avec des cadences de fabrication élevées.

[038] Le facteur de torsion K de l'élément de renfort est lié à la torsion R3 de l'élément de renfort selon la relation connue qui suit :

$$K = (\text{Torsion R3}) \times [(\text{Titre T3} / (1000.p3))]^{1/2}$$

dans laquelle la torsion R_3 est exprimée en tours par mètre (t/m), le titre $T_3=T_1+T_2$ est exprimé en tex (poids en gramme de 1000 mètres), et enfin ρ_3 est la densité ou masse volumique (en g/cm^3) du matériau constitutif de l'élément de renfort (par exemple, environ $1,50 \text{ g/cm}^3$ pour la cellulose, $1,44 \text{ g/cm}^3$ pour l'aramide, $1,38 \text{ g/cm}^3$ pour un polyester tel que PET, $1,14 \text{ g/cm}^3$ pour le nylon). Dans le cas d'un élément de renfort hybride de l'invention, ρ_3 est bien entendu une moyenne des densités ρ_1 et ρ_2 des brins de monofilaments haut module et bas module pondérée par les titres respectifs T_1 et T_2 de ces brins : $\rho_3=(\rho_1.T_1+\rho_2.T_2)/(T_1+T_2)$

[039] Avantageusement, R_1 va de 10 à 150 tours par mètre, de préférence de 20 à 120 tours par mètre et plus préférentiellement de 50 à 110 tours par mètre. Pour une torsion résiduelle R_1 trop élevée, on obtiendrait un module de l'élément de renfort trop élevé, notamment aux faibles allongements, ce qui induirait des problèmes lors du procédé de fabrication du pneumatique. Au contraire, une torsion résiduelle R_1 trop faible ne permet pas de compenser la perte de force à rupture provenant de la torsion R_3 apportant l'endurance.

[040] Dans le mode de réalisation dans lequel R_2 est sensiblement non nulle, R_2 va de 10 à 100 tours par mètre, de préférence de 15 à 75 tours par mètre et plus préférentiellement de 20 à 60 tours par mètre.

[041] Avantageusement, le rapport R_1/R_3 va de 0,05 à 0,45, de préférence de 0,10 à 0,40 et plus préférentiellement de 0,20 à 0,35. De tels rapports R_1/R_3 permettent d'obtenir, pour une torsion R_3 donnée, une bonne endurance de l'élément de renfort et une force à rupture satisfaisante, tout en conservant un allongement à rupture suffisant pour ne pas induire de problèmes lors du procédé de fabrication du pneumatique, notamment lors de la conformation du pneumatique.

[042] Avantageusement, le produit $R_1.R_3$ est supérieur ou égal à 3000, de préférence à 15000 et encore plus préférentiellement à 30000. En effet, plus R_3 est élevée, meilleure est l'endurance de l'élément de renfort. Plus R_1 est faible, et donc R_1 est élevée, meilleure est la force à rupture. Ainsi, plus élevée est la valeur du produit $R_1.R_3$, meilleurs sont à la fois l'endurance et la force à rupture de l'élément de renfort.

[043] Dans un mode de réalisation, le titre T_1 du brin de monofilaments textiles à haut module va de 90 à 400 tex, de préférence de 100 à 350 tex et plus préférentiellement de 140 à 210 tex.

[044] Dans un autre mode de réalisation, le titre T2 du brin de monofilaments textiles à bas module va de 80 à 350 tex, de préférence de 90 à 290 tex et plus préférentiellement de 120 à 190 tex bornes incluses.

[045] De tels titres T1 et T2 sont compatibles avec une utilisation en pneumatique.

5 Des titres plus faibles ne présenteraient pas une force à rupture suffisante alors que des titres plus élevées conduiraient à des éléments de renfort trop gros et difficilement utilisable en pneumatique.

[046] La force à rupture de l'élément de renfort est supérieure ou égale à 30 daN, de préférence supérieure ou égale à 35 daN. Plus la force à rupture est élevée, meilleure est sa résistance aux agressions, notamment aux agressions de type « road hazard »
10 comprenant par exemple les nids de poule et les chocs de trottoir. La force à rupture, mesurée selon la norme ASTM D 885/D 885MA de janvier 2010, peut être déterminée aussi à partir d'éléments de renfort écrus, c'est-à-dire dépourvus de colle qu'aux éléments de renfort encollés, c'est-à-dire recouverts d'une couche de colle. Dans le
15 cas des éléments de renfort encollés, la détermination peut être effectuée indifféremment aussi bien aux éléments de renfort issus directement de fabrication qu'aux éléments de renfort extraits de produit semi-fini ou de pneumatique.

[047] L'invention a pour autre objet, un produit semi-fini comprenant un élément de renfort tel que défini ci-dessus noyé dans une matrice d'élastomère. Un exemple de
20 produit semi-fini conforme à l'invention est une nappe d'éléments de renfort comprenant les éléments de renfort noyés dans une matrice d'élastomère formée par calandrage des éléments de renfort entre deux bandes de d'élastomère.

[048] L'invention a également pour objet un pneumatique comprenant au moins un élément de renfort tel que défini ci-dessus.

[049] Les pneumatiques de l'invention, en particulier, peuvent être destinés à des
25 véhicules à moteur du type tourisme, 4x4, "SUV" (Sport Utility Vehicles), mais également à des véhicules deux-roues tels que motos, ou à des véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd" - i.e., métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), véhicules hors-la-route -, engins agricoles ou de
30 Génie civil, autres véhicules de transport ou de manutention.

[050] De préférence, les pneumatiques peuvent être destinés à des véhicules à moteur du type tourisme, 4x4, "SUV" (Sport Utility Vehicles).

[051] Dans un mode de réalisation, le pneumatique comprenant deux bourrelets comportant chacun au moins une structure annulaire de renfort et une armature de
35 carcasse ancrée dans chacun des bourrelets par un retournement autour de la

structure annulaire de renfort, l'armature de carcasse comprend au moins un élément de renfort tel que défini ci-dessus.

5 [052] Dans un autre mode de réalisation, le pneumatique comprenant deux bourrelets comportant chacun au moins une structure annulaire de renfort et une armature de carcasse ancrée dans chacun des bourrelets par un retournement autour de la structure annulaire de renfort, le pneumatique comprenant une armature de sommet disposée radialement extérieure à l'armature de carcasse, l'armature de sommet comprenant une armature de travail et une armature de frettage disposée radialement extérieure à l'armature de travail, l'armature de frettage comprend au
10 moins un élément de renfort tel que défini ci-dessus.

[053] De préférence, la nappe de frettage comprend les éléments de renfort textiles de frettage tel que défini ci-dessus et sensiblement parallèles les uns aux autres. De tels éléments de renfort de frettage forment un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

15 [054] Dans encore un autre mode de réalisation, le pneumatique comprenant deux bourrelets comportant chacun au moins une structure annulaire de renfort et une armature de carcasse ancrée dans chacun des bourrelets par un retournement autour de la structure annulaire de renfort, le pneumatique comprenant une armature de renfort de flanc, l'armature de renfort de flanc comprend au moins un élément de
20 renfort tel que défini ci-dessus.

[055] Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, le pneumatique est adapté pour un roulage à plat.

[056] En effet, depuis quelques années, les manufacturiers de pneumatiques cherchent à supprimer la nécessité de la présence d'une roue de secours à bord du
25 véhicule tout en garantissant la possibilité au véhicule de poursuivre sa route malgré une perte importante ou totale de pression d'un ou plusieurs pneumatiques. Cela permet par exemple de se rendre à un point de dépannage sans devoir s'arrêter, dans des circonstances souvent hasardeuses, pour installer la roue de secours.

[057] Une solution envisagée est l'utilisation de pneumatiques adaptés pour un
30 roulage à plat et pourvus de flancs autoporteurs, (parfois désignés par les appellations commerciales en langue anglaise « ZP » pour « zero pressure » ou « SST » pour « self supporting tire »).

[058] Lorsque la pression de gonflage est proche de la pression de service (on parle alors de mode « roulage normal »), il est souhaitable que le pneumatique présente
35 des performances, dites performances « RMG » (Roulage Mode Gonflé), aussi

élevées que possible. Ces performances RMG comprennent, entre autres, la masse, la résistance au roulement ou encore le confort.

5 [059] Lorsque la pression de gonflage est significativement abaissée par rapport à la pression de service, voire même nulle (on parle alors de mode « roulage à plat »), le pneumatique doit permettre de rouler une distance donnée à une vitesse donnée. Cette performance, dite performance « RME » (Roulage Mode Etendu), est requise par la législation ou par les constructeurs automobiles pour permettre au manufacturier de présenter le pneumatique comme adapté pour le roulage à plat. Cette performance est largement tributaire de l'endurance des éléments de renfort de 10 l'armature de carcasse, endurance avantageusement élevée grâce aux éléments de renfort selon l'invention.

[060] L'invention est particulièrement avantageuse dans le cas d'un élément de renfort dans lequel le brin haut module est constitué de monofilaments en aramide et le brin bas module est constitué de monofilament en polyester. En effet, l'élément de 15 renfort présente un module relativement faible aux faibles déformations (en mode roulage normal), en l'espèce celui du polyester, qui s'avère suffisant pour assurer les performances RMG. L'élément de renfort présente un module relativement élevé aux fortes déformations (en mode roulage à plat), en l'espèce celui de l'aramide, qui s'avère suffisant pour assurer, à lui seul, la performance RME.

20 [061] Un tel pneumatique adapté pour un roulage à plat comprend de préférence un insert de flanc disposé axialement à l'intérieur de l'armature de carcasse.

[062] Avantageusement, l'armature de carcasse comprend une seule nappe de carcasse.

25 [063] La présence d'une seule nappe de carcasse permet d'obtenir un pneumatique dont l'armature de carcasse est plus souple qu'un pneumatique dont l'armature de carcasse comprendrait deux nappes de carcasse. Ainsi, on réduit la raideur verticale du pneumatique et on améliore le confort de ce dernier, le rapprochant ainsi, dans le cas d'un pneumatique adapté pour le roulage à plat, du confort d'un pneumatique standard dépourvu de flancs autoporteurs.

30 [064] Un autre objet de l'invention est un procédé de fabrication d'un élément de renfort tel que décrit ci-dessus, dans lequel :

- on obtient le brin de monofilaments textiles à haut module avec une torsion initiale $R1'$ selon une direction $D1'$,
- on obtient le brin de monofilaments textiles à bas module avec une torsion initiale 35 $R2'$ selon une direction $D2'$,

- on enroule les brins de monofilaments textiles à haut et bas module l'un autour de l'autre selon une direction D3 avec une torsion R3 de sorte que :

- le brin de monofilaments textiles à haut module présente une torsion résiduelle R1 selon une direction D1, et

5 - le brin de monofilaments textiles à bas module présente une torsion résiduelle R2 selon une direction D2,

- les torsions résiduelles R1 et R2 étant telles que :

- $R1 > R2$ dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle

- R1 est sensiblement non nulle dans le cas où R2 est sensiblement nulle.

10 **[065]** Dans un mode de réalisation préféré, $R1' < R2'$.

[066] Dans un mode de réalisation préféré, $R1' < R3$.

[067] De préférence, D1' et D2' sont identiques.

[068] Avantagusement, D3 est opposée à D1' et D2'.

[069] De préférence, $R1' < R3$ et $R2' < R3$.

15

[070] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins dans lesquels:

- la figure 1 est une vue en coupe radiale d'un pneumatique adapté pour un

20

- la figure 2 illustre une vue de détails d'un élément de renfort du pneumatique de la figure 1 ;

- les figures 3 et 4 sont des vues analogues à celle de la figure 1 de pneumatiques respectivement selon des deuxièmes et troisièmes modes de

25

- la figure 5 représente des courbes force-allongement de différents éléments de renfort.

[071] Dans l'emploi du terme « radial », il convient de distinguer plusieurs utilisations différentes du mot par la personne du métier. Premièrement, l'expression se réfère à un rayon du pneumatique. C'est dans ce sens qu'on dit d'un point A qu'il est « radialement intérieur » à un point B (ou « radialement à l'intérieur » du point B) s'il est plus près de l'axe de rotation du pneumatique que le point B. Inversement, un point C est dit « radialement extérieur à » un point D (ou « radialement à l'extérieur » du point D) s'il est plus éloigné de l'axe de rotation du pneumatique que le point D. On dira qu'on avance « radialement vers l'intérieur (ou l'extérieur) » lorsqu'on avance en

35

direction des rayons plus petits (ou plus grands). Lorsqu'il est question de distances radiales, ce sens du terme s'applique également.

[072] En revanche, un élément de renfort ou une armature est dit « radial » lorsque l'élément de renfort ou les éléments de renfort de l'armature font avec la direction

circconférentielle un angle supérieur ou égal à 65° et inférieur ou égal à 90° .

[073] Enfin, par « coupe radiale » ou « section radiale » on entend ici une coupe ou une section selon un plan qui comporte l'axe de rotation du pneumatique.

[074] Une direction « axiale » est une direction parallèle à l'axe de rotation du pneumatique. Un point E est dit « axialement intérieur » à un point F (ou « axialement à l'intérieur » du point F) s'il est plus près du plan médian du pneumatique que le point F. Inversement, un point G est dit « axialement extérieur à » un point H (ou « axialement à l'extérieur » du point H) s'il est plus éloigné du plan médian du pneumatique que le point H.

[075] Le « plan médian » du pneumatique est le plan qui est normal à l'axe de rotation du pneumatique et qui se situe à équidistance des structures annulaires de renfort de chaque bourrelet.

[076] Une direction « circonférentielle » est une direction qui est perpendiculaire à la fois à un rayon du pneumatique et à la direction axiale.

[077] EXEMPLES DE PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[078] On a représenté schématiquement sur la figure 1, vue en coupe radiale, un pneumatique selon un premier mode de réalisation de l'invention désigné par la référence générale 10. Le pneumatique 10 est du type pour roulage à plat. Le pneumatique 10 est pour véhicule de tourisme.

[079] Ce pneumatique 10 comporte un sommet 12 comprenant une armature de sommet 14 comprenant une armature de travail 15 comprenant deux nappes de travail 16, 18 et une armature de frettage 17 comprenant une nappe de frettage 19. L'armature de sommet 14 est surmontée d'une bande de roulement 20. Ici, l'armature de frettage 17 est disposée radialement extérieure à l'armature de travail 15. L'armature de frettage 17 est radialement intercalée entre l'armature de travail 15 et la bande de roulement 20. Deux flancs autoporteurs 22 prolongent le sommet 12 radialement vers l'intérieur.

[080] Le pneumatique 10 comporte en outre deux bourrelets 24 radialement intérieurs aux flancs 22 et comportant chacun une structure annulaire de renfort 26, en l'occurrence une tringle 28, surmontée d'une masse de gomme 30 de bourrage sur

tringle, ainsi qu'une armature de carcasse radiale 32.

5 [081] L'armature de carcasse 32 comporte de préférence une seule nappe de carcasse 34 d'éléments de renfort 36, l'armature de carcasse 32 étant ancrée dans chacun des bourrelets 24 par un retournement autour de structure annulaire de renfort 26, de manière à former dans chaque bourrelet 24 un brin aller 38 s'étendant depuis les bourrelets à travers les flancs vers le sommet, et un brin retour 40, l'extrémité radialement extérieure 42 du brin retour 40 étant sensiblement à mi-hauteur du pneumatique. L'armature de carcasse 32 s'étend depuis les bourrelets 24 à travers les flancs 22 vers le sommet 12. L'armature de sommet 14 est disposée radialement
10 extérieure à l'armature de carcasse 32. Ainsi, l'armature de sommet 14 est radialement intercalée entre l'armature de carcasse 32 et la bande de roulement 20.

[082] Les compositions de caoutchouc utilisées pour les nappes de sommet 16, 18 et de carcasse 34 sont des compositions conventionnelles pour calandrage d'éléments de renfort, typiquement à base de caoutchouc naturel, de noir de carbone, d'un système de vulcanisation et des additifs usuels. L'adhésion entre l'élément de
15 renfort textile et la composition de caoutchouc qui l'enrobe est assurée par exemple par une colle usuelle du type RFL.

[083] Le pneumatique 10 comporte encore deux inserts de flanc 44 disposés axialement à l'intérieur à l'armature de carcasse 32. Ces inserts 44 avec leur section radiale caractéristique en forme de croissant sont destinés à renforcer le flanc. Ils comprennent au moins une composition polymérique, de préférence un mélange caoutchouteux. Le document WO 02/096677 donne plusieurs exemples de mélanges caoutchouteux pouvant être utilisés pour former un tel insert. Chaque insert de flanc 44 est susceptible de contribuer à supporter une charge correspondant à une partie
20 du poids du véhicule lors d'une situation de roulage à plat.

[084] Le pneumatique comprend également une couche interne 46 d'étanchéité, de préférence en butyl, située axialement intérieure aux flancs 22 et radialement intérieure à l'armature de sommet 14 et s'étendant entre les deux bourrelets 24. Les inserts de flanc 44 sont situés axialement extérieurs à la couche interne 46. Ainsi, les
30 inserts de flanc 44 sont disposés axialement entre l'armature de carcasse 32 et la couche interne 46.

[085] La nappe de frettage 19 comprend des éléments de renfort textiles de frettage 36 selon l'invention formant un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10. En variante, des éléments de renforts non conformes à l'invention pourraient être utilisés. De tels éléments de
35

renforts comprennent par exemple deux brins de monofilaments textiles réalisés dans un matériau thermorétractile, par exemple ici en polyamide 66, chaque brin consistant en deux filés de 140 tex qui ont été retordus ensemble (sur câbleuse directe) à 250 tours/mètre.

5 **[086]** La nappe de carcasse 34 comprend des éléments de renforts textiles 36 selon l'invention dont un est illustré sur la figure 2. Les éléments de renforts 36 sont parallèles les uns aux autres. Chaque élément de renfort 36 est radial. En d'autres termes, chaque élément de renfort 36 s'étend dans un plan sensiblement parallèle aux directions axiale et radiale du pneumatique 10.

10 **[087]** Chaque élément de renfort 36 comprend un unique brin 54 de monofilaments textiles à haut module, ici en polyamide aromatique, par exemple en aramide, et un unique brin 56 de monofilaments textiles à bas module, ici en polyester ou en polyamide aliphatique, par exemple en polyester, enroulés en hélice l'un autour de l'autre selon une direction D3 avec une torsion R3. Chaque élément de renfort 36 est
15 constitué d'un brin 54 et d'un brin 56.

[088] Ici, la direction D3 est la direction S. La torsion R3 de l'élément de renfort 56 va de 200 à 450 tours par mètre, de préférence de 250 à 400 tours par mètre, plus préférentiellement de 280 à 400 tours par mètre et ici $R3=340$ tours par mètre.

[089] Le polyester est choisi parmi le polyéthylène téréphtalate, le polyéthylène naphthalate, le polybutylène téréphtalate, le polybutylène naphthalate, le polypropylène téréphtalate ou le polypropylène naphthalate. En l'espèce, le polyester
20 est du polyéthylène téréphtalate (PET).

[090] Le titre T1 du brin 54 de monofilaments à haut module va de 90 à 400 tex, de préférence de 100 à 350 tex et plus préférentiellement de 140 à 210 tex. Ici,
25 T1=167 tex. Le titre T2 du brin 56 de monofilaments à bas module va de 80 à 350 tex, de préférence de 90 à 290 tex et plus préférentiellement de 120 à 190 tex. Ici, T2=144 tex.

[091] Le brin 54 de monofilaments à haut module présente une torsion résiduelle R1 sensiblement non nulle selon la direction D1. Le brin 56 de monofilaments à bas module présente une torsion résiduelle R2 selon la direction D2. Conformément à
30 l'invention, $R1 > R2$ dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle et R1 est sensiblement non nulle dans le cas où R2 est sensiblement nulle.

[092] La torsion résiduelle R1 du brin 54 de monofilaments à haut module va de 10 à 150 tours par mètre, de préférence de 20 à 120 tours par mètre et plus
35 préférentiellement de 50 à 110 tours par mètre. Ici, $R1=100$ tours par mètre.

- [093]** La torsion résiduelle R2 du brin 56 de monofilaments à bas module va de 10 à 100 tours par mètre, de préférence de 15 à 75 tours par mètre et plus préférentiellement de 20 à 60 tours par mètre de sorte que la condition $R1 > R2$ ou $R1 > 0$ soit vérifiée selon que R2 est sensiblement non-nulle ou nulle. Ici, $R2 = 50$ tours par mètre.
- [094]** Ici, R2 étant sensiblement non nulle, D1 et D2 sont identiques. Préférentiellement, D1, D2 et D3 sont identiques et sont ici la direction S.
- [095]** Dans le cas où R2 est sensiblement nulle, D1 et D3 sont identiques.
- [096]** Le rapport $R1/R3$ va de 0,05 à 0,45, de préférence de 0,10 à 0,40 et plus préférentiellement de 0,20 à 0,35. Ici $R1/R3 = 0,29$.
- [097]** Le produit $R1.R3$ est supérieur ou égal à 3000, de préférence à 15000 et encore plus préférentiellement à 30000. Ici $R1.R3 = 34000$.
- [098]** L'élément de renfort 36 présente un facteur de torsion K allant de 130 à 200, de préférence de 140 à 190. Ici $K = 160$.
- [099]** Le module final Mf1 du brin 54 de monofilaments textiles à haut module est supérieur ou égal à 30 cN/tex, de préférence à 35 cN/tex et plus préférentiellement à 40 cN/tex. Ici, $Mf1 = 64,5$ cN/tex.
- [0100]** Le module final Mf2 du brin 56 de monofilaments textiles à bas module est inférieur ou égal à 20 cN/tex, de préférence à 15 cN/tex et plus préférentiellement à 10 cN/tex. Ici, $Mf2 = 7,1$ cN/tex.
- [0101]** Le rapport $Mf1/Mf2$ du module final du brin 54 de monofilaments textiles à haut module sur le module final du brin 56 de monofilaments textiles à bas module est supérieur ou égal à 2, de préférence à 5 et plus préférentiellement à 7. De préférence, $Mf1/Mf2$ est inférieur ou égal à 15 et de préférence à 10. Ici, $Mf1/Mf2 = 9,1$.
- [0102]** La force à rupture de l'élément de renfort 36 est supérieure ou égale à 30 daN, de préférence supérieure ou égale à 35 daN. Ici, $Fr = 37,5$ daN sur l'élément de renfort 36 revêtu d'une couche de colle, par exemple une couche de colle de type RFL et $Fr = 38,1$ daN sur l'élément de renfort 36 écru dépourvu de couche colle.
- [0103]** Les valeurs décrites ci-dessus sont mesurées sur des éléments de renfort directement fabriqués. En variante, les valeurs décrites ci-dessus sont mesurées sur des éléments de renfort extraits d'un produit semi-fini ou d'un pneumatique.
- [0104]** On a représenté sur les figures 3 et 4, des pneumatiques respectivement selon des deuxième et troisième modes de réalisation de l'invention. Les éléments analogues à ceux du premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques.

[0105] A la différence du pneumatique 10 du premier mode de réalisation, le pneumatique 10 selon le deuxième mode de réalisation de la figure 3 n'est pas adapté pour un roulage à plat. Ainsi, il est dépourvu des inserts de flancs 44.

5 [0106] Dans une variante, le pneumatique 10 du deuxième mode de réalisation comprend des éléments de renforts de frettage conformes à l'invention. Dans une autre variante, le pneumatique 10 du deuxième mode de réalisation comprend des éléments de renforts de frettage non conformes à l'invention.

10 [0107] A la différence du pneumatique du deuxième mode de réalisation, le pneumatique 10 selon le troisième mode de réalisation de la figure 4 comprend une armature 48 de renfort de flanc comprenant de préférence une unique nappe 50 de renfort de flanc.

15 [0108] L'armature de renfort de flanc 48 est agencée axialement à l'extérieur du brin aller 38 et s'étend, dans chaque bourrelet 24, axialement à l'extérieur du brin retour 40 de la nappe de carcasse 34. En variante, l'armature de renfort de flanc 48 peut être agencée radialement entre le brin aller 38 et le brin retour 40 de la nappe de carcasse 34.

20 [0109] L'extrémité 52 radialement intérieure de l'armature de renfort de flanc 48 est radialement à l'intérieur de l'extrémité 53 radialement extérieure du brin retour 40 de l'armature de carcasse 32. L'extrémité 54 radialement extérieure de l'armature de renfort de flanc 25 est axialement à l'intérieur de l'extrémité 55 axialement extérieure de la nappe de sommet radialement adjacente à l'armature de renfort de flanc 48, ici la nappe de travail 18 radialement la plus à l'intérieur. D'autres configurations des extrémités 52 et 54 par rapport aux extrémités 53 et 55 sont possibles et par exemple décrites dans WO2014040976.

[0110] Dans ce troisième mode de réalisation, l'armature de renfort de flanc comprend des éléments de renfort conformes à l'invention.

30 [0111] On pourra également imaginer un pneumatique selon le troisième mode de réalisation comprenant des éléments de renfort de frettage conformes ou non à l'invention et des éléments de renfort de carcasse conformes ou non à l'invention.

[0112] PROCEDE DE FABRICATION DE L'ELEMENT DE RENFORT

35 [0113] On va maintenant décrire un procédé de fabrication d'un élément de renfort 36. Le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre avec des métiers à anneaux bien connus de l'homme du métier mais également sur des câbleuses directes.

[0114] Dans une étape d'obtention du brin 54 de monofilaments textiles à haut module, on part d'un filé de monofilaments textiles à haut module et on retord ce filé selon une direction D1' avec une torsion initiale R1'. On obtient le brin 54.

[0115] Dans une autre étape cette fois-ci d'obtention du brin 56 de monofilaments textiles à bas module, on part d'un filé de monofilaments textiles à bas module et on retord ce filé selon une direction D2' avec une torsion initiale R2'. On obtient le brin 56.

[0116] Chaque filé (en anglais « *yarn* »), à l'état initial c'est-à-dire dépourvu de torsion ; de manière bien connue, est formé d'une pluralité de monofilaments textiles élémentaires, typiquement plusieurs dizaines à plusieurs centaines, de diamètre très fin généralement inférieur à 25 µm. Au sein de chaque brin 54', 56', les monofilaments textiles élémentaires se voient ainsi imposés une déformation en hélice autour de l'axe du brin fibre.

[0117] D1' et D2' sont identiques et ici sont la direction Z. De plus, $R1' < R2'$ avec ici $R1' = 240$ tours par mètre et $R2' = 290$ tours par mètre.

[0118] Puis, on enroule les brins 54, 56 de monofilaments textiles à haut et bas module l'un autour de l'autre selon une direction D3 avec une torsion R3 de sorte que d'une part, le brin de monofilaments textiles à haut module présente une torsion résiduelle R1, ici sensiblement non nulle, selon une direction D1, et d'autre part, le brin de monofilaments textiles à bas module présente une torsion résiduelle R2 selon une direction D2. Les torsions résiduelles R1 et R2 sont telles que $R1 > R2$ dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle et R1 est sensiblement non nulle dans le cas où R2 est sensiblement nulle. En l'espèce, dans l'exemple de l'élément de renfort 36, $R1 > R2$.

[0119] A cet effet, on enroule les brins 54, 56 avec une torsion R3 telle que $R1' < R3$ et $R2' < R3$ et avec ici $R3 = 340$ tours par mètre dans la direction D3 opposée aux directions D1' et D2'.

[0120] MESURES ET TESTS COMPARATIFS

[0121] On a comparé dans le tableau 1 des caractéristiques de l'élément de renfort 36 selon l'invention, d'un autre élément de renfort 37 selon l'invention, et d'autres éléments de renfort formant des exemples comparatifs. Pour tous ces éléments de renforts, T1=167 tex et T2=144 tex. Le PET est commercialisé par la société Hyosung sous la dénomination HSP40 NAA. L'aramide est commercialisée par la société Teijin sous la dénomination Twaron 1000.

[0122] Les forces à ruptures, déterminées selon la norme ASTM D 885/D 885MA de janvier 2010, sont mesurées à 20°C sur des éléments de renfort écus (c'est-à-dire non encollés) qui ont été soumis à un conditionnement préalable. Par "conditionnement préalable", on entend le stockage des éléments de renfort (après séchage) pendant au moins 24 heures, avant mesure, dans une atmosphère standard selon la norme européenne DIN EN 20139 (température de $20 \pm 2^\circ\text{C}$; hygrométrie de $65 \pm 2\%$).

[0123] Le titre (ou densité linéique) des brins élémentaires ou des éléments de renfort est déterminé selon la norme ASTM D1423. Le titre est donné en tex (poids en grammes de 1000 m de produit - rappel: 0, 111 tex égal à 1 denier).

[0124] L'endurance est déterminée en conduisant un test d'endurance en flexion conforme à la norme ASTM D430-06 (Méthode A) au cours duquel on fait réaliser un mouvement de va-et-vient à un produit semi fini comprenant plusieurs éléments de renforts noyés dans une matrice d'élastomère au contact d'une poulie. A l'issue de 600,000 cycles, on extrait les éléments de renforts de la matrice d'élastomère et on mesure la force à rupture F_t . On compare cette force à rupture F_t à la force à rupture F_r avant le test d'endurance en flexion. La déchéance en % D_t est donnée par la relation différence $(1-F_t/F_r) \cdot 100$ et l'endurance est donnée par la relation $100 \cdot F_t/F_r$ et est reportée dans le tableau 1

[0125] On a représenté sur la figure 5 les courbes Force-Allongement C_I à C_V , C_{36} et C_{37} de différents éléments de renforts comparatifs I à V, 36 et 37 selon l'invention.

	I	II	III	IV	V	36	37
Courbe	C_I	C_{II}	C_{III}	C_{IV}	C_V	C_{36}	C_{37}
R1' (t.m ⁻¹)/D1'	290/Z	290/Z	240/Z	240/Z	340/Z	240/Z	240/Z
R2' (t.m ⁻¹)/D2'	290/Z	290/Z	240/Z	240/Z	340/Z	290/Z	290/Z
R1 (t.m ⁻¹)/D1	0/S	50/S	100/S	50/S	0/S	100/S	50/S
R2 (t.m ⁻¹)/D2	0/S	50/S	100/S	50/S	0/S	50/S	0/S
R3 (t.m ⁻¹)/D3	290/S	340/S	340/S	290/S	340/S	340/S	290/S
Facteur de torsion	136	160	160	136	160	160	136
Endurance	100	NM	NM	94	>100	170	100
Force à rupture (daN)	38,3	36,6	36,5	38,3	36,8	38,1	39,8

Tableau 1

[0126] La mention NM indique que la valeur n'a pas été mesurée.

[0127] La comparaison des éléments de renforts I et V illustre l'effet connu de la torsion R3 sur la force à rupture et l'endurance évoqué dans le préambule de la présente demande. En passant de $R3=290 \text{ t.m}^{-1}$ (I) à $R3=340 \text{ t.m}^{-1}$ (VI), on améliore l'endurance mais on diminue la force à rupture de l'élément de renfort.

5 **[0128]** La comparaison des éléments de renforts I, II et III montre que deux torsions résiduelles R1, R2 telles que $R1=R2$ ne permettent pas de compenser la perte de force à rupture lié à l'augmentation de la torsion R3 de l'élément de renfort.

[0129] La comparaison des éléments de renforts I et IV montre que deux torsions résiduelles R1, R2 telles que $R1=R2$ en maintenant une torsion R3 identique à l'élément de renfort I entraînent un maintien de la force à rupture mais toutefois une diminution de l'endurance.

[0130] La comparaison des éléments de renforts I et 36 montre que, conformément à l'invention, deux torsions résiduelles R1, R2 avec $R1 > R2$ permettent d'obtenir à la fois une force à rupture équivalente à celle du témoin I et une endurance très nettement améliorée par rapport à celle du témoin I en raison d'une torsion $R3=340 \text{ t.m}^{-1}$ supérieure à celle du témoin ($R3=290 \text{ t.m}^{-1}$).

[0131] La comparaison des éléments de renforts I et 37 montre que, conformément à l'invention, deux torsions résiduelles R1, R2 avec $R1 > R2$ permettent d'obtenir à la fois une endurance équivalente par rapport à celle du témoin I et une fois une force à rupture améliorée en raison d'une torsion égale à celle du témoin I ($R3=290 \text{ t.m}^{-1}$).

[0132] La comparaison des éléments de renfort IV et 37 montre que, pour une même torsion $R3=290 \text{ t.m}^{-1}$, les deux torsions résiduelles R1, R2 sensiblement non nulles telles que $R1=R2$ de l'élément de renfort IV entraînent une baisse de l'endurance par rapport au témoin I contrairement à l'élément de renfort 37 dans lequel, pour cette même torsion $R3=290 \text{ t.m}^{-1}$, $R1 > R2$ permet d'améliorer la force à rupture sans réduire l'endurance.

[0133] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation précédemment décrits.

30 **[0134]** En effet, l'armature de carcasse 32 du pneumatique pourra comprendre deux nappes de carcasse 34.

[0135] On pourra également prévoir un mode de réalisation dans lequel le brin retour 40 remonte entre la nappe de sommet 18 et le brin aller 38.

35 **[0136]** On pourra également combiner les caractéristiques des différents modes de réalisation décrits ou envisagés ci-dessus sous réserve que celles-ci soient compatibles entre elles.

REVENDECATIONS

1. Elément de renfort (36) comprenant un unique brin (54) de monofilaments textiles à haut module et un unique brin (56) de monofilaments textiles à bas module, enroulés l'un autour de l'autre selon une direction D3 avec une torsion R3, le brin (54) de monofilaments textiles à haut module présentant une torsion résiduelle R1 selon la direction D1, le brin (56) de monofilaments textiles à bas module présentant une torsion résiduelle R2 selon la direction D2, les torsions résiduelles R1 et R2 étant telles que :

- $R1 > R2$ dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle

- R1 est sensiblement non nulle dans le cas où R2 est sensiblement nulle.
et dans lequel le rapport $R1/R3$ va de 0,05 à 0,45.

2. Elément de renfort (36) selon la revendication 1, dans lequel, dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle, les directions D1 et D2 sont identiques.

3. Elément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- les directions D1, D2 et D3 sont identiques dans le cas où R2 est sensiblement non-nulle,
- les directions D1 et D3 sont identiques dans le cas où R2 est sensiblement nulle.

4. Elément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les monofilaments textiles à haut module sont en polyamide aromatique, de préférence en aramide.

5. Elément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les monofilaments à bas module sont en un matériau sélectionné parmi les celluloses, les alcools polyvinyliques, les polycétones, les polyamides aliphatiques, les polyesters, les polybenzazoles, les polyimides et les mélanges de monofilaments de ces matériaux, de préférence sélectionné parmi les polyamides aliphatiques, les polyesters et les mélanges de monofilaments de ces matériaux.

6. Elément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel R3 va de 200 à 450 tours par mètre, de préférence de 250 à 400 tours par mètre et plus préférentiellement de 280 à 400 tours par mètre.

7. Elément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant un facteur de torsion allant de 130 à 200, de préférence de

140 à 190.

8. Élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel R1 va de 10 à 150 tours par mètre, de préférence de 20 à 120 tours par mètre et plus préférentiellement de 50 à 110 tours par mètre.

5 9. Élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, dans le cas où R2 est sensiblement non nulle, R2 va de 10 à 100 tours par mètre, de préférence de 15 à 75 tours par mètre et plus préférentiellement de 20 à 60 tours par mètre.

10 10. Élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport $R1/R3$ va de 0,10 à 0,40 et plus préférentiellement de 0,20 à 0,35.

11. Élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le produit $R1.R3$ est supérieur ou égal à 3000, de préférence à 15000 et encore plus préférentiellement à 30000.

15 12. Élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le titre T1 du brin (54) de monofilaments textiles à haut module va de 90 à 400 tex, de préférence de 100 à 350 tex et plus préférentiellement de 140 à 210 tex.

20 13. Élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le titre T2 du brin (56) de monofilaments textiles à bas module va de 80 à 350 tex, de préférence de 90 à 290 tex et plus préférentiellement de 120 à 190 tex bornes incluses.

25 14. Produit semi-fini, **caractérisé en ce qu'il** comprend un élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes noyé dans une matrice d'élastomère.

15. Pneumatique (10), **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

30 16. Pneumatique (10) selon la revendication 15, comprenant deux bourrelets (24) comportant chacun au moins une structure annulaire de renfort (26) et une armature de carcasse (32) ancrée dans chacun des bourrelets (24) par un retournement autour de la structure annulaire de renfort (26), **caractérisé en ce que** l'armature de carcasse (32) comprend au moins un élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

- 22 -

17. Procédé de fabrication d'un élément de renfort (36) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel :

- on obtient le brin (54) de monofilaments textiles à haut module avec une torsion initiale $R1'$ selon une direction $D1'$,

5 - on obtient le brin (56) de monofilaments textiles à bas module avec une torsion initiale $R2'$ selon une direction $D2'$,

- on enroule les brins (54, 56) de monofilaments textiles à haut et bas module l'un autour de l'autre selon une direction $D3$ avec une torsion $R3$ de sorte que :

10 - le brin (54) de monofilaments textiles à haut module présente une torsion résiduelle $R1$ selon une direction $D1$, et

- le brin (56) de monofilaments textiles à bas module présente une torsion résiduelle $R2$ selon une direction $D2$,

- les torsions résiduelles $R1$ et $R2$ étant telles que :

- $R1 > R2$ dans le cas où $R2$ est sensiblement non-nulle

15 - $R1$ est sensiblement non nulle dans le cas où $R2$ est sensiblement nulle.

18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel $R1' < R2'$.

19. Procédé selon la revendication 17 ou 18, dans lequel $R1' < R3$ et de préférence $R1' < R3$ et $R2' < R3$

20 20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, dans lequel $D1'$ et $D2'$ sont identiques et de préférence $D3$ est opposée à $D1'$ et $D2'$.

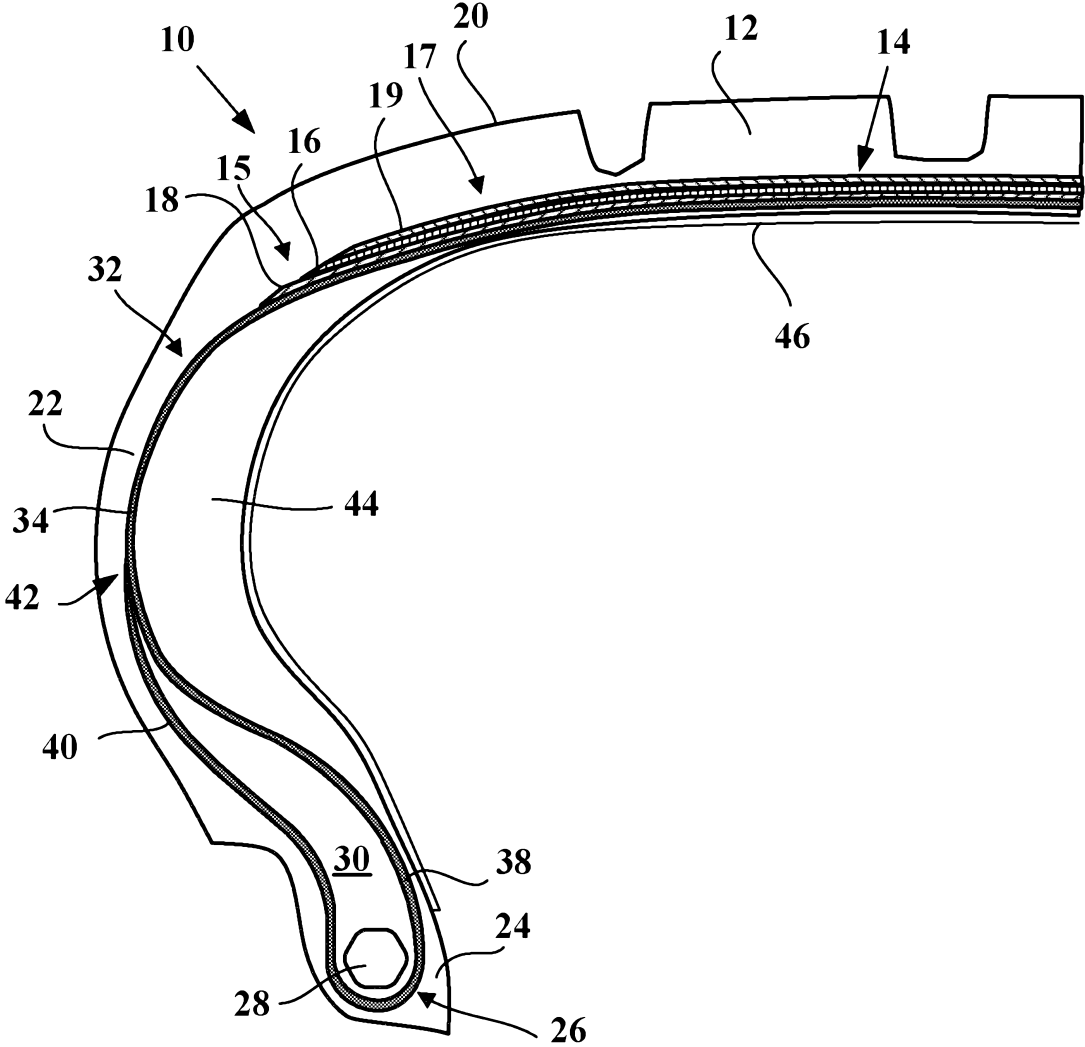


FIG. 1

2/4

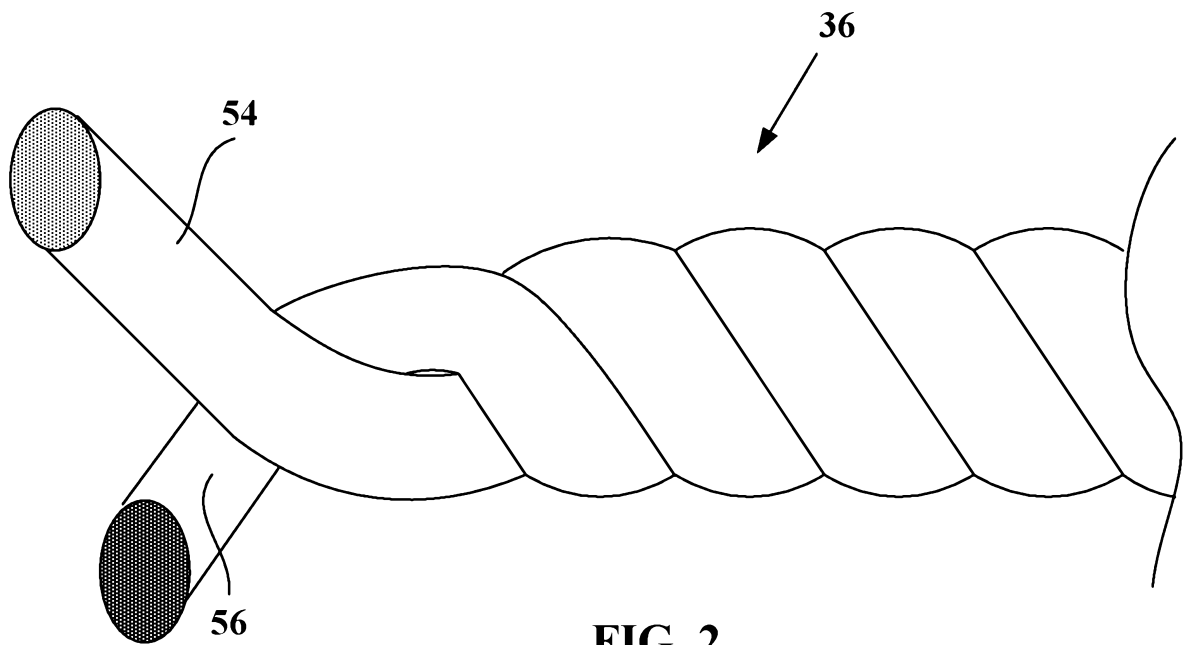


FIG. 2

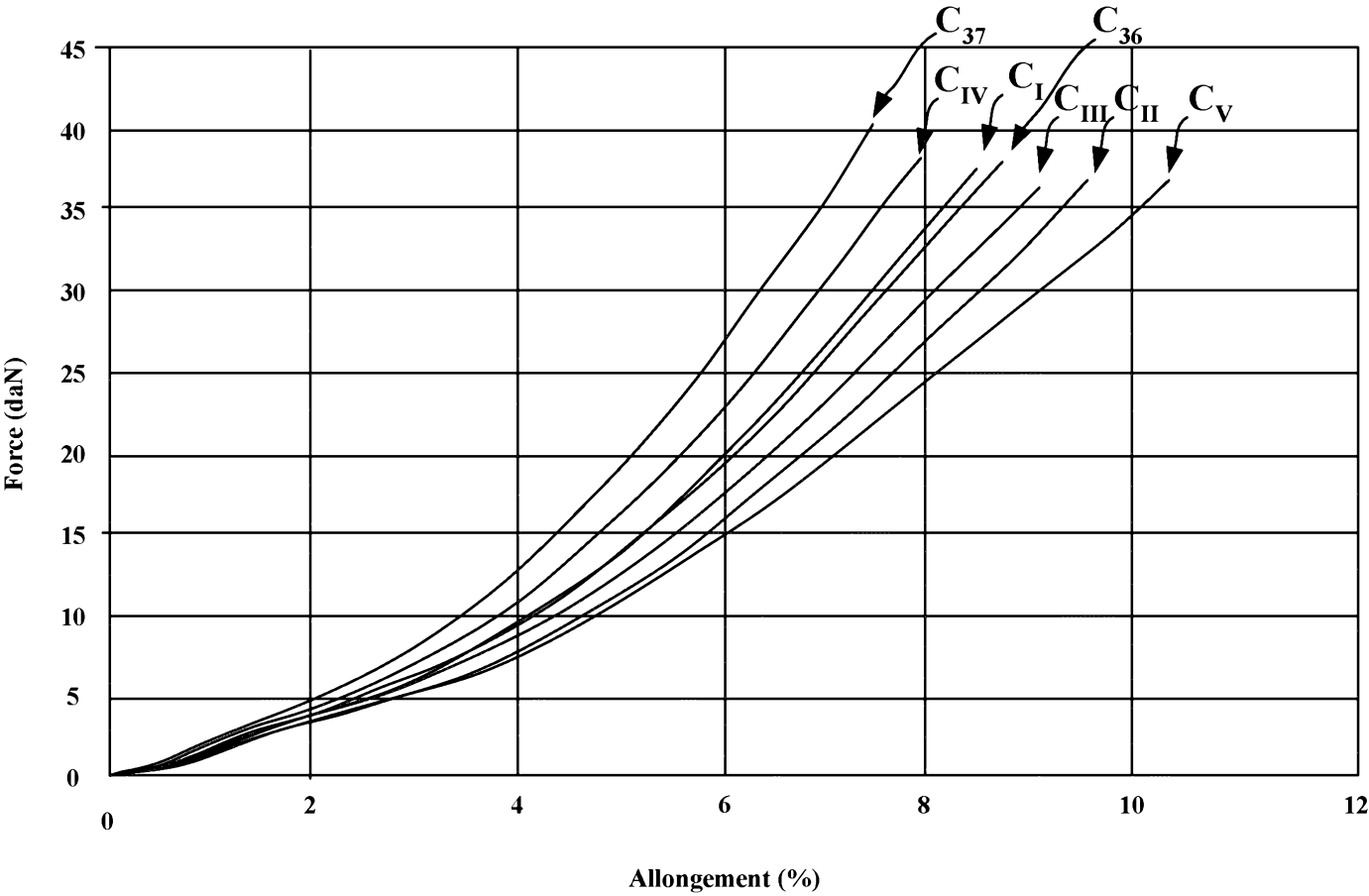


FIG. 5

3/4

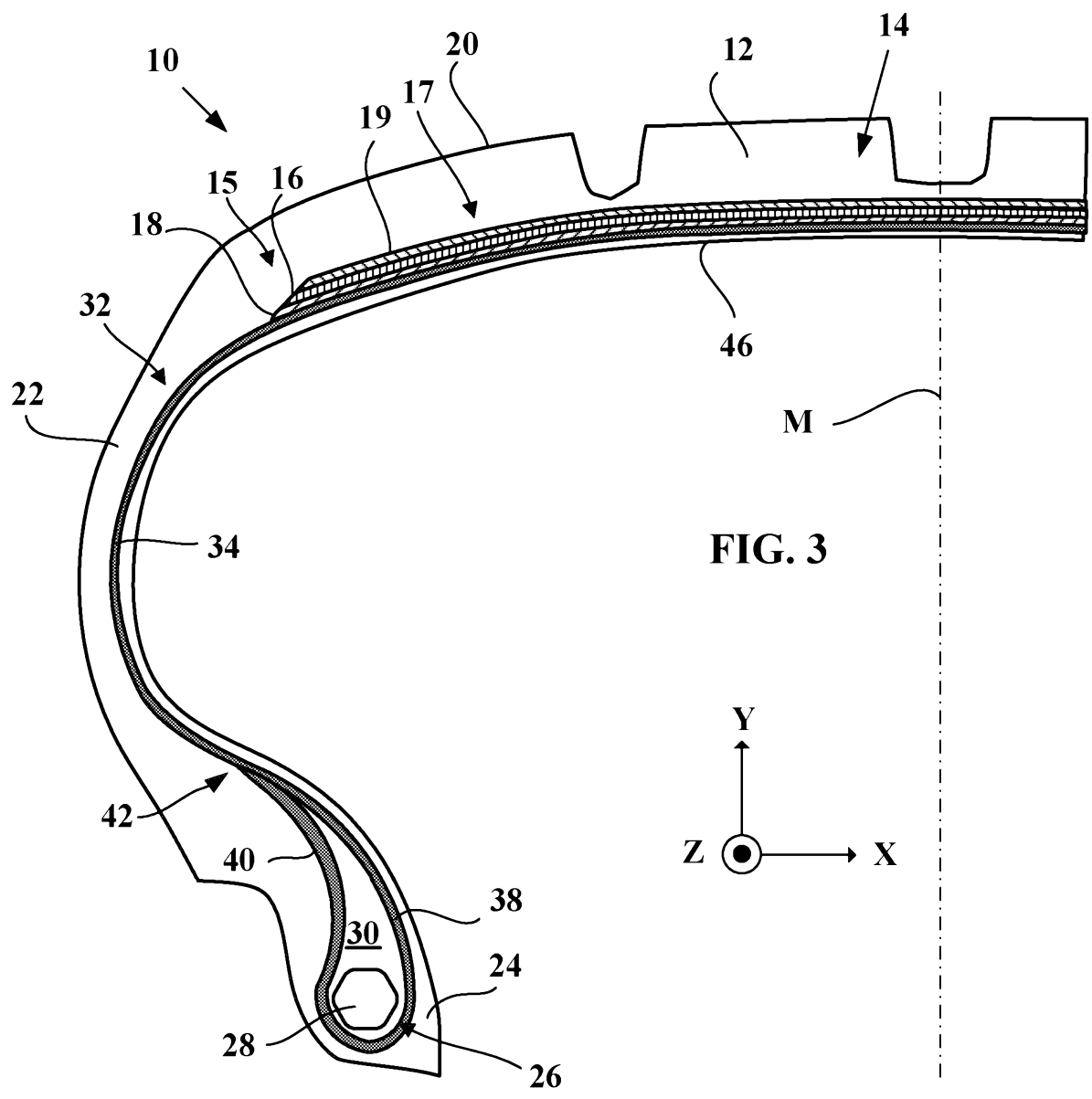
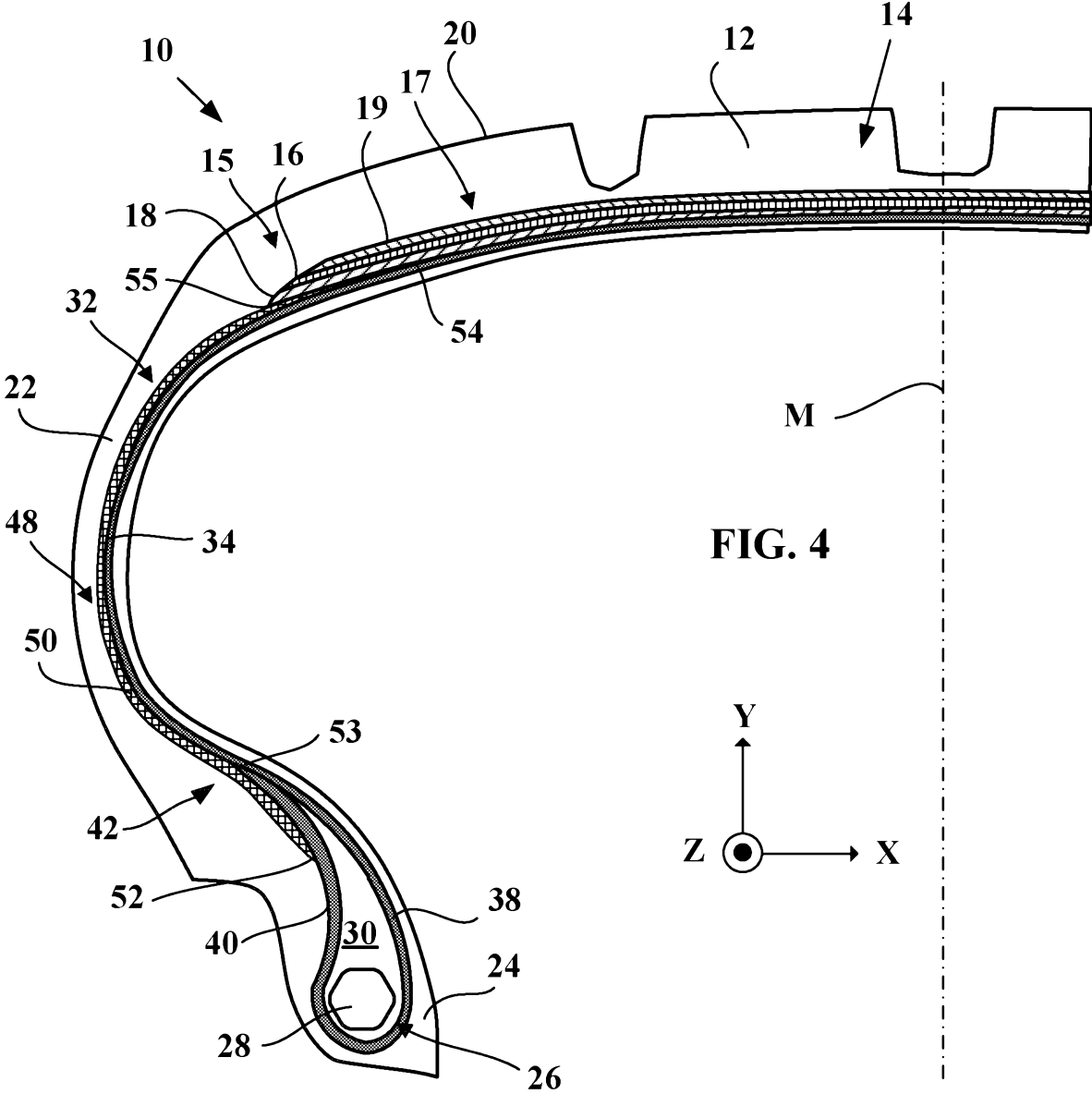


FIG. 3



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- ☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Le demandeur a maintenu les revendications.
- ☒ Le demandeur a modifié les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- ☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- ☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- ☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 3 603 071 A (O'NEIL KEVIN B ET AL)
7 septembre 1971 (1971-09-07)

US 4 155 394 A (BHAKUNI ROOP S [US] ET AL)
22 mai 1979 (1979-05-22)

DE 10 2008 037615 A1 (CONTINENTAL REIFEN DEUTSCHLAND [DE])
2 juin 2010 (2010-06-02)

US 5 558 144 A (NAKAYASU RITSUO [JP] ET AL)
24 septembre 1996 (1996-09-24)

US 4 234 030 A (VAN NIEUWAL JOHN G ET AL)
18 novembre 1980 (1980-11-18)

EP 0 329 593 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US])
23 août 1989 (1989-08-23)

EP 2 551 127 A1 (HANKOOK TIRE CO LTD [KR])
30 janvier 2013 (2013-01-30)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT