

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 20.12.16.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 22.06.18 Bulletin 18/25.

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

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

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

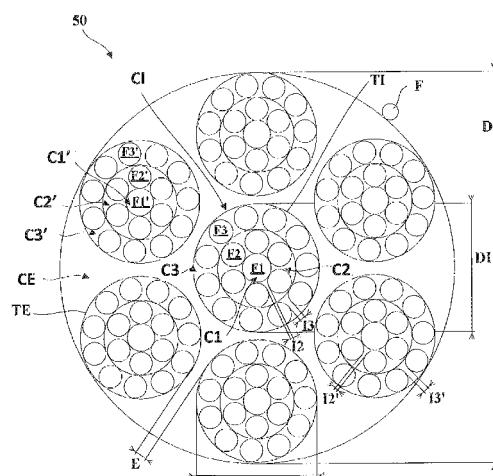
(72) Inventeur(s) : CHEVALLEY MARIANNE, CLEMENT EMMANUEL, GIANETTI ALEXANDRE, LAURENT STEPHANE et PINAUT REMI.

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

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

(54) CABLE MULTI-TORONS A DEUX COUCHES A PENETRABILITE AMELIOREE.

(57) Le câble (50) comprend:
- un toron interne (T1) comprenant:
une couche interne (C1),
une couche externe (C3),
- L>1 torons externes (TE) comprenant:
une couche interne (C1') de Q'=1 fil interne (F1'),
une couche intermédiaire (C2') de M' fils intermédiaires (F2') enroulés autour de la couche interne (C1') au pas p2',
une couche externe (C3') de N' fils externes (F3') enroulés autour de la couche intermédiaire (C2') au pas p3',
- la couche externe (CE) du câble est enroulée autour de la couche interne (C1) du câble selon un sens d'enroulement du câble (50);
- chaque couche externe (C3, C3') de chaque toron interne et externe (T1, TE) est enroulée selon un même sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble (50);
- la couche externe (CE) du câble (50) est désaturée,
- 0,36 (p3'-p2')/p3' 0,57.



[001] L'invention concerne les câbles multi-torons utilisables notamment pour le renforcement de pneumatiques, particulièrement de pneumatiques pour véhicules industriels lourds.

[002] Un pneumatique à armature de carcasse radiale comprend une bande de roulement, 5 deux bourrelets inextensibles, deux flancs reliant les bourrelets à la bande de roulement et une ceinture, ou armature de sommet, disposée circonférentiellement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement. Cette armature de sommet comprend plusieurs nappes de composition élastomérique, éventuellement renforcées par des éléments de renfort tels que des câbles ou des monofilaments, de type métallique ou textile.

10 **[003]** L'armature de sommet comprend généralement au moins deux nappes de sommet superposées, dites parfois nappes de travail ou nappes croisées, dont les éléments de renfort, en général métalliques, sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres à l'intérieur d'une nappe, mais croisés d'une nappe à l'autre, c'est-à-dire inclinés, symétriquement ou non, par rapport au plan circonférentiel médian, d'un angle qui est 15 généralement compris entre 10° et 45°. Les nappes de travail comprennent généralement des éléments de renfort présentant un très faible allongement de façon à assurer leur fonction de guidage du pneumatique.

[004] L'armature de sommet peut également comprendre diverses autres nappes ou 20 couches de composition élastomérique auxiliaires, de largeurs variables selon les cas, comportant ou non des éléments de renfort. On citera à titre d'exemple des nappes dites de protection chargées de protéger le reste de la ceinture des agressions externes, des perforations, ou encore des nappes dites de frettage comportant des éléments de renfort orientés sensiblement selon la direction circonférentielle (nappes dites à zéro degré), qu'elles 25 soient radialement externes ou internes par rapport aux nappes de travail. Les nappes de protection comprennent généralement des éléments de renfort présentant un allongement élevé de façon à se déformer sous l'effet d'une contrainte exercée par un indenteur, par exemple un rocher.

[005] On connaît de l'état de la technique un élément de renfort de nappe de travail 30 comprenant un câble métallique multi-torons à deux couches tel que divulgué dans les exemples de WO2015/090920. Ce câble comprend une couche interne du câble constituée d'un toron interne et une couche externe du câble constituée de six torons externes enroulés en hélice autour de la couche interne du câble.

[006] Chaque toron interne et externe comprend une couche interne du toron constituée 35 d'un unique fil interne, une couche intermédiaire constituée de six fils et une couche externe du toron constituée de onze fils externes. Les couches intermédiaire et externe du toron interne sont enroulées dans le sens S autour respectivement des couches interne et intermédiaire du toron interne. Les couches intermédiaire et externe de chaque toron externe

sont enroulées dans le sens Z autour respectivement des couches interne et intermédiaire de chaque toron externe. Les torons externes sont enroulés en hélice autour du toron interne dans un sens d'enroulement du câble, celui-ci étant le sens S. Chaque pas p_2 , p_2' des couches intermédiaire de chaque toron interne et externe est égal à 14 mm et chaque pas 5 p_3 , p_3' de la couche externe de chaque toron interne et externe est égal à 20 mm.

[007] Un pneumatique de véhicule industriel lourd, notamment de génie civil, est soumis à de nombreuses agressions. En effet, le roulage de ce type de pneumatique se fait habituellement sur un revêtement accidenté conduisant parfois à des perforations de la bande de roulement. Ces perforations permettent l'entrée d'agents corrosifs, par exemple 10 l'air et l'eau, qui oxydent les éléments de renfort métalliques de l'armature de sommet, notamment des nappes de sommet, et réduisent considérablement la durée de vie du pneumatique.

[008] Une solution pour augmenter la durée de vie du pneumatique est de lutter contre la propagation de ces agents corrosifs. On peut ainsi prévoir de recouvrir chaque couche 15 interne et intermédiaire d'une composition élastomérique lors de la fabrication du câble. Lors de ce procédé, la composition élastomérique présente pénètre dans les capillaires présents entre chaque couche de chaque toron et empêche ainsi la propagation des agents corrosifs. De tels câbles, généralement appelés câbles gommés *in situ*, sont bien connus de l'état de 20 la technique.

[009] Une autre solution pour augmenter la durée de vie du pneumatique est d'augmenter la force à rupture du câble. Généralement, on augmente la force à rupture en augmentant le diamètre des fils constituant le câble et/ou le nombre de fils et/ou la résistance unitaire de chaque fil. Toutefois, augmenter davantage le diamètre des fils, par exemple au-delà de 0,50 25 mm, entraîne nécessairement une baisse de la flexibilité du câble ce qui n'est pas souhaitable. Augmenter le nombre de fils entraîne la plupart du temps une baisse de la pénétrabilité des torons par la composition d'élastomère. Enfin, augmenter la résistance unitaire de chaque fil nécessite des investissements importants dans les installations de fabrication des fils.

[010] L'invention a pour but un câble présentant une pénétrabilité améliorée de ses torons 30 externes et une meilleure accessibilité du toron interne par la composition d'élastomère par rapport au câble de l'état de la technique permettant ainsi de réduire l'entrée et la propagation des agents corrosifs dans et le long du câble.

[011] CABLE SELON L'INVENTION

A cet effet, l'invention a pour objet un câble multi-torons à deux couches comprenant : 35

- une couche interne du câble constituée d'un toron interne à au moins deux couches comprenant :

- une couche interne constituée de Q fil(s) interne(s), et
- une couche externe constituée de N fils externes enroulés autour de la couche interne,

- une couche externe du câble constituée de $L > 1$ torons externes à trois couches

5 comprenant :

- une couche interne constituée de $Q' = 1$ fil interne
- une couche intermédiaire constituée de M' fils intermédiaires enroulés autour de la couche interne selon un pas $p2'$, et
- une couche externe constituée de N' fils externes enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas $p3'$,

10 dans lequel :

- la couche externe du câble est enroulée autour de la couche interne du câble selon un sens d'enroulement du câble ;
- chaque couche externe de chaque toron interne et externe est enroulée respectivement 15 autour de la couche interne et intermédiaire respectivement de chaque toron interne et externe selon un même sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble ;
- la couche externe du câble est désaturée, et
- les pas $p2'$ et $p3'$ vérifient $0,36 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,57$.

[012] On rappelle que, de manière connue, le pas d'un toron représente la longueur de ce toron, mesurée parallèlement à l'axe du câble, au bout de laquelle le toron ayant ce pas effectue un tour complet autour dudit axe du câble. De façon analogue, le pas d'un fil représente la longueur de ce fil, mesurée parallèlement à l'axe du toron dans lequel il se trouve, au bout de laquelle le fil ayant ce pas effectue un tour complet autour dudit axe du toron.

[013] Par sens d'enroulement d'une couche de torons ou de fils, on entend le sens formé par les torons ou les fils par rapport à l'axe du câble ou du toron. Le sens d'enroulement est communément désigné par la lettre soit Z, soit S.

[014] Les pas, sens d'enroulement et diamètres des fils et des torons sont déterminés conformément à la norme ASTM D2969-04 de 2014.

[015] Par définition, une couche de torons désaturée est telle qu'il existe suffisamment d'espace entre les torons de façon à permettre le passage d'une composition d'élastomère. Conformément à l'invention, la couche externe de torons est désaturée ce qui signifie que les torons externes ne se touchent pas et qu'il y a suffisamment d'espace entre deux torons externes adjacents permettant le passage d'une composition d'élastomère jusqu'au toron interne. En d'autres termes et toujours par définition, la distance inter-torons de la couche externe de torons externes définie, sur une section du câble perpendiculaire à l'axe principal du câble, comme la distance la plus courte qui sépare, en moyenne, les enveloppes

circulaires dans lesquelles sont inscrits deux torons externes adjacents, est, pour une couche de torons désaturée, supérieure ou égale à 30 µm.

[016] De préférence, la distance inter-torons la couche externe de torons externes est supérieure ou égale à 40 µm et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 50 µm.

5 **[017]** Par opposition, une couche saturée de torons est telle que la distance inter-torons des torons externes est inférieure à 30 µm.

[018] Par « au moins deux couches », on entend que le toron interne peut être, dans certains modes de réalisation, à deux couches, c'est-à-dire qu'il comprend uniquement deux couches mais n'en comprend pas uniquement une, ni trois ; et que dans d'autres modes de 10 réalisation, le toron interne peut être à trois couches, c'est-à-dire qu'il comprend uniquement trois couches mais n'en comprend pas uniquement deux, ni quatre.

[019] Dans l'invention, le câble est à deux couches de torons, c'est-à-dire qu'il comprend un assemblage constitué de deux couches de torons, ni plus ni moins, c'est-à-dire que l'assemblage a deux couches de torons, pas une, pas trois, mais uniquement deux. La 15 couche externe du câble est enroulée autour de la couche interne du câble au contact de la couche interne du câble.

[020] Le câble selon l'invention présente une pénétrabilité améliorée par rapport à un câble dont le rapport $(p3' - p2')/p3'$ est en dehors de la plage de rapports conforme à l'invention, comme par exemple le câble des exemples de WO2015/090920 pour lequel le rapport $(p3' - 20 p2')/p3'$ est égal à 0,30 et dont la pénétrabilité peut être améliorée grâce à l'invention. Les inventeurs à l'origine de l'invention émettent l'hypothèse que ce rapport permet d'obtenir des fenêtres de passage radial pour la composition d'élastomère relativement grandes au sein de chaque toron externe. Les fenêtres de passage radial sont définies comme étant l'intersection entre d'une part l'espace projeté sur un plan parallèle à l'axe principal du câble 25 entre deux fils adjacents de la couche externe d'un toron externe et d'autre part l'espace projeté sur un plan parallèle à l'axe principal du câble entre deux fils adjacents de la couche intermédiaire de ce toron externe. Une telle fenêtre de passage radial est illustrée sur la figure 14.

[021] De plus, grâce à la désaturation de la couche externe du câble, le câble selon 30 l'invention présente des espaces entre les torons externes permettant le passage de la composition d'élastomère. Dans l'état de la technique, on connaît des câbles présentant une force à rupture relativement élevée en raison de la saturation de la couche externe du câble (les torons externes sont deux à deux au contact les uns des autres) qui forme alors une voûte reprenant les efforts de traction s'exerçant sur le câble. Dans le câble selon l'invention, 35 bien que l'on casse la voûte autour du toron interne, la haute pénétrabilité des torons externes rendue possible par le rapport $(p3' - p2')/p3'$ et la désaturation de la couche externe du câble permet à la composition d'élastomère de pénétrer d'une part, entre les torons

externes et, d'autre part, entre les torons externes et le toron interne. Ainsi, on restaure au moins partiellement la voûte et donc on limite la perte de force à rupture du câble tout en assurant son excellente pénétrabilité. En outre, cette caractéristique permet à la composition d'élastomère de s'infiltrer entre les couches externes des torons interne et externes de façon à créer un matelas de composition d'élastomère absorbant au moins partiellement la composante radiale de la force entre les torons interne et externes.

5 [022] Conformément à l'invention, le sens d'enroulement du câble opposé aux sens d'enroulement de chaque couche externe de chaque toron interne et externe permet une meilleure pénétrabilité du câble, notamment entre les torons externes. Les inventeurs 10 émettent l'hypothèse que grâce à ces sens d'enroulements, les fils externes des torons externes croisent les fils externes du toron interne en formant une zone de contact relativement ponctuelle contrairement aux câbles des exemples de WO2015/090920 dans lequel le sens d'enroulement du câble est identique aux sens d'enroulement des couches externes de chaque toron interne et externe et dans lequel les fils externes des torons 15 externes croisent les fils externes du toron interne en formant une zone de contact moins ponctuelle et plus linéaire, empêchant le passage de la composition d'élastomère jusqu'au toron interne.

20 [023] De par l'invention et la relation entre p2' et p3', chaque toron externe est à couches cylindriques. De façon très avantageuse, le toron interne est à couches cylindriques que ce toron interne soit à deux ou trois couches. On rappelle que de telles couches cylindriques 25 sont obtenues lorsque les différentes couches d'un toron sont enroulées à des pas différents et/ou lorsque les sens d'enroulement de ces couches sont distincts d'une couche à l'autre. Un toron à couches cylindriques est très fortement pénétrable contrairement à un toron à couches compactes dans lequel les pas de toutes les couches sont égaux et les sens d'enroulement de toutes les couches sont identiques et présente une pénétrabilité bien plus 30 faible.

[024] De façon optionnelle et préférée, dans un mode de réalisation, le câble est dépourvu de toute composition polymérique, notamment le câble est dépourvu de gaine de toute composition polymérique recouvrant le toron interne. Dans un autre mode de réalisation, le 30 câble est dépourvu de toute composition élastomérique, notamment le câble est dépourvu de gaine de toute composition élastomérique recouvrant le toron interne.

[025] Avantageusement, le câble est métallique. Par câble métallique, on entend par définition un câble formé de fils constitués majoritairement (c'est-à-dire pour plus de 50% de ces fils) ou intégralement (pour 100% des fils) d'un matériau métallique. Un tel câble métallique est préférentiellement mise en œuvre avec un câble en acier, plus préférentiellement en acier perlitique (ou ferrito-perlitique) au carbone désigné ci-après par "acier au carbone", ou encore en acier inoxydable (par définition, acier comportant au moins

11% de chrome et au moins 50% de fer). Mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers ou d'autres alliages.

[026] Lorsqu'un acier au carbone est avantageusement utilisé, sa teneur en carbone (% en poids d'acier) est de préférence comprise entre 0,4% et 1,2%, notamment entre 0,5% et 5 1,1% ; ces teneurs représentent un bon compromis entre les propriétés mécaniques requises pour le pneumatique et la faisabilité des fils.

[027] Le métal ou l'acier utilisé, qu'il s'agisse en particulier d'un acier au carbone ou d'un acier inoxydable, peut être lui-même revêtu d'une couche métallique améliorant par exemple les propriétés de mise en œuvre du câble métallique et/ou de ses éléments constitutifs, ou 10 les propriétés d'usage du câble et/ou du pneumatique eux-mêmes, telles que les propriétés d'adhésion, de résistance à la corrosion ou encore de résistance au vieillissement. Selon un mode de réalisation préférentiel, l'acier utilisé est recouvert d'une couche de laiton (alliage Zn-Cu) ou de zinc.

[028] De préférence, les fils d'une même couche d'un toron prédéterminé (interne ou 15 externe) présentent tous sensiblement le même diamètre. Avantageusement, les torons externes présentent tous sensiblement le même diamètre. Par « sensiblement le même diamètre», on entend que les fils ou les torons ont le même diamètre aux tolérances industrielles près.

[029] Avantageusement, chaque fil de chaque toron présente un diamètre allant de 0,15 20 mm à 0,60 mm, de préférence de 0,20 mm à 0,50 mm, plus préférentiellement de 0,25 mm à 0,45 mm et encore plus préférentiellement de 0,28 mm à 0,42 mm.

[030] Par composition de polymère ou composition polymérique, on entend que la 25 composition comprend au moins un polymère. De préférence, un tel polymère peut être un thermoplastique, par exemple un polyester ou un polyamide, un polymère thermodurcissable, un élastomère, par exemple du caoutchouc naturel, un élastomère thermoplastique ou un mélange de ces polymères.

[031] Par composition d'élastomère ou composition élastomérique, on entend que la 30 composition comprend au moins un élastomère ou un caoutchouc (les deux termes étant synonymes) et au moins un autre composant. De préférence, la composition d'élastomère comprend également un système de vulcanisation, une charge. Plus préférentiellement, l'élastomère est diénique.

[032] Avantageusement, les torons externes sont enroulés en hélice autour du toron interne selon un pas allant de 40 mm à 100 mm et de préférence allant de 50 mm à 90 mm.

[033] Avantageusement, les pas p_2' et p_3' vérifient la relation $0,38 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$, de 35 préférence $0,40 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$, plus préférentiellement $0,43 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$ et encore plus préférentiellement $0,45 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$. Plus le rapport $(p_3' - p_2')/p_3'$ est important, autrement dit plus la différence entre p_3' et p_2' est importante, meilleure est la stabilité architecturale de

chaque toron externe. En effet, plus les couches intermédiaire et externe de chaque toron externe présentent des pas différents, plus les fils intermédiaires et externes sont croisés les uns par rapport aux autres (les contacts entre les fils intermédiaires et externes sont alors relativement ponctuels), mieux les fils externes vont tenir mécaniquement les fils intermédiaires et meilleure sera la pénétrabilité de chaque toron externe dont les fils de couches intermédiaire et externe seront alors régulièrement répartis au sein de chaque couche intermédiaire et externe. Cette tenue mécanique permet d'éviter que, d'une part, lors de la fabrication du câble, tous les fils de la couche intermédiaire se regroupent tous au contact les uns des autres sous l'effet des efforts mécaniques exercés par les outils d'assemblage et, d'autre part, que lors de la fabrication d'une nappe comprenant le câble ou du pneumatique comprenant le câble, tous les fils de la couche intermédiaire se regroupent tous au contact les uns des autres sous l'effet de la pression de la composition d'élastomère pénétrant le câble.

[034] En outre, pour un pas p_3' donné, en augmentant le rapport $(p_3' - p_2')/p_3'$, on réduit la distance interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe. L'homme du métier se serait attendu à observer une baisse de la pénétrabilité de chaque toron externe. Or, de façon complètement inattendue, comme le montrent les essais comparatifs décrits ci-après, en augmentant le rapport $(p_3' - p_2')/p_3'$, on diminue certes la distance interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe mais on augmente la dimension des fenêtres de passage radial de la composition d'élastomère de sorte que la pénétrabilité de chaque toron externe est notablement améliorée.

[035] Avantageusement, les pas p_2' et p_3' vérifient la relation $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,55$ et de préférence $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,53$. En dessous de ces valeurs, la dimension des fenêtres de passage radial de la composition d'élastomère est maximale et permet d'optimiser la pénétrabilité de chaque toron externe.

[036] De façon avantageuse, le pas p_2' est tel que $8 \text{ mm} \leq p_2' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p_2' \leq 14 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $8 \text{ mm} \leq p_2' \leq 12 \text{ mm}$.

[037] De façon avantageuse, le pas p_3' est tel que $10 \text{ mm} \leq p_3' \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $15 \text{ mm} \leq p_3' \leq 35 \text{ mm}$, plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p_3' \leq 25 \text{ mm}$ et encore plus préférentiellement $17 \text{ mm} \leq p_3' \leq 23 \text{ mm}$.

[038] Des pas p_2' et p_3' dans ces plages préférentielles permettent d'obtenir un câble présentant des propriétés mécaniques compatibles avec un usage pneumatique, un coût et une masse linéique du câble relativement faible.

[039] Avantageusement, dans le cas où $L=6$, $DI/DE > 1$, de préférence $DI/DE \geq 1,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,10$. Ainsi, on favorise davantage le passage de la composition d'élastomère entre les torons externes. Avantageusement, dans le cas où $L=6$, $DI/DE \leq 1,40$ et de préférence $DI/DE \leq 1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,30$. Ainsi, on évite d'avoir un

espace entre les torons externes trop important de façon à assurer d'une part la stabilité architecturale du câble et d'autre part maximiser la force à rupture en mettant le plus de torons externes possibles tout en permettant le passage de la composition d'élastomère entre les torons externes. On limite ainsi le diamètre externe du câble et donc on maximise

5 la masse métal que l'on peut mettre dans une nappe. D'autre part, on réduit l'épaisseur de la nappe et donc l'échauffement, la résistance au roulement et la masse du pneumatique.

10 [040] De plus, pour ces valeurs préférentielles de DI/DE, en favorisant encore davantage le passage de la composition d'élastomère entre les torons externes, on favorise la restauration de la voute du câble.

15 [041] Par définition, le diamètre d'un toron est le diamètre du cercle le plus petit dans lequel est circonscrit le toron.

20 [042] Avantageusement, dans le cas où $L=7$, $DI/DE \geq 1,30$, de préférence $DI/DE \geq 1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,40$. Avantageusement, dans le cas où $L=7$, $DI/DE \leq 1,70$, de préférence $DI/DE \leq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,60$.

25 [043] Avantageusement, dans le cas où $L=8$, $DI/DE \geq 1,60$, de préférence $DI/DE \geq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,70$. Avantageusement, dans le cas où $L=8$, $DI/DE \leq 2,0$, de préférence $DI/DE \leq 1,95$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,90$.

30 [044] Avantageusement, dans le cas où $L=9$, $DI/DE \geq 2,00$, de préférence $DI/DE \geq 2,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 2,10$. Avantageusement, dans le cas où $L=9$, $DI/DE \leq 2,50$, de préférence $DI/DE \leq 2,45$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 2,40$.

35 [045] De façon analogue au cas où $L=6$, pour les cas où $L=7, 8$ ou 9 , pour des valeurs relativement élevées de DI/DE, on favorise davantage le passage de la composition d'élastomère entre les torons externes, et, pour des valeurs relativement basses de DI/DE, on assure la stabilité architecturale du câble, on maximise la force à rupture tout en permettant le passage de la composition d'élastomère entre les torons externes, on limite le diamètre externe du câble, on réduit l'épaisseur de la nappe, donc l'échauffement, la résistance au roulement et la masse du pneumatique. Enfin, on restaure également la voûte du câble.

40 [046] Dans un mode de réalisation, L est égal à $6, 7, 8, 9$ ou 10 , de préférence $L=6, 7$ ou 8 et plus préférentiellement $L=6$.

45 [047] Optionnellement, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_1' de chaque fil interne de chaque toron externe, de préférence chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 égal au diamètre d_1' de chaque fil interne de chaque toron externe. Ainsi, on utilise le même diamètre de fil sur les couches internes de chaque toron interne et externe ce qui limite le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble.

50 [048] Optionnellement, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1

supérieur ou égal au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe, de préférence chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe.

[049] Optionnellement, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3' de chaque fil externe de chaque toron externe, de préférence chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_3' de chaque fil externe de chaque toron externe.

[050] Optionnellement, chaque fil externe du toron interne présente un diamètre d_3 supérieur ou égal au diamètre d_3' de chaque fil externe de chaque toron externe, de préférence chaque fil externe du toron interne présente un diamètre d_3 supérieur au diamètre d_3' de chaque fil externe de chaque toron externe. Préférentiellement, grâce à la caractéristique $d_3 > d_3'$, chaque fil externe du toron interne peut supporter la composante radiale de la force exercée par les torons externes sur le toron interne lors de la traction du câble. Cette caractéristique $d_3 > d_3'$ permet de restaurer, voire d'améliorer la force rupture du câble par rapport à un câble comprenant une voûte formée par les torons externes ou par rapport à un câble dans lequel $d_3 \leq d_3'$. De préférence, $1 < d_3/d_3' \leq 2$, plus préférentiellement $1 < d_3/d_3' \leq 1,5$ et encore plus préférentiellement $1 < d_3/d_3' \leq 1,25$ ou $1,25 < d_3/d_3' \leq 1,5$.

[051] Torons externes du câble selon l'invention

[052] Avantageusement, la somme $SI2'$ des distances interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe est telle que $SI2' < d_3'$ avec d_3' étant le diamètre de chaque fil externe de chaque toron externe, de préférence $SI2' \leq 0,8 \times d_3'$. La somme $SI2'$ est la somme des distances interfils séparant chaque couple de fils adjacents de la couche. La distance interfils d'une couche est définie, sur une section du câble perpendiculaire à l'axe principal du câble, comme la distance la plus courte qui sépare, en moyenne, deux fils adjacents de la couche. Ainsi, la distance interfils est calculée en divisant la somme $SI2'$ par le nombre d'espaces séparant les fils de la couche.

[053] Le diamètre d_3' des fils externes de la couche externe de chaque toron externe étant préférentiellement supérieur à la somme $SI2'$, on empêche les fils externes de pénétrer dans la couche intermédiaire. On assure ainsi une bonne stabilité architecturale, ce qui réduit le risque de modification des fenêtres de passage radial de la composition d'élastomère et donc le risque de dégrader de la bonne pénétrabilité de chaque toron externe.

[054] De façon avantageuse, la couche intermédiaire de chaque toron externe est désaturée, de préférence incomplètement insaturée. Par définition, une couche de fils désaturée est telle qu'il existe suffisamment d'espace entre les fils de façon à permettre le passage d'une composition d'élastomère. Ainsi, une couche désaturée signifie que les fils de cette couche ne se touchent pas et qu'il y a suffisamment d'espace entre deux fils adjacents

de la couche permettant le passage d'une composition d'élastomère au travers de la couche. En d'autres termes, et toujours par définition, la distance interfils d'une couche de fils désaturée est supérieure ou égale à 5 µm.

5 [055] De préférence, la distance interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe est supérieure ou égale à 10 µm, plus préférentiellement supérieure ou égale à 20 µm et encore plus préférentiellement à 30 µm.

[056] Par opposition, une couche saturée de fils est telle que la distance interfils est inférieure à 5 µm.

10 [057] La désaturation de la couche intermédiaire de chaque toron externe permet avantageusement de faciliter le passage de la composition d'élastomère dans et au travers de chaque toron externe.

15 [058] Par définition, une couche incomplètement insaturée est telle qu'il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(P+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les P fils de la couche. En l'espèce, il n'existe pas suffisamment de place dans la couche intermédiaire pour y ajouter au moins un $(M'+1)^{\text{ième}}$ fil intermédiaire du même diamètre que les M' fils intermédiaire de la couche intermédiaire.

20 [059] L'insaturation incomplète de la couche intermédiaire de chaque toron externe permet d'assurer une stabilité architecturale de la couche intermédiaire. On réduit ainsi le risque de voir un fil externe venir pénétrer la couche intermédiaire, ce qui modifierait les fenêtres de passage radial de la composition d'élastomère et donc dégraderait la bonne pénétrabilité de chaque toron externe.

[060] En outre, l'insaturation incomplète de la couche intermédiaire de chaque toron externe permet de s'assurer que chaque toron externe comprend un nombre relativement élevé de fils intermédiaires et donc présente une force à rupture relativement élevée.

25 [061] De façon avantageuse, la couche externe de chaque toron externe est désaturée, de préférence complètement insaturée. De façon analogue à la couche intermédiaire, la désaturation de la couche externe de chaque toron externe permet avantageusement de faciliter le passage de la composition d'élastomère dans et au travers de chaque toron externe.

30 [062] Par définition et comme déjà précisé ci-dessus, la distance interfils d'une couche de fils désaturée est supérieure ou égale à 5 µm.

[063] De préférence, la distance interfils de la couche externe de chaque toron externe est supérieure ou égale à 10 µm, plus préférentiellement supérieure ou égale à 20 µm et encore plus préférentiellement à 30 µm.

35 [064] Par définition, une couche complètement insaturée est, par opposition à une couche incomplètement insaturée, telle qu'il existe suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(P+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les P fils de la couche, plusieurs fils

pouvant alors être ou non au contact les uns des autres. En l'espèce, il existe suffisamment de place dans la couche externe de chaque toron externe pour y ajouter au moins un $(N'+1)^{\text{ème}}$ fil du même diamètre que les N' fils externe de la couche externe.

5 [065] L'insaturation complète de la couche externe de chaque toron externe permet de maximiser la pénétration de la composition d'élastomère dans chaque toron externe.

[066] Dans un mode de réalisation avantageux, le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d3'$ de chaque fil externe de chaque toron externe, de préférence le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur au diamètre $d3'$ de chaque fil externe de chaque toron externe. L'utilisation de 10 diamètres tels que $d1' > d3'$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche externe.

[067] Dans un autre mode de réalisation avantageux, le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe, de préférence chaque fil interne de chaque toron externe présente un 15 diamètre $d1'$ supérieur au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe. L'utilisation préférentielle de diamètres tels que $d1' > d2'$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche intermédiaire.

[068] Dans des modes de réalisation préférés, $Q'=1$, $M'=5$ ou 6 et $N'=10$, 11 ou 12 , de préférence $Q'=1$, $M'=5$ ou 6 , $N'=10$ ou 11 et plus préférentiellement $Q'=1$, $M'=6$ et $N'=11$.

20 [069] Plus avantageusement, $Q'=1$, $M'=5$ ou 6 , $N'=10$ ou 11 ,

- le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire dudit toron externe, et
- le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d3'$ de chaque fil externe dudit toron externe.

[070] Encore plus avantageusement, $Q'=1$, $M'=6$, $N'=11$,

- le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire dudit toron externe, et
- le fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur au diamètre $d3'$ de chaque fil externe dudit toron externe.

[071] Un tel toron externe présente les avantages de stabilité architecturale et de pénétrabilité présentés ci-dessus. En particulier, la désaturation des couches intermédiaire et externe, l'incomplète saturation de la couche intermédiaire et la complète insaturation de la 25 couche externe sont obtenues en utilisant des diamètres différents de fils.

[072] Très avantageusement, chaque fil intermédiaire de chaque toron externe présentant un diamètre $d2'$ et chaque fil externe de chaque toron externe présentant un diamètre $d3'$, $d2'=d3'$. Ainsi, on utilise le même diamètre de fil sur les couches intermédiaire et externe de chaque toron externe ce qui limite le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du

câble.

[073] Toron interne du câble selon l'invention

[074] De façon avantageuse, la couche externe du toron interne est désaturée, de préférence complètement insaturée. La désaturation de la couche externe du toron interne permet avantageusement de faciliter le passage de la composition d'élastomère jusqu'au centre du toron interne.

[075] Par définition et comme déjà précisé ci-dessus, la distance interfils d'une couche de fils désaturée est supérieure ou égale à 5 µm.

[076] De préférence, la distance interfils de la couche externe du toron interne est supérieure ou égale à 10 µm, plus préférentiellement supérieure ou égale à 20 µm et encore plus préférentiellement à 30 µm.

[077] La couche externe du toron interne est préférentiellement complètement insaturée, c'est-à-dire qu'il existe suffisamment de place dans la couche externe pour y ajouter au moins un $(N+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les N fils de la couche externe.

[078] L'insaturation complète de la couche externe du toron interne permet de maximiser la pénétration de la composition d'élastomère dans le toron interne.

[079] Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3 de chaque fil externe du toron interne.

[080] Dans un mode de réalisation, le toron interne est à deux couches. Dans ce mode de réalisation, la couche externe du toron interne est enroulée autour de la couche interne du toron interne au contact de la couche interne du toron interne. Dans ce mode de réalisation, le toron interne comprend un assemblage de fils constitué de deux couches de fils, ni plus ni moins, c'est-à-dire que l'assemblage de fils a deux couches de fils, pas une, pas trois, mais uniquement deux.

[081] Dans un mode de réalisation préféré, $Q > 1$, de préférence $Q = 2, 3$ ou 4 . Dans le cas où Q serait égal à 1, il existerait un risque de voir, sous l'effet des efforts répétés de compression appliqués au câble, le fil interne du toron interne sortir radialement du toron interne et même du câble. Grâce à la présence de plusieurs fils dans la couche interne du toron interne ($Q > 1$), on réduit ce risque, les efforts de compression étant alors répartis sur la pluralité de fils de la couche interne.

[082] Dans une première variante, $Q = 2$ et $N = 7$ ou 8 , de préférence $Q = 2$, $N = 7$.

[083] Dans une deuxième variante, $Q = 3$ et $N = 7, 8$ ou 9 , de préférence $Q = 3$, $N = 8$.

[084] Dans une troisième variante, $Q = 4$ et $N = 7, 8, 9$ ou 10 , de préférence $Q = 4$, $N = 9$.

[085] Très avantageusement, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d_1 égal au diamètre d_3 de chaque fil externe du toron interne. Ainsi, on utilise préférentiellement le même diamètre de fil sur les couches interne et externe du toron interne ce qui limite le

nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble.

[086] Dans un premier mode de réalisation du câble, la couche intermédiaire de chaque toron externe est enroulée autour de la couche interne de chaque toron externe selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

5 **[087]** Dans une première alternative de ce premier mode de réalisation, dans le cas où $Q>1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

[088] Dans une deuxième alternative de ce premier mode de réalisation, dans le cas où $Q>1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement 10 opposé au sens d'enroulement du câble.

[089] Dans un deuxième mode de réalisation du câble, la couche intermédiaire de chaque toron externe est enroulée autour de la couche interne de chaque toron externe selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

15 **[090]** Dans une première alternative de ce deuxième mode de réalisation, dans le cas où $Q>1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

[091] Dans une deuxième alternative de ce deuxième mode de réalisation, dans le cas où $Q>1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement 20 opposé au sens d'enroulement du câble. Dans cette deuxième alternative du deuxième mode de réalisation du câble particulièrement préférée, on limite les frottements des fils des couches adjacentes et donc leur usure.

[092] Ainsi, dans le cadre de l'invention, dans le cas d'un toron interne à 2 couches, on peut envisager les combinaisons de sens d'enroulement rassemblées dans le tableau A ci-dessous:

25

Câble										
Toron interne	sens C1	S	Z	Z	S	S	Z	Z	Z	S
	sens C3	Z	Z	S	S	Z	Z	S	S	S
Toron externe	sens C1'	inf								
	sens C2'	S	S	Z	Z	Z	Z	S	S	S
	sens C3'	Z	Z	S	S	Z	Z	S	S	S
Sens d'enroulement du câble		S	S	Z	Z	S	S	Z	Z	Z

Tableau A

30 **[093]** Dans un autre mode de réalisation particulièrement avantageux améliorant la force à 30 rupture du câble, le toron interne est à trois couches et comprend :

- une couche intermédiaire constituée de M fils intermédiaires enroulés autour de la couche interne, et
- une couche externe constituée de N fils externes enroulés autour de la couche intermédiaire.

5 [094] Dans ce mode de réalisation, la couche externe du toron interne est enroulée autour de la couche intermédiaire du toron interne au contact de la couche intermédiaire du toron interne et la couche intermédiaire du toron interne est enroulée autour de la couche interne du toron interne au contact de la couche interne du toron interne. Dans ce mode de réalisation, le toron interne comprend un assemblage de fils constitué de trois couches de fils, ni plus ni moins, c'est-à-dire que l'assemblage de fils a trois couches de fils, pas deux, pas quatre, mais uniquement trois.

10 [095] Avantageusement, la somme SI_2 des distances interfils de la couche intermédiaire est telle que $SI_2 < d_3$ avec d_3 étant le diamètre de chaque fil externe du toron interne, de préférence $SI_2 \leq 0,8 \times d_3$. De façon analogue au toron externe, le diamètre d_3 des fils 15 externes de la couche externe du toron interne étant préférentiellement supérieur à la somme SI_2 , on empêche les fils externes de pénétrer dans la couche intermédiaire. On assure ainsi une bonne stabilité architecturale, ce qui réduit le risque de modification des fenêtres de passage radial de la composition d'élastomère et donc le risque de dégrader de la bonne pénétrabilité du toron interne.

20 [096] De façon avantageuse, la couche intermédiaire du toron interne est désaturée, de préférence incomplètement insaturée. La désaturation de la couche intermédiaire du toron interne permet avantageusement de faciliter le passage de la composition d'élastomère jusqu'au centre du toron interne.

25 [097] Par définition et comme déjà précisé ci-dessus, la distance interfils d'une couche de fils désaturée est supérieure ou égale à 5 μm .

[098] De préférence, la distance interfils de la couche intermédiaire du toron interne est supérieure ou égale à 10 μm , plus préférentiellement supérieure ou égale à 20 μm et encore plus préférentiellement à 30 μm .

30 [099] La couche intermédiaire du toron interne est préférentiellement incomplètement insaturée, c'est-à-dire qu'il n'existe pas suffisamment de place dans la couche intermédiaire pour y ajouter au moins un $(M+1)^{\text{ème}}$ fil du même diamètre que les M fils de la couche intermédiaire.

35 [0100] L'insaturation incomplète de la couche intermédiaire du toron interne permet d'assurer une stabilité architecturale de la couche intermédiaire. En outre, l'insaturation incomplète de la couche intermédiaire du toron interne permet de s'assurer que le toron interne comprend un nombre relativement élevé de fils intermédiaires et donc présente une force à rupture relativement élevée.

[0101] Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d3 de chaque fil externe du toron interne. L'utilisation de diamètres tels que $d1 > d3$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche externe.

5 **[0102]** Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire du toron interne, de préférence chaque fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire du toron interne. L'utilisation préférentielle de diamètres tels que $d1 > d2$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère
10 au travers de la couche intermédiaire.

[0103] Dans des variantes préférées de ce mode de réalisation, $Q=1, 2, 3$ ou 4 , de préférence $Q=1, 2$ ou 3 et plus préférentiellement $Q=1$ ou 3 .

15 **[0104]** Dans un mode de réalisation préféré, $Q=1$. Dans le mode de réalisation où $Q=1$ et lorsque le câble est, contrairement à celui de l'invention, insuffisamment pénétré, il existe un risque de voir, sous l'effet des efforts répétés de compression appliqués au câble, le fil interne du toron interne sortir radialement du toron interne et même du câble. Grâce à l'invention, le toron interne étant excellemment bien pénétré et malgré $Q=1$, la composition d'élastomère agit comme un couche de fretteage autour du toron interne, notamment autour des couches externe et intermédiaire du toron interne empêchant la sortie du fil interne
20 même sous des efforts répétés de compression.

[0105] Dans le mode de réalisation où $Q=1$, les M fils intermédiaires sont enroulés autour de la couche interne selon un pas $p2$ et les N fils externes sont enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas $p3$, les pas $p2$ et $p3$ vérifiant alors : $0,36 \leq (p3-p2)/p3 \leq 0,57$. Un tel rapport $(p3-p2)/p3$ permet d'obtenir des fenêtres de passage radial pour la composition d'élastomère relativement grandes au sein du toron interne.

25 **[0106]** Avantageusement, les pas $p2$ et $p3$ vérifient $0,38 \leq (p3-p2)/p3$, de préférence $0,40 \leq (p3-p2)/p3$, plus préférentiellement $0,43 \leq (p3-p2)/p3$ et encore plus préférentiellement $0,45 \leq (p3-p2)/p3$. D'une façon analogue au toron externe, plus le rapport $(p3-p2)/p3$ est important, autrement dit plus la différence entre $p3$ et $p2$ est importante, meilleure est la stabilité
30 architecturale du toron interne.

[0107] Avantageusement, les pas $p2$ et $p3$ vérifient $(p3-p2)/p3 \leq 0,55$ et de préférence $(p3-p2)/p3 \leq 0,53$. En dessous de ces valeurs, la dimension des fenêtres de passage radial de la composition d'élastomère est maximale et permet d'optimiser la pénétrabilité du toron interne.

35 **[0108]** De façon avantageuse, le pas $p2$ est tel que $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 14 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 12 \text{ mm}$.

[0109] De façon avantageuse, le pas $p3$ est tel que $10 \text{ mm} \leq p3 \leq 40 \text{ mm}$, de préférence 15

mm \leq p3 \leq 35 mm, plus préférentiellement 15 mm \leq p3 \leq 25 mm et encore plus préférentiellement 17 mm \leq p3 \leq 23 mm.

5 [0110] Des pas p2 et p3 dans ces plages préférentielles permettent d'obtenir un câble présentant des propriétés mécaniques compatibles avec un usage pneumatique, un coût et une masse linéique du câble relativement faible.

[0111] Dans un mode de réalisation préféré, Q=1, M=5 ou 6 et N=10, 11 ou 12, de préférence Q=1, M=5 ou 6, N=10 ou 11 et plus préférentiellement Q=1, M=6 et N=11.

[0112] Plus avantageusement,

- Q=1, M=5 ou 6, N=10 ou 11,
- le fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire du toron interne, et
- le fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d3 de chaque fil externe du toron interne.

10 [0113] Encore plus avantageusement,

- Q=1, M=6, N=11,
- le fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire du toron interne, et
- le fil interne du toron interne présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d3 de chaque fil externe du toron interne.

[0114] Un tel toron interne présente les avantages de stabilité architecturale et de pénétrabilité présentés ci-dessus. En particulier, la désaturation des couches intermédiaire et externe, l'incomplète saturation de la couche intermédiaire et la complète insaturation de la couche externe sont obtenues en utilisant des diamètres différents de fils.

15 [0115] Dans un autre mode de réalisation préféré, Q=3, M=8 ou 9 et N=13, 14 ou 15, de préférence Q=3, M=8 ou 9, N=14 ou 15, plus préférentiellement Q=3, M=9, N=14 ou 15 et encore plus préférentiellement Q=3, M=9 et N=15. Dans le mode de réalisation où Q=3 et lorsque le câble est, contrairement à celui de l'invention, insuffisamment pénétré, il existe un risque de voir, une très forte propagation des agents corrosifs entre les Q=3 fils internes qui délimitent un capillaire central très favorable à leur propagation le long du câble. Grâce à l'invention et dans le mode de réalisation où Q=3, le câble étant excellement bien pénétré, la composition d'élastomère empêche les agents corrosifs d'accéder au capillaire central, et dans le meilleur des cas où le capillaire central est lui-même pénétré, la propagation de ces agents corrosifs le long du câble.

20 [0116] Plus avantageusement,

- Q=3, M=8 ou 9, N=14 ou 15,
- les fils internes du toron interne présentent un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire du toron interne, et

- les fils internes du toron interne présentent un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3 de chaque fil externe du toron interne.

[0117] Encore plus avantageusement,

- $Q=3$, $M=9$, $N=14$ ou 15 ,

- les fils internes du toron interne présentent un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire du toron interne, et

5 - les fils internes du toron interne présentent un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_3 de chaque fil externe du toron interne.

[0118] Un tel toron interne présente les avantages de stabilité architecturale et de pénétrabilité présentés ci-dessus. En particulier, la désaturation des couches intermédiaire et externe, l'incomplète saturation de la couche intermédiaire et la complète insaturation de la 10 couche externe sont obtenues en utilisant des diamètres différents de fils.

[0119] Très avantageusement, chaque fil intermédiaire du toron interne présentant un diamètre d_2 et chaque fil externe du toron interne présentant un diamètre d_3 , $d_2=d_3$. Ainsi, on utilise le même diamètre de fil sur les couches intermédiaire et externe du toron interne ce qui limite le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble.

15 **[0120]** De préférence, chaque fil intermédiaire du toron interne présente un diamètre d_2 supérieur ou égal au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe, de préférence chaque fil intermédiaire du toron interne présente un diamètre d_2 supérieur au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe.

[0121] Dans un premier mode de réalisation du câble, la couche intermédiaire de chaque 20 toron externe est enroulée autour de la couche interne de chaque toron externe selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

[0122] Dans une première alternative de ce premier mode de réalisation, la couche intermédiaire du toron interne est enroulée autour de la couche interne du toron interne selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

25 **[0123]** Dans une deuxième alternative de ce premier mode de réalisation, la couche intermédiaire du toron interne est enroulée autour de la couche interne du toron interne selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

[0124] Dans chacune des première et deuxième alternatives décrites ci-dessus de ce premier mode de réalisation, dans le cas où $Q>1$, la couche interne du toron interne est 30 enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble ou, en variante, selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

[0125] Dans un deuxième mode de réalisation du câble, la couche intermédiaire de chaque toron externe est enroulée autour de la couche interne de chaque toron externe selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

35 **[0126]** Dans une première alternative de ce deuxième mode de réalisation, la couche

intermédiaire du toron interne est enroulée autour de la couche interne du toron interne selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

5 [0127] Dans une deuxième alternative de ce deuxième mode de réalisation, la couche intermédiaire du toron interne est enroulée autour de la couche interne du toron interne selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble. Dans cette deuxième alternative du deuxième mode de réalisation du câble particulièrement préférée, on limite les frottements des fils des couches adjacentes et donc leur usure.

10 [0128] Dans chacune des première et deuxième alternatives décrites ci-dessus de ce deuxième mode de réalisation, dans le cas où $Q>1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble ou, en variante, selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

15 [0129] Ainsi, dans le cadre de l'invention dans le cas d'un toron interne à 3 couches, on peut envisager les combinaisons de sens d'enroulement rassemblées dans le tableau B ci-dessous, avec ND signifiant que :

- dans le cas d'une couche interne du toron interne constituée d'un unique fil, le fil n'a pas de sens car son pas est infini, et
- dans le cas d'une couche interne du toron interne constituée de plusieurs fils ($Q>1$), le sens d'enroulement peut être indifféremment S ou Z :

		Câble							
		sens C1	ND						
Toron interne	sens C2	S	Z	Z	S	S	Z	Z	S
	sens C3	Z	Z	S	S	Z	Z	S	S
	sens C1'	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf	inf
Toron externe	sens C2'	S	S	Z	Z	Z	Z	S	S
	sens C3'	Z	Z	S	S	Z	Z	S	S
	Sens d'enroulement du câble	S	S	Z	Z	S	S	Z	Z

Tableau B

25 [0130] Dans un mode de réalisation, le toron interne est du type gommé in situ. Un tel toron comprend, avant assemblage du câble, une couche d'une composition de polymère, notamment une composition d'élastomère agencée entre au moins deux couches de fils radialement adjacentes, éventuellement entre chaque couche de fils radialement adjacentes. Un tel toron gommé in situ est notamment décrit dans WO2010/054790.

[0131] Dans un autre mode de réalisation, le toron interne est du type non gommé in situ. Par non gommé in situ, on entend qu'avant assemblage du câble, le toron interne est constitué des fils des différentes couches et dépourvu de composition de polymère,

notamment de composition d'élastomère.

[0132] PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[0133] Un autre objet de l'invention est un pneumatique comprenant au moins un câble tel que défini ci-dessus.

[0134] De préférence, le pneumatique comporte une armature de carcasse ancrée dans deux bourrelets et surmontée radialement par une armature de sommet elle-même surmontée d'une bande de roulement, l'armature de sommet étant réunie auxdits bourrelets par deux flancs et comportant au moins un câble tel que défini ci-dessus.

10 [0135] Dans un mode de réalisation préféré, l'armature de sommet comprend une armature de protection et une armature de travail, l'armature de travail comprenant au moins un câble tel que défini ci-dessus, l'armature de protection étant radialement intercalée entre la bande de roulement et l'armature de travail.

15 [0136] Le câble est tout particulièrement destiné à des véhicules industriels choisis parmi des véhicules lourds tels que "Poids lourd" - i.e., métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), véhicules hors-la-route -, engins agricoles ou de génie civil, autres véhicules de transport ou de manutention.

20 [0137] De manière préférentielle, le pneumatique est pour véhicule de type génie civil. Ainsi, le pneumatique présente une dimension dans laquelle le diamètre, en pouces, du siège de la jante sur laquelle le pneumatique est destiné à être monté est supérieur ou égal à 40 pouces.

[0138] 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 :

- 25 – la figure 1 est une vue en coupe perpendiculaire à la direction circonférentielle d'un pneumatique selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue de détails de la zone II de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue schématique en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos) d'un câble $[(0.38+(6+11)\times 0.35)+6\times(0.38+(6+11)\times 0.30)]+0.28$ selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(0.38+(6+12)\times 0.35)+6\times(0.38+(6+12)\times 0.30)]+0.28$ selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(0.38+(6+11)\times 0.35)+6\times(0.35+(5\times 0.35+11\times 0.30))]+0.28$ selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 6 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(1+6+12)\times 0.40+7\times(0.32+(6+11)\times 0.26)]+0.28$ selon un quatrième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(3+9+15)\times 0.38+6\times(0.45+(6+11)\times 0.38)]+0.28$ selon un cinquième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 8 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(0.38+(6+11)\times 0.35)+6\times(0.38+(6+11)\times 0.30)]+0.28$ selon un sixième mode de réalisation de l'invention ;
- 10 - la figure 9 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(0.60+6\times 0.50+11\times 0.45)+6\times(0.45+(6+11)\times 0.38)]+0.28$ selon un septième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 10 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(2+7)\times 0.45+6\times(0.38+(6+11)\times 0.30)]+0.28$ selon un huitième mode de réalisation de l'invention ;
- 15 - la figure 11 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(3+8)\times 0.42+6\times(0.38+(6+11)\times 0.30)]+0.28$ selon un neuvième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 12 est une vue analogue à celle de la figure 3 d'un câble $[(4+9)\times 0.40+6\times(0.38+(6+11)\times 0.30)]+0.28$ selon un dixième mode de réalisation de l'invention ;
- 20 - la figure 13 est une vue schématique en projection sur un plan comprenant l'axe d'un toron externe avant assemblage du câble selon le premier mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 14 est une vue de détails de la zone XIV représentant une fenêtre de passage radial délimitée par des fils d'une couche intermédiaire et des fils d'une couche externe du toron externe de la figure 13.

25 [0139] Tout intervalle de valeurs désigné par l'expression « entre a et b » représente le domaine de valeurs allant de plus de a à moins de b (c'est-à-dire bornes a et b exclues) tandis que tout intervalle de valeurs désigné par l'expression « de a à b » signifie le domaine de valeurs allant de la borne « a » jusqu'à la borne « b » c'est-à-dire incluant les bornes strictes « a » et « b ».

[0140] EXEMPLE DE PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

- [0141] Dans les figures, on a représenté un repère X, Y, Z correspondant aux orientations habituelles respectivement axiale (X), radiale (Y) et circonférentielle (Z) d'un pneumatique.
- 35 [0142] Le « plan circonférentiel médian » M 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.

[0143] On a représenté sur les figures 1 et 2 un pneumatique selon l'invention et désigné par la référence générale 10.

5 [0144] Le pneumatique 10 est pour véhicule lourd de type génie civil, par exemple de type « dumper ». Ainsi, le pneumatique 10 présente une dimension de type 53/80R63.

[0145] Le pneumatique 10 comporte un sommet 12 renforcé par une armature de sommet 14, deux flancs 16 et deux bourrelets 18, chacun de ces bourrelets 18 étant renforcé avec une structure annulaire, ici une tringle 20. L'armature de sommet 14 est surmontée radialement d'une bande de roulement 22 et réunie aux bourrelets 18 par les flancs 16. Une 10 armature de carcasse 24 est ancrée dans les deux bourrelets 18, et est ici enroulée autour des deux tringles 20 et comprend un retournement 26 disposé vers l'extérieur du pneumatique 20 qui est ici représenté monté sur une jante 28. L'armature de carcasse 24 est surmontée radialement par l'armature de sommet 14.

[0146] L'armature de carcasse 24 comprend au moins une nappe de carcasse 30 renforcée 15 par des câbles de carcasse radiaux (non représentés). Les câbles de carcasse sont agencés sensiblement parallèlement les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet 18 à l'autre de manière à former un angle compris entre 80° et 90° avec le plan circonférentiel médian M (plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique qui est situé à mi-distance des deux bourrelets 18 et passe par le milieu de l'armature de sommet 14).

20 [0147] Le pneumatique 10 comprend également une nappe d'étanchéité 32 constituée d'un élastomère (communément appelée gomme intérieure) qui définit la face radialement interne 34 du pneumatique 10 et qui est destinée à protéger la nappe de carcasse 30 de la diffusion d'air provenant de l'espace intérieur au pneumatique 10.

[0148] L'armature de sommet 14 comprend, radialement de l'extérieur vers l'intérieur du 25 pneumatique 10, une armature de protection 36 agencée radialement à l'intérieur de la bande de roulement 22, une armature de travail 38 agencée radialement à l'intérieur de l'armature de protection 36 et une armature additionnelle 40 agencée radialement à l'intérieur de l'armature de travail 38. L'armature de protection 36 est ainsi radialement intercalée entre la bande de roulement 22 et l'armature de travail 38. L'armature de travail 38 30 est radialement intercalée entre l'armature de protection 36 et l'armature additionnelle 40.

[0149] L'armature de protection 36 comprend des première et deuxième nappes de protection 42, 44 comprenant des câbles métalliques de protection, la première nappe 42 étant agencée radialement à l'intérieur de la deuxième nappe 44. De façon optionnelle, les câbles métalliques de protection font un angle au moins égal à 10°, de préférence allant de 35 10° à 35° et préférentiellement de 15° à 30° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique.

[0150] L'armature de travail 38 comprend des première et deuxième nappes de travail 46,

48, la première nappe 46 étant agencée radialement à l'intérieur de la deuxième nappe 48. Chaque nappe 46, 48 comprend au moins un câble 50. De façon optionnelle, les câbles métalliques 50 de travail sont croisés d'une nappe de travail à l'autre et font un angle au plus égal à 60°, de préférence allant de 15° à 40° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique.

5 [0151] L'armature additionnelle 40, également appelée bloc limiteur, dont la fonction est de reprendre en partie les sollicitations mécaniques de gonflage, comprend, par exemple et de façon connue en soi, des éléments de renfort métalliques additionnels, par exemple tels que décrits dans FR 2 419 181 ou FR 2 419 182 faisant un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10.

[0152] CABLE SELON UN PREMIER MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0153] On a représenté sur la figure 3 le câble 50 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

15 [0154] Le câble 50 est métallique et est du type multi-torons à deux couches cylindriques. Ainsi, on comprend que les couches de torons constituant le câble 50 sont au nombre de deux, ni plus, ni moins. Les couches de torons sont adjacentes et concentriques. Le câble 50 est dépourvu de composition polymérique et de composition d'élastomère lorsqu'il n'est pas intégré au pneumatique.

20 [0155] Le câble 50 comprend une couche interne CI du câble 50 ainsi qu'une couche externe CE du câble 50. La couche interne CI est constituée d'un unique toron interne TI. La couche externe CE est constituée de L>1 torons externes, c'est-à-dire plusieurs torons externes TE. En l'espèce, L=6, 7, 8, 9 ou 10, de préférence L=6, 7 ou 8 et en l'espèce L=6.

[0156] Le câble 50 comprend également une frette F constituée d'un unique fil de frette.

25 [0157] Le toron interne TI présente un pas infini.

[0158] La couche externe CE est enroulée autour de la couche interne CI selon un sens d'enroulement du câble, ici le sens S. Les torons externes TE sont enroulés en hélice autour du toron interne TI selon un pas p tel que $40 \text{ mm} \leq p \leq 100 \text{ mm}$ et de préférence $50 \text{ mm} \leq p \leq 90 \text{ mm}$. Ici $p=70 \text{ mm}$.

30 [0159] La frette F est enroulée autour de la couche externe CE selon un sens d'enroulement de la frette, ici opposé au sens d'enroulement du câble, en l'espèce dans le sens Z. Le fil de frette est enroulé en hélice autour des torons externes TE selon un pas pf tel que $2 \text{ mm} \leq pf \leq 10 \text{ mm}$ et de préférence $3 \text{ mm} \leq pf \leq 8 \text{ mm}$. Ici $pf=5,1 \text{ mm}$.

35 [0160] L'assemblage constitué par les couches interne CI et externe CE, c'est-à-dire le câble 50 sans la frette F, présente un diamètre D supérieur ou égal à 4 mm et inférieur ou égal à 6 mm, de préférence à 5 mm et plus préférentiellement à 4,3 mm. Ici, D= 4,9 mm.

[0161] La couche externe CE du câble 50 est désaturée. La distance E inter-torons

moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est donc supérieure ou égale à 30 μm . De préférence, la distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est supérieure ou égale à 45 μm et plus préférentiellement à 75 μm . Ici, $E=87,3 \mu\text{m}$.

- 5 [0162] Le toron interne TI présente un diamètre DI et chaque toron externe TE présente un diamètre DE tels que le rapport $DI/DE > 1$, de préférence $DI/DE \geq 1,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,10$. Ce rapport DI/DE est également tel que $DI/DE \leq 1,40$ et de préférence $DI/DE \leq 1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,30$. En l'espèce, $DI=1,78 \text{ mm}$, $DE=1,580 \text{ mm}$ et $DI/DE=1,13$.

10

[0163] Toron interne TI du câble 50

[0164] Le toron interne TI est à au moins deux couches. En l'espèce, le toron interne TI est à trois couches. Le toron interne TI comprend, ici est constitué, de trois couches, pas plus, pas moins.

- 15 [0165] Le toron interne TI comprend une couche interne C1 constituée de Q fil(s) interne(s) F1, une couche intermédiaire C2 constituée de M fils intermédiaires F2 enroulés en hélice autour de la couche interne C1 et une couche externe C3 constituée de N fils externes F3 enroulés en hélice autour de la couche interne C1 et autour et au contact de la couche intermédiaire C2.

20 [0166] $Q=1, 2, 3$ ou 4 , de préférence $Q=1, 2$ ou 3 et plus préférentiellement ici $Q=1$.

[0167] Avec $Q=1$, $M=5$ ou 6 et $N=10, 11$ ou 12 , de préférence $Q=1$, $M=5$ ou 6 et $N=10$ ou 11 et ici $Q=1$, $M=6$ et $N=11$.

[0168] Le fil interne F1 présente un pas infini.

- 25 [0169] La couche intermédiaire C2 du toron interne TI est enroulée autour de la couche interne C1 du toron interne TI selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement du câble S. Les M fils intermédiaires F2 sont enroulés en hélice autour du fil interne F1 selon un pas p_2 tel que $8 \text{ mm} \leq p_2 \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p_2 \leq 14 \text{ mm}$. Ici $p_2=14 \text{ mm}$.

- [0170] La couche externe C3 du toron interne TI est enroulée autour des couches interne C1 et intermédiaire C2 du toron interne TI selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement du câble S et dans le même sens Z que la couche intermédiaire C2 du toron interne TI. Les N fils externes F3 sont enroulés en hélice autour des M fils intermédiaires F2 selon un pas p_3 tel que $10 \text{ mm} \leq p_3 \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $15 \text{ mm} \leq p_3 \leq 35 \text{ mm}$, plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p_3 \leq 25 \text{ mm}$ et encore plus préférentiellement $17 \text{ mm} \leq p_3 \leq 23 \text{ mm}$. Ici $p_3=20 \text{ mm}$.

- 35 [0171] La couche intermédiaire C2 du toron interne TI est désaturée et incomplètement insaturée. Etant désaturée, la distance interfils I2 de la couche intermédiaire C2 séparant en moyenne les M fils intermédiaires est supérieure ou égale à $5 \mu\text{m}$. La distance interfils I2 est

de préférence supérieure ou égale à 10 μm et ici égale à 11,6 μm .

[0172] La somme SI_2 des distances interfils I_2 de la couche intermédiaire C_2 est inférieure au diamètre d_3 des fils externes F_3 de la couche externe C_3 et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d_3$. Ici, la somme $SI_2=6 \times 0,0116=0,07 \text{ mm}$, valeur strictement inférieure à $d_3=0,35 \text{ mm}$.

[0173] La couche externe C_3 du toron interne TI est désaturée et complètement insaturée. Etant désaturée, La distance interfils I_3 de la couche externe C_3 séparant en moyenne les N fils externes est supérieure ou égale à 5 μm . La distance interfils I_3 est de préférence supérieure ou égale à 10 μm , plus préférentiellement supérieure ou égale à 20 μm et encore plus préférentiellement à 30 μm et ici égale à 45 μm . La somme SI_3 des distances interfils I_3 de la couche externe C_3 est supérieure au diamètre d_3 des fils externes F_3 de la couche externe C_3 . Ici, la somme $SI_3=11 \times 0,045=0,50 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d_3=0,35 \text{ mm}$.

[0174] Chaque fil interne, intermédiaire et externe de chaque toron externe TE présente respectivement un diamètre d_1 , d_2 et d_3 . Chaque diamètre des fils interne d_1 , intermédiaires d_2 et externes d_3 du toron interne TI va de 0,15 mm à 0,60 mm, de préférence de 0,20 mm à 0,50 mm, plus préférentiellement de 0,25 mm à 0,45 mm et encore plus préférentiellement de 0,28 mm à 0,42 mm.

[0175] Le fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire F_2 du toron interne TI . Le fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3 de chaque fil externe F_3 du toron interne TI . Chaque diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire F_2 du toron interne TI et chaque diamètre d_3 de chaque fil externe F_3 du toron interne TI sont tels que $d_2=d_3$.

[0176] En l'espèce, $d_1>d_2$ et $d_1>d_3$ et $d_1=0,38 \text{ mm}$, $d_2=d_3=0,35 \text{ mm}$.

25

[0177] Torons externes TE du câble 50

[0178] Chaque toron externe TE est à trois couches. Ainsi, chaque toron externe TE comprend, ici est constitué, de trois couches, pas plus, pas moins.

[0179] Chaque toron externe TE comprend une couche interne C_1' constituée de $Q'=1$ fil interne, une couche intermédiaire C_2' constituée de M' fils intermédiaires F_2' enroulés en hélice autour de la couche interne C_1' et une couche externe C_3' constituée de N' fils externes F_3' enroulés en hélice autour de la couche interne C_1' et autour et au contact de la couche intermédiaire C_2' .

[0180] $Q'=1$, $M'=5$ ou 6 et $N'=10$, 11 ou 12 , de préférence ici $Q'=1$, $M'=5$ ou 6 et $N'=10$ ou 11 et ici $Q'=1$, $M'=6$, $N'=11$.

[0181] Le fil interne F_1' présente un pas infini.

[0182] La couche intermédiaire C_2' de chaque toron externe TE est enroulée autour de la

couche interne C1' de chaque toron externe TE selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement S du câble. Les M' fils intermédiaires F2' sont enroulés en hélice autour du ou des fil(s) interne(s) F1' selon un pas p2' tel que $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 14 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 12 \text{ mm}$. Ici $p2'=10 \text{ mm}$.

5 [0183] La couche externe C3' de chaque toron externe TE est enroulée autour de la couche intermédiaire C2' de chaque toron externe TE selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement S du câble et dans le même sens Z que la couche intermédiaire C2' de chaque toron externe TE et dans le même sens Z que la couche externe C3 du toron interne TI. Les N' fils externes F3' sont enroulés en hélice autour des M' fils intermédiaires F2' selon 10 un pas p3' tel que $10 \text{ mm} \leq p3' \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $15 \text{ mm} \leq p3' \leq 35 \text{ mm}$, plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3' \leq 25 \text{ mm}$ et encore plus préférentiellement $17 \text{ mm} \leq p3' \leq 23 \text{ mm}$. Ici $p3'=20 \text{ mm}$.

[0184] Les pas p2' et p3' vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$.

[0185] $0,38 \leq (p3'-p2')/p3'$, de préférence $0,40 \leq (p3'-p2')/p3'$, plus préférentiellement $0,43 \leq 15 (p3'-p2')/p3'$ et encore plus préférentiellement $0,45 \leq (p3'-p2')/p3'$.

[0186] $(p3'-p2')/p3' \leq 0,55$ et de préférence $(p3'-p2')/p3' \leq 0,53$.

[0187] En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0188] La couche intermédiaire C2' de chaque toron externe TE est désaturée et incomplètement insaturée. Etant désaturée, la distance interfils I2' de la couche intermédiaire 20 C2' séparant en moyenne les M' fils intermédiaires est supérieure ou égale à $5 \mu\text{m}$. La distance interfils I2' est de préférence supérieure ou égale à $10 \mu\text{m}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à $20 \mu\text{m}$ et encore plus préférentiellement à $30 \mu\text{m}$ et ici égale à $35,4 \mu\text{m}$.

[0189] La somme SI2' des distances interfils I2' de la couche intermédiaire C2' est inférieure 25 au diamètre d3' des fils externes F3' de la couche externe C3' et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d3'$. Ici, la somme $SI2'=6 \times 0,0354=0,21 \text{ mm}$, valeur strictement inférieure à $d3'=0,30 \text{ mm}$.

[0190] La couche externe C3' de chaque toron externe TE est désaturée et complètement insaturée. Etant désaturée, la distance interfils I3' de la couche externe C3' séparant en 30 moyenne les N' fils externes est supérieure ou égale à $5 \mu\text{m}$. La distance interfils I3' est de préférence supérieure ou égale à $10 \mu\text{m}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à $20 \mu\text{m}$ et encore plus préférentiellement à $30 \mu\text{m}$ et ici égale à $55,4 \mu\text{m}$. La somme SI3' des distances interfils I3' de la couche externe C3' est supérieure au diamètre d3' des fils externes F3' de la couche externe C3'. Ici, la somme $SI3'=11 \times 0,0554=0,61 \text{ mm}$, valeur 35 strictement supérieure à $d3'=0,30 \text{ mm}$.

[0191] Chaque fil interne, intermédiaire et externe de chaque toron externe TE présente respectivement un diamètre d1', d2' et d3'. Chaque diamètre des fils interne d1',

intermédiaires d_2' et externes d_3' du toron interne TI va de 0,15 mm à 0,60 mm, de préférence de 0,20 mm à 0,50 mm, plus préférentiellement de 0,25 mm à 0,45 mm et encore plus préférentiellement de 0,28 mm à 0,42 mm.

[0192] Le fil interne F_1' de chaque toron externe TE présente un diamètre d_1' supérieur ou

5 égal au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire F_2' de chaque toron externe TE. Le fil interne F_1' de chaque toron externe TE présente un diamètre d_1' supérieur ou égal au diamètre d_3' de chaque fil externe F_3' de chaque toron externe TE. Chaque diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire F_2' de chaque toron externe TE et chaque diamètre d_3' de chaque fil externe F_3' de chaque toron externe TE sont tels que $d_2'=d_3'$.

10 [0193] En l'espèce, $d_1'>d_2'$ et $d_1'>d_3'$ et $d_1'=0,38$ mm, $d_2'=d_3'=0,30$ mm.

[0194] Chaque fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_1' de chaque fil interne F_1' de chaque toron externe TE, de préférence chaque fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 égal au diamètre d_1' de chaque fil interne F_1' de chaque toron externe TE. Ici, $d_1=d_1'=0,38$ mm.

[0195] Chaque fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire F_2' de chaque toron externe TE, de préférence chaque fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire F_2' de chaque toron externe TE. Ici $d_1=0,38$ mm > $d_2'=0,30$ mm.

20 [0196] Chaque fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3' de chaque fil externe F_3' de chaque toron externe TE, de préférence chaque fil interne F_1 du toron interne TI présente un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_3' de chaque fil externe F_3' de chaque toron externe TE. Ici $d_1=0,38$ mm > $d_3'=0,30$ mm.

[0197] Chaque fil intermédiaire F_2 du toron interne TI présente un diamètre d_2 supérieur ou 25 égal au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire F_2' de chaque toron externe TE. De préférence, ici, $d_2=0,35$ mm > $d_2'=0,30$ mm.

[0198] Chaque fil externe F_3 du toron interne TI présente un diamètre d_3 supérieur ou égal au diamètre d_3' de chaque fil externe F_3 de chaque toron externe TE. De préférence, ici $d_3=0,35$ mm > $d_3'=0,30$ mm.

30 [0199] Chaque fil présente une résistance à la rupture, notée R_m , telle que $2500 \leq R_m \leq 3100$ MPa. On dit de l'acier de ces fils qu'il est de grade SHT (« Super High Tensile »). D'autres fils peuvent être utilisés, par exemple des fils de grade inférieur, par exemple de grade NT (« Normal Tensile ») ou HT (« High Tensile »), comme des fils de grade supérieur, par exemple de grade UT (« Ultra Tensile ») ou MT (« Mega Tensile »).

[0200] PROCEDE DE FABRICATION DU CABLE SELON L'INVENTION

[0201] On fabrique le câble selon l'invention grâce à un procédé comprenant des étapes

bien connues de l'homme du métier. Ainsi, on rappelle qu'il existe deux techniques possibles d'assemblage de fils ou de torons métalliques :

- soit par câblage: dans un tel cas, les fils ou torons ne subissent pas de torsion autour de leur propre axe, en raison d'une rotation synchrone avant et après le point d'assemblage ;
- 5 - soit par retordage: dans un tel cas, les fils ou torons subissent à la fois une torsion collective et une torsion individuelle autour de leur propre axe, ce qui génère un couple de détorsion sur chacun des fils ou torons.

[0202] Le toron interne précédemment décrit est fabriqué selon des procédés connus comportant les étapes suivantes, opérées préférentiellement en ligne et en continu :

- 10 - tout d'abord, une première étape d'assemblage par retordage ou câblage des M fils intermédiaires autour des Q fil(s) interne(s) la couche interne C1 au pas p2 et dans le sens Z pour former la couche intermédiaire C2 en un premier point d'assemblage ;
- suivie d'une deuxième étape d'assemblage par retordage ou câblage des N fils externes autour des M fils intermédiaires de la couche intermédiaire C2 au pas p3 et dans le sens Z
- 15 pour former la couche externe C3 en un deuxième point d'assemblage ;
- préférentiellement une étape d'équilibrage final des torsions.

[0203] Un procédé analogue est utilisé pour fabriquer, *mutatis mutandis*, chaque toron externe TE.

[0204] Par « équilibrage de torsion », on entend ici de manière bien connue de l'homme du métier l'annulation des couples de torsion résiduels (ou du retour élastique de torsion) s'exerçant sur chaque fil du toron, dans la couche intermédiaire comme dans la couche externe.

[0205] Après cette étape ultime d'équilibrage de la torsion, la fabrication du toron est terminée. Chaque toron est enroulé sur une ou plusieurs bobines de réception, pour 25 stockage, avant l'opération ultérieure d'assemblage câblage des torons élémentaires pour l'obtention du câble multi-torons.

[0206] Pour la fabrication du câble multi-torons de l'invention, on procède de manière bien connue de l'homme du métier, par câblage ou retordage des torons précédemment obtenus, à l'aide de machines de câblage ou retordage dimensionnées pour assembler des torons.

[0207] Ainsi, on assemble les L torons externes TE autour du toron interne TI au pas p et dans le sens S pour former le câble 50. Eventuellement, dans une dernière étape d'assemblage, on enroule la frette F au pas pf dans le sens Z autour de l'assemblage précédemment obtenu.

[0208] Le câble est ensuite incorporé par calandrage à des tissus composites formés d'une 35 composition connue à base de caoutchouc naturel et de noir de carbone à titre de charge renforçante, utilisée conventionnellement pour la fabrication des armatures de sommet de pneumatiques radiaux. Cette composition comporte essentiellement, en plus de l'élastomère

et de la charge renforçante (noir de carbone), un antioxydant, de l'acide stéarique, une huile d'extension, du naphténate de cobalt en tant que promoteur d'adhésion, enfin un système de vulcanisation (soufre, accélérateur, ZnO).

5 [0209] Les tissus composites renforcés par ces câbles comportent une matrice de composition élastomérique formée de deux couches fines de composition élastomérique qui sont superposées de part et d'autre des câbles et qui présentent respectivement une épaisseur comprise entre 1 et 4 mm bornes incluses. Le pas de calandrage (pas de pose des câbles dans le tissu de composition élastomérique) va de 4 mm à 8 mm.

10 [0210] Ces tissus composites sont ensuite utilisés en tant que nappe de travail dans l'armature de sommet lors du procédé de fabrication du pneumatique, dont les étapes sont par ailleurs connues de l'homme du métier.

[0211] CABLE SELON UN DEUXIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

15 [0212] On a représenté sur la figure 4 un câble 51 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites.

[0213] Toron interne TI du câble 51

20 [0214] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le toron interne du câble 51 selon le deuxième mode de réalisation est tel que $Q=1$, $M=6$ et $N=12$ et la couche externe C3 du toron interne TI est désaturée, ici incomplètement insaturée. La distance interfils I3 de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est égale à 12 μm . La somme $SI3$ des distances interfils I3 de la couche externe C3 est inférieure au diamètre $d3$ des fils externes F3 de la couche externe C3. Ici, la somme $SI3=12 \times 0,012=0,14 \text{ mm}$, valeur strictement inférieure à $d3=0,35 \text{ mm}$.

[0215] Torons externes TE du câble 51

30 [0216] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, chaque toron externe du câble 51 selon le deuxième mode de réalisation est tel que $Q'=1$, $M'=6$ et $N'=12$.

35 [0217] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe C3' de chaque toron externe TE est désaturée, ici complètement insaturée. La distance interfils I3' de la couche externe C3' séparant en moyenne les N' fils externes est égale à 25,7 μm . La somme $SI3'$ des distances interfils I3' de la couche externe C3' est supérieure au diamètre $d3'$ des fils externes F3' de la couche externe C3'. Ici, la somme $SI3'=12 \times 0,0257=0,31 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d3'=0,30 \text{ mm}$.

[0218] Conformément à l'invention, les pas $p2'=10$ mm et $p3'=20$ mm vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0219] CABLE SELON UN TROISIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

- 5 [0220] On a représenté sur la figure 5 un câble 52 selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites.
- 10 [0221] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le câble 52 selon le troisième mode de réalisation est tel que $D=5,1$ mm.
- [0222] Le diamètre DI du toron interne TI et le diamètre DE de chaque toron externe TE sont tels que $DI=1,78$ mm, $DE=1,650$ mm et $DI/DE=1,07$.
- 15 [0223] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est ici $E=50,6$ μ m.

[0224] Toron interne TI du câble 52

- [0225] Le toron interne du câble 52 selon le troisième mode de réalisation est identique au toron interne du câble 50 selon le premier mode de réalisation.
- 20 [0226] Torons externes TE du câble 52
- [0227] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, chaque toron externe TE du câble 52 selon le troisième mode de réalisation est tel que $Q'=1$, $M'=5$ et $N'=11$.

[0228] Conformément à l'invention, les pas $p2'$ et $p3'$ vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0229] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche intermédiaire $C2'$ de chaque toron externe TE est désaturée et incomplètement insaturée. La distance interfils $I2'$ de la couche intermédiaire $C2'$ séparant en moyenne les M' fils intermédiaires est égale à $57,5$ μ m. La somme $SI2'$ des distances interfils $I2'$ de la couche intermédiaire $C2'$ est inférieure au diamètre $d3'$ des fils externes $F3'$ de la couche externe $C3'$ et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d3'$. Ici, la somme $SI2'=5 \times 0,0575=0,29$ mm, valeur strictement inférieure à $d3'=0,30$ mm.

[0230] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe $C3'$ de chaque toron externe TE est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils $I3'$ de la couche externe $C3'$ séparant en moyenne les N' fils externes est égale à $74,7$ μ m. La somme $SI3'$ des distances interfils $I3'$ de la couche externe $C3'$ est supérieure au diamètre $d3'$ des fils externes $F3'$ de la couche externe $C3'$. Ici, la somme $SI3'=11 \times$

0,0747=0,82 mm, valeur strictement supérieure à $d3'=0,30$ mm.

5 [0231] Le fil interne F1' de chaque toron externe TE présente un diamètre $d1'$ égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire F2' de chaque toron externe TE. Le fil interne F1' de chaque toron externe TE présente un diamètre $d1'$ supérieur au diamètre $d3'$ de chaque fil externe F3' de chaque toron externe TE. Chaque diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire F2' de chaque toron externe TE et chaque diamètre $d3'$ de chaque fil externe F3' de chaque toron externe TE sont tels que $d2'>d3'$.

[0232] En l'espèce, $d1'=d2'>d3'$ et $d1'=d2'=0,35$ mm et $d3'=0,30$ mm.

10 [0233] Chaque fil intermédiaire F2 du toron interne TI présente un diamètre $d2$ égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire F2' de chaque toron externe TE. De préférence, ici, $d2=d2'=0,35$ mm.

15 [0234] A la différence du câble 50 selon le premier mode de réalisation, chaque fil interne F1 du toron interne TI du câble 52 selon la troisième mode de réalisation présente un diamètre $d1$ supérieur ou égal au diamètre $d1'$ de chaque fil interne F1' de chaque toron externe TE. Ici, chaque fil interne F1 du toron interne TI présente un diamètre $d1$ supérieur au diamètre $d1'$ de chaque fil interne F1' de chaque toron externe TE. Ici, $d1=0,38$ mm > $d1'=0,35$ mm.

[0235] De plus, $d1=0,38$ mm > $d2'=0,35$ mm.

20 [0236] De façon analogue au câble 50 selon le premier mode de réalisation, $d1=0,38$ mm > $d3'=0,30$ mm.

[0237] CABLE SELON UN QUATRIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

25 [0238] On a représenté sur la figure 6 un câble 53 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites.

30 [0239] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le câble 53 selon le quatrième mode de réalisation est tel que la couche externe CE est constituée de $L=7$ torons externes TE. L'assemblage constitué par les couches interne CI et externe CE, c'est-à-dire le câble 53 sans la frette F, présente un diamètre $D=4,7$ mm.

35 [0240] Le diamètre DI du toron interne TI et le diamètre DE de chaque toron externe TE sont tels que le rapport $DI/DE\geq1,30$, de préférence $DI/DE\geq1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE\geq1,40$. Ce rapport DI/DE est également tel que $DI/DE\leq1,70$, de préférence $DI/DE\leq1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE\leq1,60$. En l'espèce, $DI=2,01$ mm, $DE=1,36$ mm et $DI/DE=1,48$.

[0241] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est

ici $E=90,1 \mu\text{m}$.

[0242] Toron interne TI du câble 53

5 [0243] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le toron interne TI du câble 53 selon le quatrième mode de réalisation est tel que $Q=1$, $M=5$ ou 6 et $N=10, 11$ ou 12 et ici préférence $Q=1$, $M=6$ et $N=12$.

10 [0244] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, la couche intermédiaire C2 du toron interne TI est saturée. La distance interfils I2 de la couche intermédiaire C2 séparant en moyenne les M fils intermédiaires est inférieure à $5 \mu\text{m}$. Ici, elle est égale à $0 \mu\text{m}$.

15 [0245] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, la couche externe C3 du toron interne TI est saturée. La distance interfils I3 de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est inférieure à $5 \mu\text{m}$. Ici, elle est égale à $4,9 \mu\text{m}$.

20 [0246] A la différence du premier mode de réalisation, chaque fil interne F1, intermédiaire F2 et externe F3 présente le même diamètre de sorte que $d1=d2=d3$ et ici égal à $0,40 \text{ mm}$.

[0247] Torons externes TE du câble 53

25 [0248] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, chaque toron externe TE du câble 53 selon le quatrième mode de réalisation est tel que $d1'=0,32 \text{ mm}$, $d2'=d3'=0,26 \text{ mm}$.

[0249] Conformément à l'invention, les pas $p2'=10 \text{ mm}$ et $p3'=20 \text{ mm}$ vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

30 [0250] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche intermédiaire C2' de chaque toron externe TE est désaturée et incomplètement insaturée. La distance interfils I2' de la couche intermédiaire C2' séparant en moyenne les M' fils intermédiaires est égale à $27,1 \mu\text{m}$. La somme $SI2'$ des distances interfils I2' de la couche intermédiaire C2' est inférieure au diamètre $d3'$ des fils externes F3' de la couche externe C3' et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d3'$. Ici, la somme $SI2'=6 \times 0,0271=0,16 \text{ mm}$, valeur strictement inférieure à $d3'=0,26 \text{ mm}$.

35 [0251] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe C3' de chaque toron externe TE est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils I3' de la couche externe C3' séparant en moyenne les N' fils externes est égale à $46,6 \mu\text{m}$. La somme $SI3'$ des distances interfils I3' de la couche externe C3' est supérieure au diamètre $d3'$ des fils externes F3' de la couche externe C3'. Ici, la somme $SI3'=11 \times 0,0466=0,51 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d3'=0,26 \text{ mm}$.

[0252] A la différence du premier mode de réalisation, $d_1=0,40\text{ mm} > d_1'=0,32\text{ mm}$. De plus, $d_1=0,40\text{ mm} > d_2'=d_3'=0,26\text{ mm}$. On a également $d_2=0,40\text{ mm} > d_2'=0,26\text{ mm}$ et $d_3=0,40\text{ mm} > d_3'=0,26\text{ mm}$.

5 [0253] CABLE SELON UN CINQUIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0254] On a représenté sur la figure 7 un câble 54 selon un cinquième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites.

10

[0255] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le câble 54 selon le cinquième mode de réalisation est tel que $D=6,3\text{ mm}$.

[0256] Le diamètre D_1 du toron interne TI et le diamètre D_E de chaque toron externe TE sont tels que $D_1=2,340\text{ mm}$, $D_E=1,970\text{ mm}$ et $D_1/D_E=1,19$.

15 [0257] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est ici $E=160\text{ }\mu\text{m}$.

[0258] Toron interne TI du câble 54

20 [0259] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le toron interne TI du câble 54 selon le cinquième mode de réalisation est tel que $Q=1, 2, 3$ ou 4 , de préférence $Q=1, 2$ ou 3 et plus préférentiellement ici $Q=3$.

[0260] On a $Q=3$, $M=8$ ou 9 et $N=13, 14$ ou 15 , de préférence $Q=3$, $M=8$ ou 9 , $N=14$ ou 15 , plus préférentiellement $Q=3$, $M=9$, $N=14$ ou 15 et ici, encore plus préférentiellement $Q=3$, $M=9$ et $N=15$.

25 [0261] La couche interne C_1 du toron interne TI est enroulée selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement S du câble. En variante, ce sens pourrait être identique au sens au sens d'enroulement S du câble. Les Q fils internes F_1 sont enroulés en hélice selon un pas p_1 tel que $5\text{ mm} \leq p_1 \leq 10\text{ mm}$. Ici $p_1=6,5\text{ mm}$.

[0262] A la différence du premier mode de réalisation, les M fils intermédiaires F_2 sont enroulés en hélice autour des fils internes F_1 selon un pas $p_2=12\text{ mm}$ et les N fils externes F_3 sont enroulés en hélice autour des fils intermédiaires F_2 selon un pas $p_3=18\text{ mm}$.

30 [0263] De façon analogue au premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, la couche intermédiaire C_2 du toron interne TI est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils I_2 de la couche intermédiaire C_2 séparant en moyenne les M fils intermédiaires est égale à $14,6\text{ }\mu\text{m}$. La somme SI_2 des distances interfils I_2 de la couche intermédiaire C_2 est inférieure au diamètre d_3 des fils externes F_3 de la couche externe C_3 et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d_3$. Ici, la somme $SI_2=9 \times 0,0146=0,13\text{ mm}$, valeur

strictement inférieure à $d_3=0,38$ mm.

5 [0264] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, la couche externe C3 du toron interne TI est saturée. La distance interfils I3 de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est inférieure à 5 μm . Ici, elle est égale à 7 μm .

[0265] A la différence du premier mode de réalisation, chaque fil interne F1, intermédiaire F2 et externe F3 présente le même diamètre de sorte que $d_1=d_2=d_3$ et ici égal à 0,38 mm.

[0266] Torons externes TE du câble 54

10 [0267] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, chaque toron externe TE du câble 54 selon le cinquième mode de réalisation est tel que $d_1'=0,45$ mm, $d_2'=d_3'=0,38$ mm.

[0268] Conformément à l'invention, les pas $p_2'=10$ mm et $p_3'=20$ mm vérifient $0,36 \leq (p_3'-p_2')/p_3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p_3'-p_2')/p_3'=0,50$.

15 [0269] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche intermédiaire C2' de chaque toron externe TE est désaturée et incomplètement insaturée. La distance interfils I2' de la couche intermédiaire C2' séparant en moyenne les M' fils intermédiaires est égale à 25,7 μm . La somme $SI2'$ des distances interfils I2' de la couche intermédiaire C2' est inférieure au diamètre d_3' des fils externes F3' de la couche externe C3' et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d_3'$. Ici, la somme $SI2'=6 \times 0,0257=0,15$ mm, valeur strictement inférieure à $d_3'=0,38$ mm.

20 [0270] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe C3' de chaque toron externe TE est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils I3' de la couche externe C3' séparant en moyenne les N' fils externes est égale à 57,5 μm . La somme $SI3'$ des distances interfils I3' de la couche externe C3' est supérieure au diamètre d_3' des fils externes F3' de la couche externe C3'. Ici, la somme $SI3'=11 \times 0,0575=0,63$ mm, valeur strictement supérieure à $d_3'=0,38$ mm.

25 [0271] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le câble 54 selon le cinquième mode de réalisation est tel que :

- chaque fil intermédiaire F2 du toron interne TI présente un diamètre d_2 égal au diamètre d_2' de chaque fil intermédiaire F2' de chaque toron externe TE. Ici, $d_2=d_2'=0,38$ mm, et
- chaque fil externe F3 du toron interne TI présente un diamètre d_3 égal au diamètre d_3' de chaque fil externe F3 de chaque toron externe TE. Ici $d_3=d_3'=0,38$ mm.

30 [0272] A la différence du premier mode de réalisation, $d_1=0,38$ mm < $d_1'=0,45$ mm. De plus, $d_1=d_2=d_3=d_2'=d_3'=0,38$ mm.

[0273] CABLE SELON UN SIXIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

5 [0274] On a représenté sur la figure 8 un câble 55 selon un sixième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites. Le câble 55 selon le sixième mode de réalisation diffère du câble 50 selon le premier mode de réalisation de par son toron interne TI.

[0275] Toron interne TI du câble 55

10 [0276] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le toron interne TI du câble 55 selon le sixième mode de réalisation est tel que les pas p2 et p3 vérifient $0,36 \leq (p3-p2)/p3 \leq 0,57$. Avantageusement, les pas p2 et p3 vérifient $0,38 \leq (p3-p2)/p3$, de préférence $0,40 \leq (p3-p2)/p3$, plus préférentiellement $0,43 \leq (p3-p2)/p3$ et encore plus préférentiellement $0,45 \leq (p3-p2)/p3$. Avantageusement, les pas p2 et p3 vérifient également $(p3-p2)/p3 \leq 0,55$ et de préférence $(p3-p2)/p3 \leq 0,53$.

15 [0277] Un tel pas p2 est tel que $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 14 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 12 \text{ mm}$, ici $p2=10 \text{ mm}$.

20 [0278] Un tel pas p3 est tel que $10 \text{ mm} \leq p3 \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $15 \text{ mm} \leq p3 \leq 35 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3 \leq 25 \text{ mm}$, ici $p3=20 \text{ mm}$.

25 [0279] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, la couche intermédiaire C2 du toron interne TI est saturée. La distance interfils l2 de la couche intermédiaire C2 séparant en moyenne les M fils intermédiaires est inférieure à $5 \mu\text{m}$. Ici, elle est égale à $8,2 \mu\text{m}$.

30 [0280] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe C3 du toron interne est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils l3 de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est égale à $45 \mu\text{m}$. La somme SI3 des distances interfils l3 de la couche externe C3 est supérieure au diamètre d3 des fils externes F3 de la couche externe C3. Ici, la somme $SI3=11 \times 0,045 =0,5 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d3=0,35 \text{ mm}$.

[0281] Torons externes TE du câble 55

35 [0282] Conformément à l'invention et comme dans le premier mode de réalisation, les pas $p2'=10 \text{ mm}$ et $p3'=20 \text{ mm}$ vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0283] CABLE SELON UN SEPTIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0284] On a représenté sur la figure 9 un câble 56 selon un septième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des

références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites.

[0285] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le câble 56 selon le septième mode de réalisation est tel que $D=6,4$ mm.

[0286] Le diamètre DI du toron interne TI et le diamètre DE de chaque toron externe TE sont tels que $DI= 2,5$ mm, $DE= 1,97$ mm et $DI/DE= 1,27$.

[0287] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est ici $E=238,9$ μ m.

10 [0288] Toron interne TI du câble 56

[0289] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le toron interne TI du câble 56 selon le septième mode de réalisation est tel que $d1>d2>d3$ et ici $d1=0,60$ mm, $d2=0,50$ mm et $d3=0,45$ mm.

15 [0290] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche intermédiaire $C2$ du toron interne TI est désaturée et incomplètement insaturée. La distance interfils $I2$ de la couche intermédiaire $C2$ séparant en moyenne les M fils intermédiaires est égale à $39,1$ μ m. La somme $SI2$ des distances interfils $I2$ de la couche intermédiaire $C2$ est inférieure au diamètre $d3$ des fils externes $F3$ de la couche externe $C3$ et de préférence 20 inférieur ou égal à $0,8 \times d3$. Ici, la somme $SI2=6 \times 0,0391=0,23$ mm, valeur strictement inférieure à $d3=0,45$ mm.

25 [0291] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe $C3$ du toron interne TI est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils $I3$ de la couche externe $C3$ séparant en moyenne les N fils externes est égale à $107,2$ μ m. La somme $SI3$ des distances interfils $I3$ de la couche externe $C3$ est supérieure au diamètre $d3$ des fils externes $F3$ de la couche externe $C3$. Ici, la somme $SI3=11 \times 0,1072=1,18$ mm, valeur strictement supérieure à $d3=0,45$ mm.

[0292] Torons externes TE du câble 56

30 [0293] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, chaque toron externe TE du câble 56 selon le septième mode de réalisation est tel que les M fils intermédiaires $F2'$ sont enroulés en hélice autour du fil interne $F1'$ selon un pas $p2'$ tel que $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 14 \text{ mm}$. Ici $p2'=12,5$ mm. Les N fils externes $F3'$ sont enroulés en hélice autour des fils intermédiaires $F2'$ selon un pas $p3'=25$ mm.

35 [0294] Conformément à l'invention, les pas $p2'$ et $p3'$ vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0295] A la différence du premier mode de réalisation, $d1'=0,45$ mm, $d2'=d3'=0,38$ mm.

[0296] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche intermédiaire $C2'$ de chaque toron externe TE est désaturée et incomplètement insaturée. La distance interfils $I2'$ de la couche intermédiaire $C2'$ séparant en moyenne les M' fils intermédiaires est égale à $29,1$ μ m. La somme $SI2'$ des distances interfils $I2'$ de la couche intermédiaire $C2'$ est inférieure au diamètre $d3'$ des fils externes $F3'$ de la couche externe $C3'$ et de préférence inférieur ou égal à $0,8 \times d3'$. Ici, la somme $SI2'=6 \times 0,0291=0,17$ mm, valeur strictement inférieure à $d3'=0,38$ mm.

[0297] De façon analogue au premier mode de réalisation de l'invention, la couche externe $C3'$ de chaque toron externe TE est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils $I3'$ de la couche externe $C3'$ séparant en moyenne les N' fils externes est égale à $61,3$ μ m. La somme $SI3'$ des distances interfils $I3'$ de la couche externe $C3'$ est supérieure au diamètre $d3'$ des fils externes $F3'$ de la couche externe $C3'$. Ici, la somme $SI3'=11 \times 0,0613=0,67$ mm, valeur strictement supérieure à $d3'=0,38$ mm.

[0298] Tout comme dans le premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, chaque fil intermédiaire $F2$ du toron interne TI présente un diamètre $d2$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire $F2'$ de chaque toron externe TE . De préférence, ici, $d2=0,50$ mm > $d2'=0,38$ mm. De même, chaque fil externe $F3$ du toron interne TI présente un diamètre $d3$ supérieur ou égal au diamètre $d3'$ de chaque fil externe $F3$ de chaque toron externe TE . De préférence, ici $d3=0,45$ mm > $d3'=0,38$ mm.

[0299] A la différence du premier mode de réalisation, $d1=0,60$ mm > $d1'=0,45$ mm. De plus, $d1=0,60$ mm > $d2'=d3'=0,38$ mm. On a également $d2=0,50$ mm > $d2'=0,38$ mm et $d3=0,45$ mm > $d3'=0,38$ mm.

[0300] CABLE SELON UN HUITIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0301] On a représenté sur la figure 10 un câble 57 selon un huitième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au premier mode de réalisation sont décrites. Le câble 57 selon le huitième mode de réalisation diffère du câble 50 selon le premier mode de réalisation de par son toron interne TI .

[0302] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le câble 57 selon le huitième mode de réalisation est tel que $D=4,96$ mm.

[0303] Le diamètre DI du toron interne TI est tel que $DI=1,8$ mm et $DI/DE=1,14$.

[0304] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est ici $E=97,3$ μ m.

[0305] Toron interne TI du câble 57

[0306] A la différence du premier mode de réalisation du câble 50 décrit précédemment, le toron interne TI est à deux couches. Le toron interne TI comprend, ici est constitué, de deux couches, pas plus, pas moins.

5 **[0307]** Le toron interne TI comprend une couche interne C1 constituée de Q fil(s) interne(s) F1, et une couche externe C3 constituée de N fils externes F3 enroulés en hélice autour et au contact de la couche interne C1.

[0308] $Q > 1$, de préférence $Q=2$, 3 ou 4 et ici $Q=2$. Avec $Q=2$, $N=7$ ou 8 et de préférence $Q=2$ et $N=7$.

10 **[0309]** Les fils internes F1 sont enroulés en hélice selon un pas $p1=7,7$ mm.

[0310] La couche interne C1 du toron interne TI est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement du câble S.

15 **[0311]** La couche externe C3 du toron interne TI est enroulée autour de la couche interne C1 du toron interne TI selon un sens d'enroulement Z opposé au sens d'enroulement du câble S et dans le même sens Z que la couche interne C1 du toron interne TI. Les N fils externes F3 sont enroulés en hélice autour des fils internes F1 selon un pas $p3$ tel que $10 \text{ mm} \leq p3 \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $15 \text{ mm} \leq p3 \leq 35 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3 \leq 25 \text{ mm}$. Ici $p3=15,4$ mm.

20 **[0312]** La couche externe C3 du toron interne TI est désaturée et complètement insaturée. La distance interfils $l3$ de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est égale à $124,2 \mu\text{m}$. La somme $SI3$ des distances interfils $l3$ de la couche externe C3 est supérieure au diamètre $d3$ des fils externes F3 de la couche externe C3. Ici, la somme $SI3=7 \times 0,1242=0,87 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d3=0,45 \text{ mm}$.

25 **[0313]** Chaque fil interne F1 du toron interne TI présente un diamètre $d1$ supérieur ou égal au diamètre $d3$ de chaque fil externe F3 du toron interne TI. En l'espèce, $d1=d3=0,45 \text{ mm}$.

30 **[0314]** Chaque fil interne F1 du toron interne TI présente un diamètre $d1$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire F2' de chaque toron externe TE, ici chaque fil interne F1 du toron interne TI présente un diamètre $d1=0,45 \text{ mm}$ supérieur au diamètre $d2'=0,30 \text{ mm}$ de chaque fil intermédiaire F2' de chaque toron externe TE et au diamètre $d3'=0,30 \text{ mm}$ de chaque fil externe F3' de chaque toron externe TE.

[0315] Chaque fil externe F3 du toron interne TI présente un diamètre $d3$ supérieur ou égal au diamètre $d3'$ de chaque fil externe F3 de chaque toron externe TE, ici chaque fil externe F3 du toron interne TI présente un diamètre $d3=0,45 \text{ mm}$ supérieur au diamètre $d3'=0,30 \text{ mm}$ de chaque fil externe F3' de chaque toron externe TE.

[0316] Torons externes TE du câble 57

Conformément à l'invention et comme dans le premier mode de réalisation, les pas $p2'=10$

mm et $p3'=20$ mm vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0317] CABLE SELON UN NEUVIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0318] On a représenté sur la figure 11 un câble 58 selon un neuvième mode de réalisation

5 de l'invention. Les éléments analogues au huitième mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au huitième mode de réalisation sont décrites. Le câble 58 selon le neuvième mode de réalisation diffère du câble 57 selon le huitième mode de réalisation de par son toron interne TI.

10 [0319] A la différence du huitième mode de réalisation décrit précédemment, le câble 58 selon le neuvième mode de réalisation est tel que $D=4,91$ mm.

[0320] Le diamètre DI du toron interne TI est tel que $DI=1,75$ mm et $DI/DE=1,14$.

[0321] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est ici $E=71$ μm .

15 [0322] Toron interne TI du câble 58

[0323] A la différence du huitième mode de réalisation, $Q=3$, $N=7$, 8 ou 9 et ici $Q=3$ et $N=8$.

De plus, $d1=d3=0,42$ mm.

[0324] La couche externe C3 du toron interne TI est désaturée et complètement insaturée.

20 La distance interfils I3 de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est égale à $75,8$ μm . La somme $SI3$ des distances interfils I3 de la couche externe C3 est supérieure au diamètre $d3$ des fils externes F3 de la couche externe C3. Ici, la somme $SI3=8 \times 0,0758=0,61$ mm, valeur strictement supérieure à $d3=0,42$ mm.

25 [0325] Torons externes TE du câble 58

Conformément à l'invention et comme dans le huitième mode de réalisation, les pas $p2'=10$ mm et $p3'=20$ mm vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0326] CABLE SELON UN DIXIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

30 [0327] On a représenté sur la figure 12 un câble 59 selon un dixième mode de réalisation de l'invention. Les éléments analogues au huitième mode de réalisation sont désignés par des références identiques. Sauf mention contraire, seules les différences par rapport au huitième mode de réalisation sont décrites. Le câble 59 selon le dixième mode de réalisation diffère du câble 50 selon le huitième mode de réalisation de par son toron interne TI.

35 [0328] A la différence du huitième mode de réalisation décrit précédemment, le câble 59 selon le dixième mode de réalisation est tel que $D=4,93$ mm.

[0329] Le diamètre DI du toron interne TI est tel que $DI=1,773$ mm.

[0330] La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est ici $E=84 \mu\text{m}$.

[0331] Toron interne TI du câble 59

5 A la différence du huitième mode de réalisation

$Q=4$, $N=7$, 8 ou 9 et ici $Q=4$ et $N=9$. De plus, $d1=d2=0,40 \text{ mm}$.

[0332] La couche externe C3 du toron interne TI est désaturée et complètement insaturée.

La distance interfils I3 de la couche externe C3 séparant en moyenne les N fils externes est

égale à $56,4 \mu\text{m}$. La somme $SI3$ des distances interfils I3 de la couche externe C3 est

10 supérieure au diamètre $d3$ des fils externes F3 de la couche externe C3. Ici, la somme $SI3=9 \times 0,0564=0,61 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d3=0,40 \text{ mm}$.

[0333] Torons externes TE du câble 59

Conformément à l'invention et comme dans le huitième mode de réalisation, les pas $p2'=10$

15 mm et $p3'=20 \text{ mm}$ vérifient $0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57$. En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,50$.

[0334] On a résumé dans les tableaux C et D ci-dessous les caractéristiques des différents câbles décrits ci-dessus.

Câble		50	51	52	53	54	55	56
Q/M/N	1/6/11	1/6/12	1/6/11	1/6/12	3/9/15	1/6/11	1/6/11	1/6/11
d1/d2/d3	0,38/0,35/0,35	0,38/0,35/0,35	0,38/0,35/0,35	0,40/0,40/0,40	0,38/0,38/0,38	0,38/0,35/0,35	0,60/0,50/0,45	
sens C1/pas p1 (mm)	-/inf	-/inf	-/inf	-/inf	Z/6,5	-/inf	-/inf	-/inf
sens C2/pas p2 (mm)	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/12	Z/10	Z/14	
T1 sens C3/pas p3 (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/18	Z/20	Z/20	
(p3-p2)/p3	0,30	0,30	0,30	0,30	0,33	0,50	0,30	
l2 (μm)/SI2 (mm)	11,6/0,07	11,6/0,07	11,6/0,07	0/0	14,6/0,13	8,2/0,05	39,1/0,23	
l3 (μm)/SI3 (mm)	45,0/0,50	12,0/0,14	45,0/0,50	4,9/0,06	7,0/0,11	45,0/0,50	107,2/1,18	
DI (mm)	1,78	1,78	1,78	2,01	2,34	1,78	2,5	
Q'/M'/N'	1/6/11	1/6/12	1/5/11	1/6/11	1/6/11	1/6/11	1/6/11	1/6/11
d1'/d2'/d3'	0,38/0,30/0,30	0,38/0,30/0,30	0,35/0,35/0,30	0,32/0,26/0,26	0,45/0,38/0,38	0,38/0,30/0,30	0,45/0,38/0,38	
sens C1/pas p1' (mm)	inf	inf						
sens C2/pas p2' (mm)	Z/10	Z/10	Z/10	Z/10	Z/10	Z/10	Z/12,5	
T2 sens C3/pas p3' (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/25	
(p3'-p2')/p3'	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
l2' (μm)/SI2' (mm)	35,4/0,21	35,4/0,21	57,5/0,29	27,1/0,16	25,7/0,15	35,4/0,21	29,1/0,17	
l3' (μm)/SI3' (mm)	55,4/0,61	25,7/0,31	74,7/0,82	46,6/0,51	57,5/0,63	55,4/0,61	61,3/0,67	
DE (mm)	1,58	1,58	1,65	1,36	1,97	1,58	1,97	
L	6	6	6	7	6	6	6	
D (mm)	4,9	4,9	5,1	4,7	6,3	1,6	6,4	
E (μm)	87,3	87,3	50,6	90,1	160,0	87,3	238,9	
DI/DE	1,13	1,13	1,07	1,48	1,19	1,13	1,27	
Sens d'enroulement du câble	S	S	S	S	S	S	S	

Tableau C

Câble		E7	E8	E9
Q/-N	2/-7	3/-8	4/-9	
d1/-d3	0,45/-0,45	0,42/-0,42	0,40/-0,40	
sens C1/pas p1 (mm)	Z/7,7	Z/7,7	Z/7,7	
sens C2/pas p2 (mm)	-/-	-/-	-/-	
sens C3/pas p3 (mm)	Z/15,4	Z/15,4	Z/15,4	
l3' (μm)/S13' (mm)	124,2/0,87	75,8/0,61	56,4/0,51	
D1 (mm)	1,8	1,75	1,773	
Q'/M'/N'	1/6/11	1/6/11	1/6/11	
d1'/d2'/d3'	0,38/0,30/0,30	0,38/0,30/0,30	0,38/0,30/0,30	
sens C1/pas p1' (mm)	inf	inf	inf	
sens C2/pas p2' (mm)	Z/10	Z/10	Z/10	
sens C3/pas p3' (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	
(p3'-p2')/p3'	0,50	0,50	0,50	
l2' (μm)/S12' (mm)	35,4/0,21	35,4/0,21	35,4/0,21	
l3' (μm)/S13' (mm)	55,4/0,61	55,4/0,61	55,4/0,61	
D/E (mm)	1,58	1,58	1,58	
L	6	6	6	
D (mm)	4,96	4,91	4,93	
E (μm)	97,3	71,0	84,0	
D/D/E	1,14	1,14	1,12	
Sens d'enroulement du câble	S	S	S	

Tableau D

[0335] MESURES ET TESTS COMPARATIFS**[0336] Test de perméabilité des câbles**

[0337] Un tel test de perméabilité est bien connu de l'homme du métier et permet de déterminer la perméabilité longitudinale à l'air des câbles testés, par mesure du volume d'air traversant une éprouvette sous pression constante pendant un temps donné. Le principe d'un tel test, bien connu de l'homme du métier, est de démontrer l'efficacité du traitement d'un câble pour le rendre imperméable à l'air ; il a été décrit par exemple dans la norme ASTM D2692-98.

[0338] Un tel test est réalisé sur des câbles issus de fabrication et non vieillis. Les câbles bruts sont préalablement enrobés de l'extérieur par une composition élastomérique dite d'enrobage. Pour cela, une série de 10 câbles disposés parallèlement (distance inter-câble : 20 mm) est placée entre deux couches ou "skims" (deux rectangles de 80 x 200 mm) d'une composition de composition élastomérique diénique à l'état cru, chaque skim ayant une épaisseur de 5 mm ; le tout est alors bloqué dans un moule, chacun des câbles étant maintenu sous une tension suffisante (par exemple 3 daN) pour garantir sa rectitude lors de la mise en place dans le moule, à l'aide de modules de serrage ; puis on procède à la vulcanisation (cuisson) pendant environ 10 à 12 heures à une température d'environ 120°C et sous une pression de 15 bar (piston rectangulaire de 80 x 200 mm). Après quoi, on démoule l'ensemble et on découpe 10 éprouvettes de câbles ainsi enrobés, sous forme de parallélépipèdes de dimensions 7x7x60 mm, pour caractérisation.

[0339] On utilise comme composition élastomérique d'enrobage une composition d'élastomère(s) diénique(s) conventionnelle pour pneumatique, à base de caoutchouc naturel (peptisé) et de noir de carbone N330 (65 pce), comportant en outre les additifs usuels suivants: soufre (7 pce), accélérateur sulfénamide (1 pce), ZnO (8 pce), acide stéarique (0,7 pce), antioxydant (1,5 pce), naphténate de cobalt (1,5 pce) (pce signifiant parties en poids pour cent parties d'élastomère) ; le module E10 de la composition élastomérique d'enrobage est de 10 MPa environ.

[0340] Le test est réalisé sur 6 cm de longueur de câble, enrobé donc par sa composition élastomérique (ou composition élastomérique d'enrobage) environnante à l'état cuit, de la manière suivante : on envoie de l'air à l'entrée du câble, sous une pression de 1 bar, et on mesure le volume d'air à la sortie, à l'aide d'un débitmètre (calibré par exemple de 0 à 500 cm³/min). Pendant la mesure, l'échantillon de câble est bloqué dans un joint étanche comprimé (par exemple un joint en mousse dense ou en caoutchouc) 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 ; l'étanchéité du joint étanche lui-même est contrôlée préalablement à l'aide d'une éprouvette de composition élastomérique pleine, c'est-à-dire sans câble.

[0341] Le débit d'air moyen mesuré (moyenne sur les 10 éprouvettes) est d'autant plus faible que l'imperméabilité longitudinale du câble est élevée. La mesure étant faite avec une précision de $\pm 0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$, les valeurs mesurées inférieures ou égales à $0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$ sont considérées comme nulles ; elles correspondent à un câble qui peut être qualifié d'étanche (totalemen⁵t étanche) à l'air selon son axe (i.e., dans sa direction longitudinale).

[0342] Indicateur de pénétrabilité des torons par une composition élastomérique

[0343] Dans les tests qui suivent, on a déterminé la capacité d'un toron à être pénétrable par une composition élastomérique en simulant la taille des fenêtres de passage radial formées par deux fils adjacents F2' de la couche intermédiaire C2' et par deux fils adjacents F3' de la couche externe C3'. De telles fenêtres sont illustrées sur la figure 13 sur laquelle on a représenté une vue schématique d'un toron externe selon son axe principal P et sur la figure 14 qui représente la fenêtre de passage radial S définie précédemment.

[0344] Un tel indicateur de pénétrabilité du toron est une image de l'imperméabilité du toron à l'air. En effet, plus la taille des fenêtres est grande, plus l'indicateur de pénétrabilité est élevé, plus la composition d'élastomère est susceptible de pénétrer dans le toron et plus le toron est imperméable à l'air. La perméabilité pourrait être également déterminée par le test de perméabilité décrit ci-dessus appliqué au toron. Néanmoins à des fins de rapidité pour l'évaluation des torons, les inventeurs ont privilégié la simulation et le calcul des fenêtres S par rapport au test de perméabilité.

[0345] Influence des sens d'enroulement

[0346] On a rassemblé dans le tableau 1 ci-dessous les résultats au test de perméabilité et au test de l'indicateur de pénétrabilité pour deux câbles témoins T1 et T2 et le câble 50 selon l'invention.

[0347] Les résultats à ces tests sont donnés en base 100. Ainsi, un résultat supérieur à 100 à l'un ou l'autre de ces tests signifie que le câble ou le toron testé présente une imperméabilité ou une pénétrabilité supérieure au câble ou toron témoin, ici le câble T1 ou les torons du câble T1.

[0348] On note que le câble 50 selon l'invention présente une imperméabilité plus de deux fois supérieure à celle du câble témoin T1 et ce, uniquement en raison du rapport $(p3' - p2')/p3'$ des couches intermédiaire C2' et externe C3' du toron externe TE conforme à l'invention.

[0349] La comparaison des câbles témoins T1, T2 montre que le fait que les couches externes C3 et C3' sont enroulés dans le même sens qui est opposé au sens d'enroulement des torons externes TE (câble T1) est une caractéristique essentielle de l'invention permettant d'assurer une bonne imperméabilité du câble.

Câble		T1		T2		T3	
Q/M/N		1/6/11		1/6/11		1/6/11	
d1/d2/d3	0,38/0,35/0,35		0,38/0,35/0,35		0,38/0,35/0,35		0,38/0,35/0,35
sens C1/pas p1' (mm)	-/inf		-/inf		-/inf		-/inf
sens C2/pas p2' (mm)	Z/14		S/14		Z/14		Z/14
sens C3/pas p3' (mm)	Z/20		S/20		Z/20		Z/20
Q'/M'/N'	1/6/11		1/6/11		1/6/11		1/6/11
d1/d2/d3'	0,38/0,30/0,30		0,38/0,30/0,30		0,38/0,30/0,30		0,38/0,30/0,30
sens C1'/pas p1' (mm)	inf		inf		inf		inf
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/14		Z/14		Z/10		Z/10
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/20		Z/20		Z/20		Z/20
(p3'-p2')/p3'	0,30		0,30		0,50		0,50
Sens d'enroulement du câble	S		S		S		S
Indicateur de pénétrabilité du toron exterie (base 100 T1)	100		100		360		360
Imperméabilité (base 100 T1)	100		<10		210		210

Tableau 1

[0350] Evaluation de l'indicateur de pénétrabilité des torons externes en fonction du pas p3' du câble 50

[0351] On a simulé différents torons externes analogues au toron externe du câble 50 selon 5 l'invention en faisant varier la valeur de $p2'$ pour différentes valeurs de $p3'$, toutes les autres caractéristiques structurales du câble restant inchangées par rapport à la description précédente.

[0352] On a rassemblé dans les différents tableaux 2 à 6 les résultats de ces simulations en 10 base 100 par rapport à chaque fois à un toron témoin tel que $(p3'-p2')/p3'=0,30$. Ainsi pour une valeur de taille des fenêtres S_t pour le toron testé et une valeur de taille de fenêtre S_0 pour le toron témoin, l'indicateur de pénétrabilité est égal à S_t*100/S_0 . Ainsi, un résultat 15 supérieur à 100 signifie que le toron testé présente une pénétrabilité supérieure au toron témoin correspondant. On estime que la taille des fenêtres est significativement plus élevée lorsque l'indicateur de pénétrabilité est supérieur ou égal à 120, c'est-à-dire que la taille des fenêtres du toron testé est 20% supérieure à celle du toron témoin.

[0353] Chaque tableau 2 à 6 correspond respectivement à un pas $p3'$ égal à 15, 17, 20, 23, 25 mm.

[0354] On note que, bien que la distance interfils $I2'$ augmente lorsque $p2'$ augmente, la 20 valeur maximale des fenêtres de passage radial est obtenue pour des valeurs de $I2'$ non nécessairement les plus élevées. Ainsi, avant la réalisation de l'invention, l'homme du métier, partant de l'hypothèse que plus $I2'$ était petit, moins le toron était pénétrable, pouvait difficilement prévoir une pénétrabilité maximale pour des valeurs de $p2'$ donnant des valeurs de $I2'$ relativement faibles.

[0355] Dans l'intervalle du rapport $(p3'-p2')/p3'$ allant de 0,36 à 0,57, et pour chaque valeur 25 de $p3'$ testée, la valeur de l'indicateur de pénétrabilité est significativement supérieure à celle obtenue pour le toron témoin correspondant.

Torons externes du câble 50 testés avec $p_3 = 15 \text{ mm}$									
	$-/inf$								
sens C1'/pas p1' (mm)									
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/12	Z/11,5	Z/11,0	Z/10,5	Z/10,0	Z/9,6	Z/9,5	Z/8,0	Z/7,5
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/15								
$(p_3-p_2)/p_3$	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,36	0,37	0,40	0,43
$ l_2 (\mu\text{m})$	37	36,7	36,3	35,9	35,4	34,8	34,2	33,4	32,5
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	74	80	89	100	109	140	145	200	359

Tableau 2

Torons externes du câble 50 testés avec $p_3 = 17 \text{ mm}$									
	$-/inf$								
sens C1'/pas p1' (mm)									
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/14,0	Z/13,0	Z/12,5	Z/12,0	Z/11,9	Z/11,5	Z/11,0	Z/10,8	Z/10,0
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/17								
$(p_3-p_2)/p_3$	0,18	0,24	0,26	0,29	0,30	0,32	0,35	0,36	0,41
$ l_2 (\mu\text{m})$	38,0	37,5	37,3	37	36,9	36,7	36,3	36,1	35,4
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	70	80	88	98	100	108	111	144	239

Tableau 3

Tableau 4

Torons externes du câble 50 testés avec $p_3 = 23$ mm									
sens C1/pas p1' (mm)	-/inf								
sens C2/pas p2' (mm)	Z/19,0	Z/17,0	Z/16,1	Z/15,0	Z/14,7	Z/14,0	Z/13,0	Z/12,5	Z/12,0
sens C3/pas p3' (mm)	Z/23								
$(p_3-p_2)/p_3'$	0,17	0,26	0,30	0,35	0,36	0,39	0,43	0,46	0,48
l_2' (μ m)	39,2	38,8	38,6	38,3	38,2	38	37,5	37,3	37
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	69	86	100	107	141	186	390	1034	1267
									366
									205
									125
									70
									38
									25

Tableau 5

Tonons extenses du cablé 50 testés avec $p_3 = 25 \text{ mN}$									
	-/inf								
sens C1/pas p_1 (mm)	-/inf								
sens C2/pas p_2 (mm)	Z/17,5	Z/17,0	Z/16,5	Z/16,0	Z/15,0	Z/14,0	Z/13,0	Z/12,0	Z/11,5
sens C3/pas p_3 (mm)	Z/25								
$(p_3-p_2)/p_3$	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52
l_2 (μm)	39	38,9	38,8	38,7	38,6	38,3	38	37,5	37
Indicateur de pénétrabilité du tonon externe	92	100	109	108	140	206	456	1069	213

Tableau 6

[0356] Evaluation de l'indicateur de pénétrabilité des torons externes des câbles 51 à 59

[0357] D'une façon analogue au câble 50 selon le premier mode de réalisation de l'invention,

5 on a simulé différents torons externes des câbles 51 à 59 selon les différents modes de réalisation de l'invention en faisant varier la valeur de $p2'$ en fixant la valeur de $p3'$ à celle décrite ci-dessus, toutes les autres caractéristiques structurales de chaque câble restant inchangées par rapport à la description précédente.

[0358] On a rassemblé dans les différents tableaux 7 à 12 les résultats de ces simulations 10 en base 100 par rapport à chaque fois à un toron témoin tel que $(p3'-p2')/p3'=0,30$. Ainsi pour une valeur de taille des fenêtres St pour le toron testé et une valeur de taille de fenêtre $S0$ pour le toron témoin, l'indicateur de pénétrabilité est égal à $St*100/S0$. Ainsi, un résultat supérieur à 100 signifie que le toron testé présente une pénétrabilité supérieure au toron témoin correspondant. On estime que la taille des fenêtres est significativement plus élevée 15 lorsque l'indicateur de pénétrabilité est supérieur ou égal à 120, c'est-à-dire que la taille des fenêtres du toron testé est 20% supérieure à celle du toron témoin.

[0359] On note que, bien que la distance interfils $I2'$ augmente lorsque $p2'$ augmente, la valeur maximale de la taille des fenêtres de passage radial est obtenue pour des valeurs de $I2'$ non nécessairement les plus élevées. Ainsi, avant la réalisation de l'invention, l'homme du 20 métier, partant de l'hypothèse que plus $I2'$ était petit, moins le toron était pénétrable, pouvait difficilement prévoir une pénétrabilité maximale pour des valeurs de $p2'$ donnant des valeurs de $I2'$ relativement faibles.

[0360] Dans l'intervalle du rapport $(p3'-p2')/p3'$ allant de 0,36 à 0,57, et pour chaque valeur 25 de $p3'$ testé, la valeur de l'indicateur de pénétrabilité est significativement supérieure à celle obtenue pour le toron témoin correspondant.

Tableau 7

Torons extérieurs du câble 52										
	-/inf									
sens C1'/pas p1' (mm)	-/inf									
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/16,0	Z/14,0	Z/13,0	Z/12,8	Z/12,5	Z/12,0	Z/11,5	Z/11,0	Z/10,5	Z/10,0
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/20									
(p3-p2')/p3'	0,20	0,30	0,35	0,36	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
12' (μm)	61,1	60,4	59,9	59,8	59,6	59,3	58,9	58,5	58	57,5
Indicateur de penetrabilité du toron extérieur	75	100	108	135	150	188	258	439	2020	667
										267
										158
										126
										79
										48

Tableau 8

Tableau 9

Tableau 10

Tableau 11

Tensions exercées sur câble 56

Tableau 12

[0361] Les tableaux 7 à 12 montrent que, pour des constructions de câbles variées, la pénétration de la composition élastomérique dans les torons externes, et donc l'accessibilité du toron interne par cette composition élastomérique, est significativement améliorée pour un rapport $(p3'-p2')/p3'$ allant de 0,36 à 0,57 par rapport aux câbles témoins pour lesquels $(p3'-p2')/p3'=0,30$.

[0362] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation précédemment décrits.

[0363] Pour des raisons de faisabilité industrielle, de coût et de performance globale, on préfère mettre en œuvre l'invention avec des fils linéaires, c'est-à-dire droit, et de section 10 transversale conventionnelle circulaire.

[0364] 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.

[0365] Dans un mode de réalisation non décrit ci-dessus, dans le cas où $L=8$, $DI/DE \geq 1,60$, 15 de préférence $DI/DE \geq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,70$ et $DI/DE \leq 2,0$, de préférence $DI/DE \leq 1,95$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,90$.

[0366] Dans un autre mode de réalisation non décrit ci-dessus, dans le cas où $L=9$, $DI/DE \geq 2,00$, de préférence $DI/DE \geq 2,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 2,10$ et $DI/DE \leq 2,50$, de préférence $DI/DE \leq 2,45$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 2,40$.

[0367] Dans un premier mode de réalisation non décrit ci-dessus, dans le cas où le toron interne $T1$ est à deux couches ou trois couches, la couche intermédiaire de chaque toron externe est enroulée autour de la couche interne de chaque toron externe selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

[0368] Dans une première alternative de ce premier mode de réalisation dans laquelle $Q > 1$, 25 la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble. Dans une deuxième alternative de ce premier mode de réalisation dans laquelle $Q > 1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

[0369] Dans un deuxième mode de réalisation du câble non décrit ci-dessus, dans le cas où 30 le toron interne $T1$ est à deux couches ou trois couches, la couche intermédiaire de chaque toron externe est enroulée autour de la couche interne de chaque toron externe selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble. Dans une première alternative de ce deuxième mode de réalisation dans laquelle $Q > 1$, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du 35 câble.

[0370] Les sens d'enroulement des modes de réalisation et alternatives envisagées ci-dessus peuvent être indifféremment S ou Z.

REVENDICATIONS

1. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) multi-torons à deux couches, **caractérisé en ce qu'il comprend** :

- une couche interne (CI) du câble constituée d'un toron interne (TI) à au moins deux couches (C1, C3) comprenant :

- 5 • une couche interne (C1) constituée de Q fil(s) interne(s) (F1), et
 • une couche externe (C3) constituée de N fils externes (F3) enroulés autour de la couche interne (C1),

- une couche externe (CE) du câble constituée de L>1 torons externes (TE) à trois couches (C1', C2', C3') comprenant :

- 10 • une couche interne (C1') constituée de Q'=1 fil interne (F1'),
 • une couche intermédiaire (C2') constituée de M' fils intermédiaires (F2') enroulés autour de la couche interne (C1') selon un pas p2', et
 • une couche externe (C3') constituée de N' fils externes (F3') enroulés autour de la couche intermédiaire (C2') selon un pas p3',

15 dans lequel :

- la couche externe (CE) du câble est enroulée autour de la couche interne (CI) du câble selon un sens d'enroulement du câble ;
 - chaque couche externe (C3, C3') de chaque toron interne et externe (TI, TE) est enroulée respectivement autour de la couche interne (C1) et intermédiaire (C2') respectivement de
 20 chaque toron interne et externe (TI, TE) selon un même sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble ;
 - la couche externe (CE) du câble est désaturée, et;
 - les pas p2' et p3' vérifient :

$$0,36 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,57.$$

25 2. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon la revendication précédente, dans lequel $0,38 \leq (p3'-p2')/p3'$, de préférence $0,40 \leq (p3'-p2')/p3'$, plus préférentiellement $0,43 \leq (p3'-p2')/p3'$ et encore plus préférentiellement $0,45 \leq (p3'-p2')/p3'$.

30 3. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel $(p3'-p2')/p3' \leq 0,55$ et de préférence $(p3'-p2')/p3' \leq 0,53$.

4. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le pas p2' est tel que $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 14 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 12 \text{ mm}$.

35 5. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le pas p3' est tel que $10 \text{ mm} \leq p3' \leq 40 \text{ mm}$, de

préférence $15 \text{ mm} \leq p3' \leq 35 \text{ mm}$, plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3' \leq 25 \text{ mm}$ et encore plus préférentiellement $17 \text{ mm} \leq p3' \leq 23 \text{ mm}$.

6. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- 5 - dans le cas où $L=6$, $DI/DE > 1$, de préférence $DI/DE \geq 1,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,10$,
- dans le cas où $L=7$, $DI/DE \geq 1,30$, de préférence $DI/DE \geq 1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,40$,
- dans le cas où $L=8$, $DI/DE \geq 1,60$, de préférence $DI/DE \geq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,70$,
- dans le cas où $L=9$, $DI/DE \geq 2,00$, de préférence $DI/DE \geq 2,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 2,10$.

10 7. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- dans le cas où $L=6$, - $DI/DE \leq 1,40$ et de préférence $DI/DE \leq 1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,30$.
- dans le cas où $L=7$, $DI/DE \leq 1,70$, de préférence $DI/DE \leq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,60$,
- dans le cas où $L=8$, $DI/DE \leq 2,0$, de préférence $DI/DE \leq 1,95$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,90$,
- dans le cas où $L=9$, $DI/DE \leq 2,50$, de préférence $DI/DE \leq 2,45$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 2,40$.

15 8. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la somme $SI2'$ des distances interfils (I2') de la couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est telle que $SI2' < d3'$ avec $d3'$ étant le diamètre de chaque fil externe (F3') de chaque toron externe (TE), de préférence $SI2' \leq 0,8 \times d3'$.

20 9. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est désaturée, de préférence incomplètement insaturée.

10. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche externe (C3') de chaque toron externe (TE) est désaturée, de préférence complètement insaturée.

25 11. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel L est égal à 6, 7, 8, 9 ou 10, de préférence $L=6$, 7 ou 8 et plus préférentiellement $L=6$.

12. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur ou égal au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') de chaque toron externe (TE), de préférence le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) 5 présente un diamètre d1' supérieur au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') de chaque toron externe (TE).

13. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur ou égal au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') 10 de chaque toron externe (TE), de préférence chaque fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') de chaque toron externe (TE).

14. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel Q'=1, M'= 5 ou 6 et N'=10, 11 ou 12, de préférence 15 Q'=1, M'=5 ou 6, N'=10 ou 11 et plus préférentiellement Q'=1, M'=6 et N'=11.

15. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon la revendication précédente, dans lequel :

- Q'=1, M'=5 ou 6, N'=10 ou 11,
- le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur ou égal au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') dudit toron externe (TE), et
- le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur ou égal au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') dudit toron externe (TE). 20

16. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon la revendication précédente, dans lequel :

- Q'=1, M'=6, N'=11,
- le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') dudit toron externe (TE), et
- le fil interne (F1') de chaque toron externe (TE) présente un diamètre d1' supérieur au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') dudit toron externe (TE). 25

17. Câble (50 ; 51 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil intermédiaire (F2') de chaque toron externe (TE) présentant un diamètre d2' et chaque fil externe (F3') de chaque toron externe 30 (TE) présentant un diamètre d3', d2'=d3'.

18. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche externe (C3) du toron interne (TI) est désaturée, de préférence complètement insaturée.

19. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d1' de chaque fil interne (F1') de chaque toron externe (TE), de préférence chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre 5 d1 égal au diamètre d1' de chaque fil interne (F1') de chaque toron externe (TE).

20. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') de chaque toron externe (TE), de préférence chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un 10 diamètre d1 supérieur au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') de chaque toron externe (TE).

21. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') de chaque 15 toron externe (TE), de préférence chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') de chaque toron externe (TE).

22. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil externe (F3) du toron interne (TI) 20 présente un diamètre d3 supérieur ou égal au diamètre d3' de chaque fil externe (F3) de chaque toron externe (TE), de préférence chaque fil externe (F3) du toron interne (TI) présente un diamètre d3 supérieur au diamètre d3' de chaque fil externe (F3') de chaque toron externe (TE).

23. Câble (57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, dans 25 lequel, dans le cas où Q>1, la couche interne (C1) du toron interne (TI) est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

24. Câble (57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, dans lequel, dans le cas où Q>1, la couche interne (C1) du toron interne (TI) est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

30 25. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, dans lequel la couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est enroulée autour de la couche interne (C1') de chaque toron externe (TE) selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

35 26. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, dans lequel la couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est enroulée autour de la couche interne (C1') de chaque toron externe (TE) selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

27. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

5 28. Câble (57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 27, dans lequel le toron interne (TI) est à deux couches (C1, C3).

29. Câble (57 ; 58 ; 59) selon la revendication précédente, dans lequel $Q > 1$, de préférence $Q = 2, 3$ ou 4 .

10 30. Câble (57) selon la revendication 28 ou 29, dans lequel $Q = 2$ et $N = 7$ ou 8 , de préférence $Q = 2, N = 7$.

31. Câble (58) selon la revendication 28 ou 29, dans lequel $Q = 3$ et $N = 7, 8$ ou 9 , de préférence $Q = 3, N = 8$.

32. Câble (59) selon la revendication 28 ou 29, dans lequel $Q = 4$ et $N = 7, 8, 9$ ou 10 , de préférence $Q = 4, N = 9$

15 33. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 28 à 32, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 égal au diamètre d3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

20 34. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 1 à 27, dans lequel le toron interne (TI) est à trois couches (C1, C2, C3) et comprend :

- une couche intermédiaire (C2) constituée de M fils intermédiaires (F2) enroulés autour de la couche interne (C1), et
- une couche externe (C3) constituée de N fils externes (F3) enroulés autour de la couche intermédiaire (C2).

25 35. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon la revendication 34, dans lequel la couche intermédiaire (C2) du toron interne (TI) est désaturée, de préférence incomplètement insaturée.

30 36. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon la revendication 34 ou 35, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

35 37. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 34 à 36, dans lequel chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur ou égal au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI), de préférence chaque fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d1 supérieur au diamètre d2 de chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI).

38. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 34 à 37, dans lequel $Q=1, 2, 3$ ou 4 , de préférence $Q=1, 2$ ou 3 et plus préférentiellement $Q=1$ ou 3 .

39. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 5 34 à 38, dans lequel $Q=1, M=5$ ou 6 et $N=10, 11$ ou 12 , de préférence $Q=1, M=5$ ou $6, N=10$ ou 11 et plus préférentiellement $Q=1, M=6$ et $N=11$.

40. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 55 ; 56) selon la revendication précédente, dans lequel :

- $Q=1, M=5$ ou $6, N=10$ ou 11 ,
- le fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI), et
- le fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

10 41. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 55 ; 56) selon la revendication précédente, dans lequel :

- $Q=1, M=6, N=11$,
- le fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI), et
- le fil interne (F1) du toron interne (TI) présente un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

42. Câble (54) selon l'une quelconque des revendications 34 à 38, dans lequel 15 $Q=3, M=8$ ou 9 et $N=13, 14$ ou 15 , de préférence $Q=3, M=8$ ou $9, N=14$ ou 15 , plus préférentiellement $Q=3, M=9, N=14$ ou 15 et encore plus préférentiellement $Q=3, M=9$ et $N=15$.

43. Câble (54) selon la revendication précédente, dans lequel :

- $Q=3, M=8$ ou $9, N=14$ ou 15 ,
- les fils internes (F1) du toron interne (TI) présentent un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI), et
- les fils internes (F1) du toron interne (TI) présentent un diamètre d_1 supérieur ou égal au diamètre d_3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

44. Câble (54) selon la revendication précédente, dans lequel :

20 - $Q=3, M=9, N=14$ ou 15 ,

- les fils internes (F1) du toron interne (TI) présentent un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_2 de chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI), et
- les fils internes (F1) du toron interne (TI) présentent un diamètre d_1 supérieur au diamètre d_3 de chaque fil externe (F3) du toron interne (TI).

45. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 34 à 44, dans lequel chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI) présentant un diamètre d2 et chaque fil externe (F3) du toron interne (TI) présentant un diamètre d3, d2=d3.

5 46. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 34 à 45, dans lequel chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI) présente un diamètre d2 supérieur ou égal au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') de chaque toron externe (TE), de préférence chaque fil intermédiaire (F2) du toron interne (TI) présente un diamètre d2 supérieur au diamètre d2' de chaque fil intermédiaire (F2') de 10 chaque toron externe (TE).

47. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 34 à 46, dans lequel la couche intermédiaire (C2) du toron interne (TI) est enroulée autour de la couche interne (C1) du toron interne (TI) selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement du câble.

15 48. Câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56) selon l'une quelconque des revendications 34 à 46, dans lequel la couche intermédiaire (C2) du toron interne (TI) est enroulée autour de la couche interne (C1) du toron interne (TI) selon un sens d'enroulement opposé au sens d'enroulement du câble.

20 49. Pneumatique (10), **caractérisé en ce qu'il comprend au moins un câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59)** selon l'une quelconque des revendications précédentes.

50. Pneumatique (10) selon la revendication précédente, comportant une armature de carcasse (24) ancrée dans deux bourrelets (18) et surmontée radialement par une armature de sommet (14) elle-même surmontée d'une bande de roulement (22), 25 l'armature de sommet (14) étant réunie auxdits bourrelets (18) par deux flancs (16) et comportant au moins un câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 48.

51. Pneumatique (10) selon la revendication précédente, dans lequel l'armature de sommet (14) comprend une armature de protection (38) et une armature de travail (36), 30 l'armature de travail (36) comprenant au moins un câble (50 ; 51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56 ; 57 ; 58 ; 59) selon l'une quelconque des revendications 1 à 48, l'armature de protection (38) étant radialement intercalée entre la bande de roulement (22) et l'armature de travail (36).

1/12

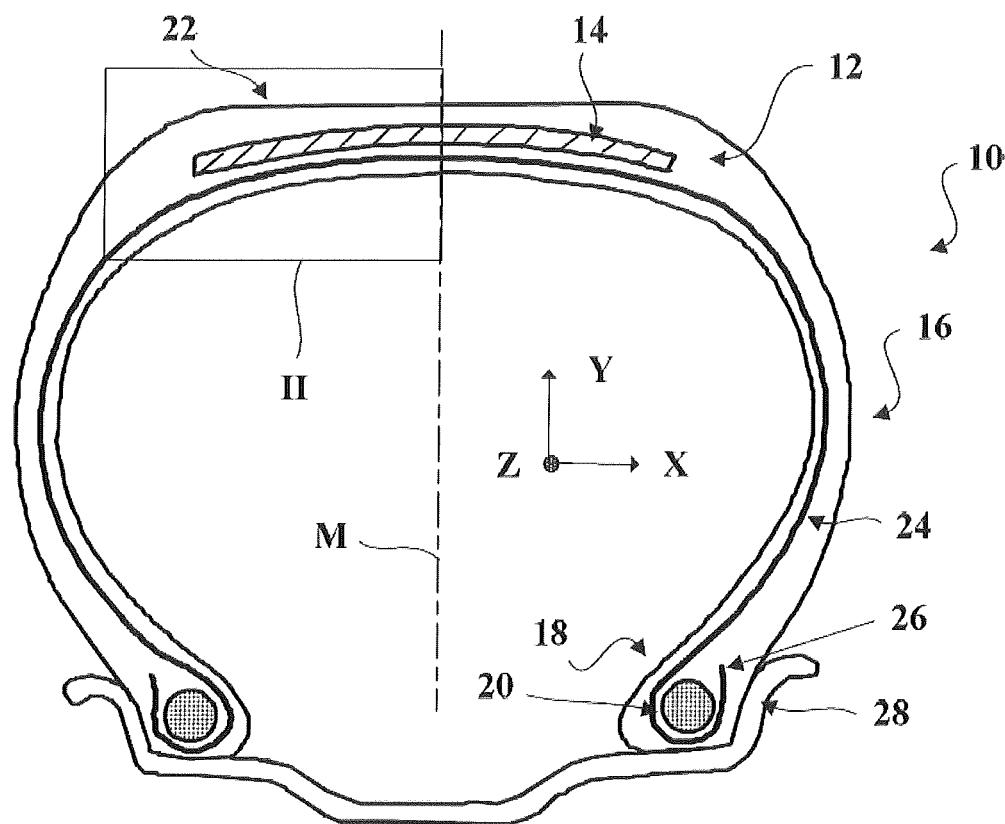


Fig. 1

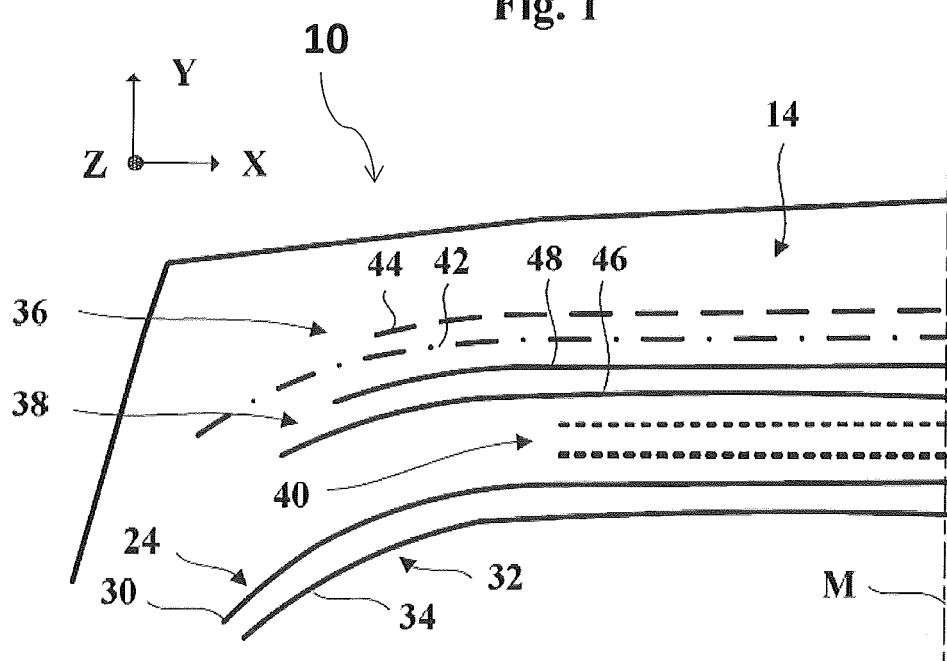


Fig. 2

2/12

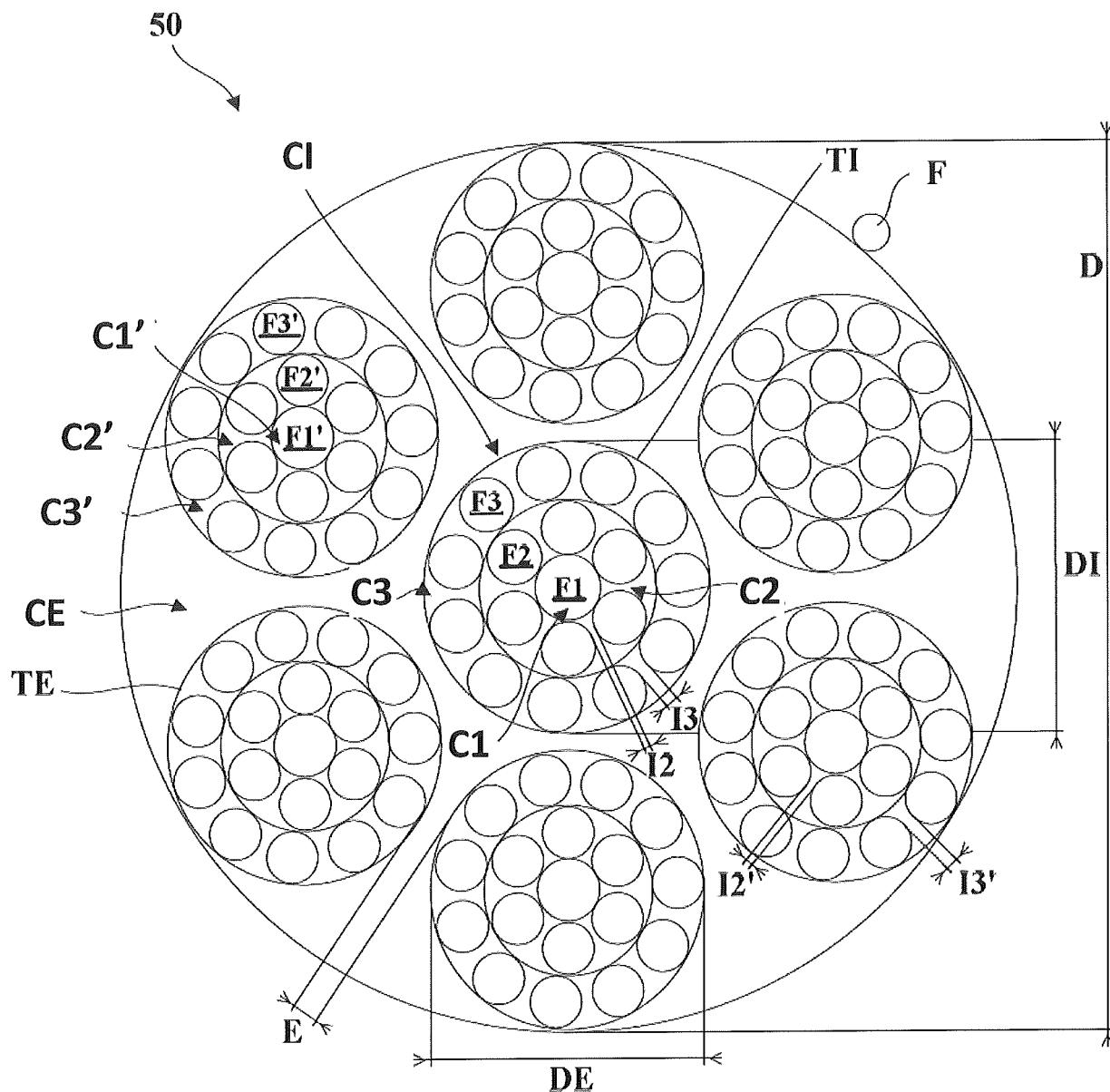


Fig.3

3/12

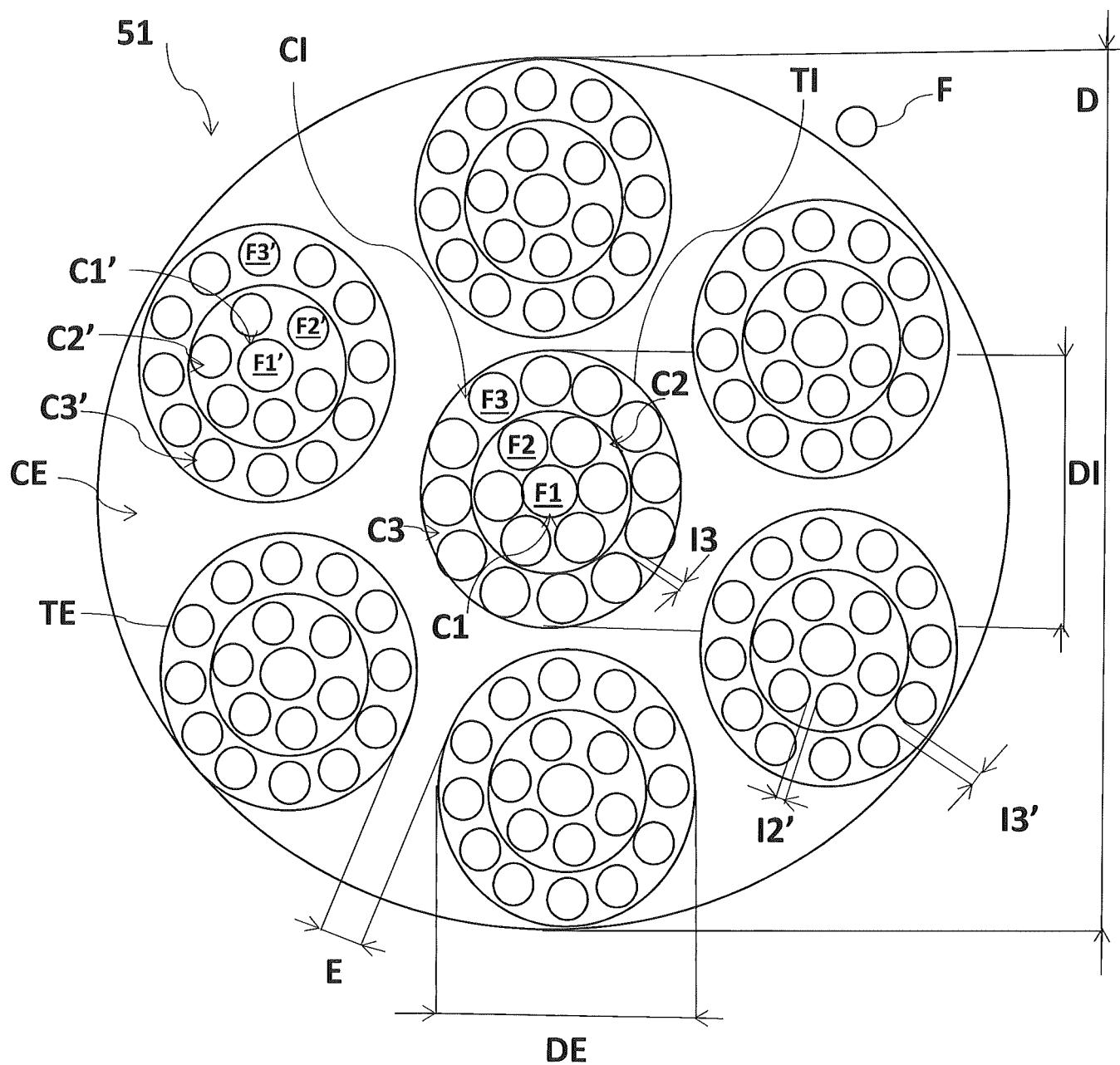


Fig.4

4/12

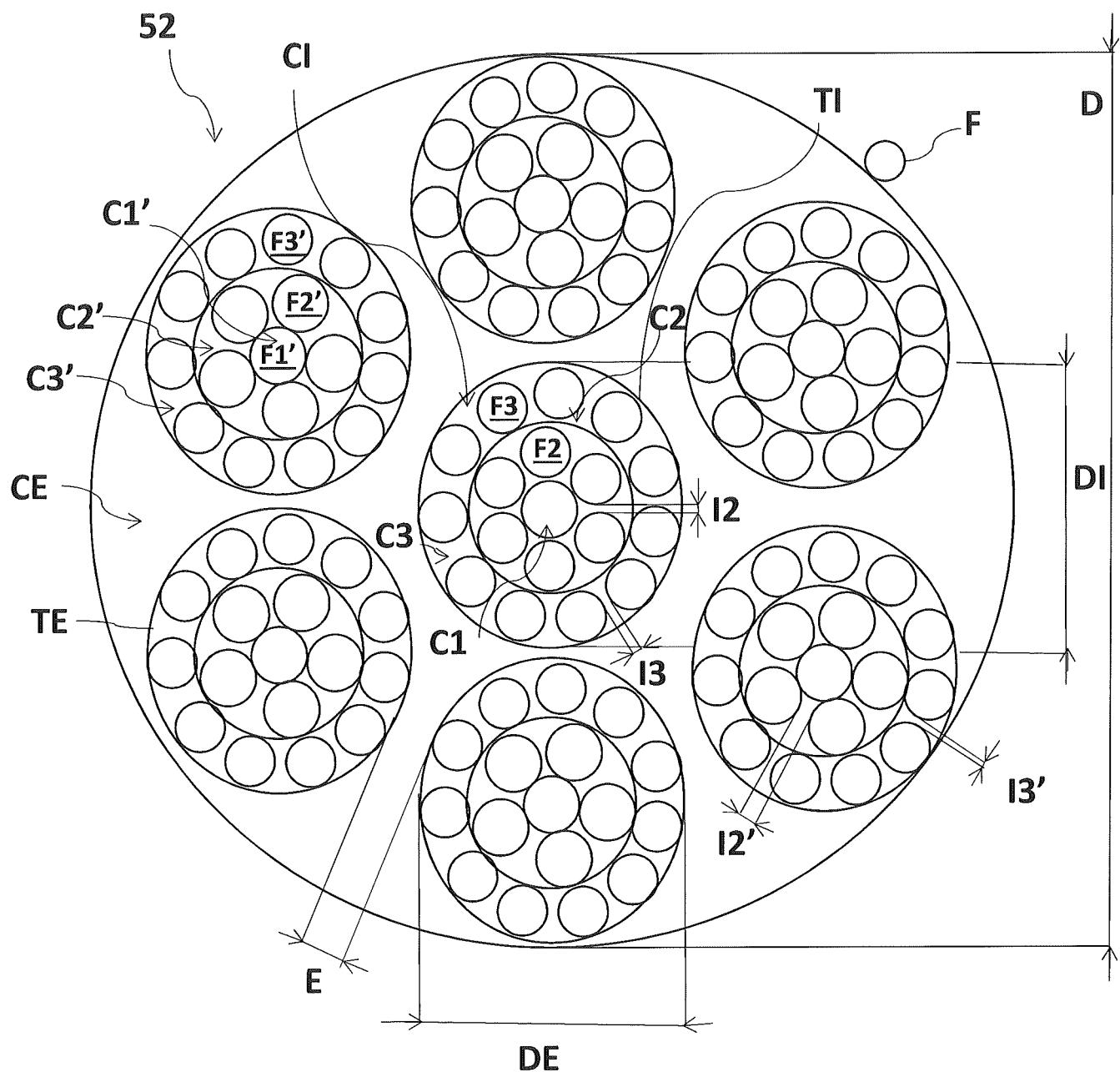


Fig.5

5/12

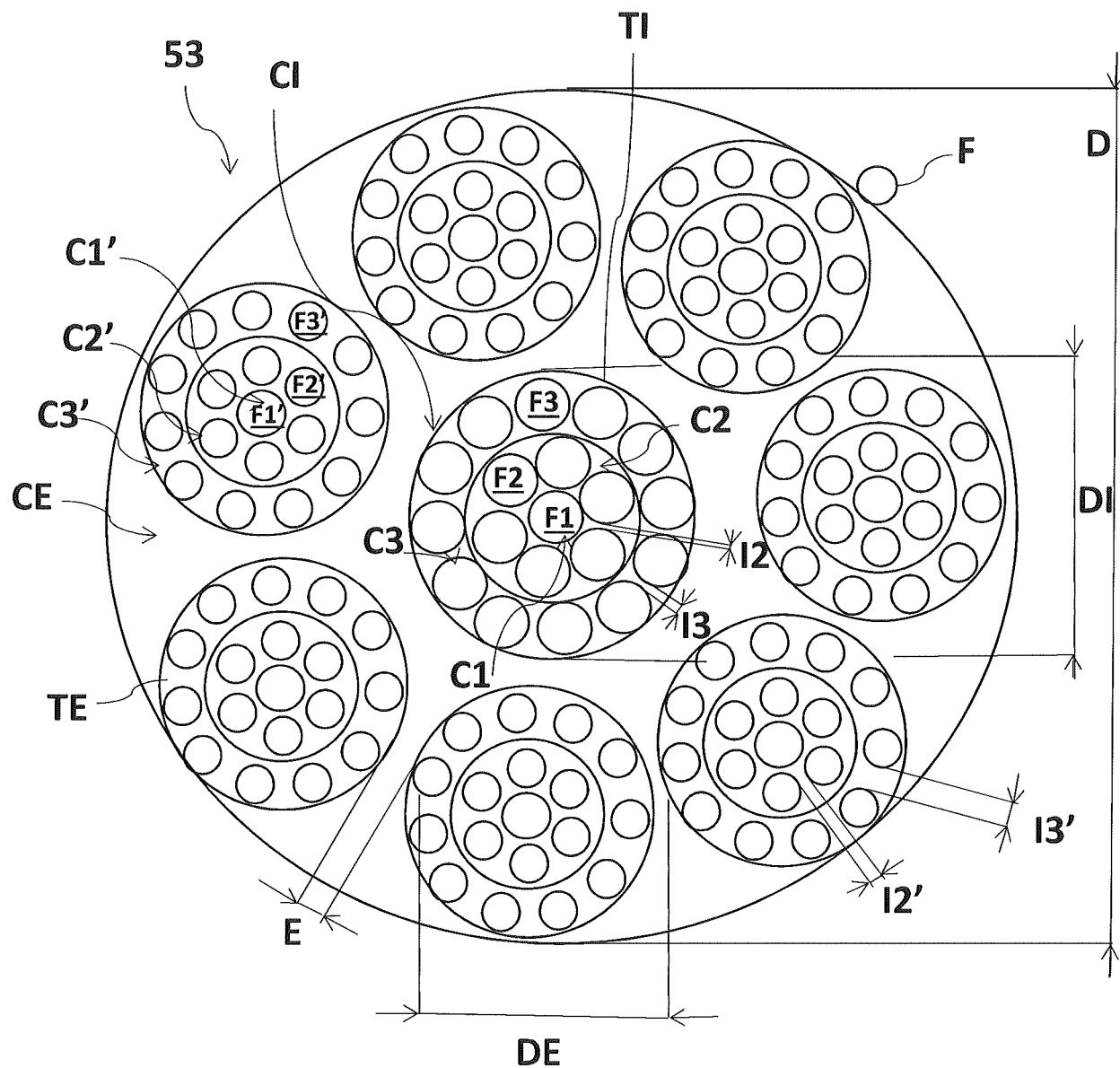


Fig.6

6/12

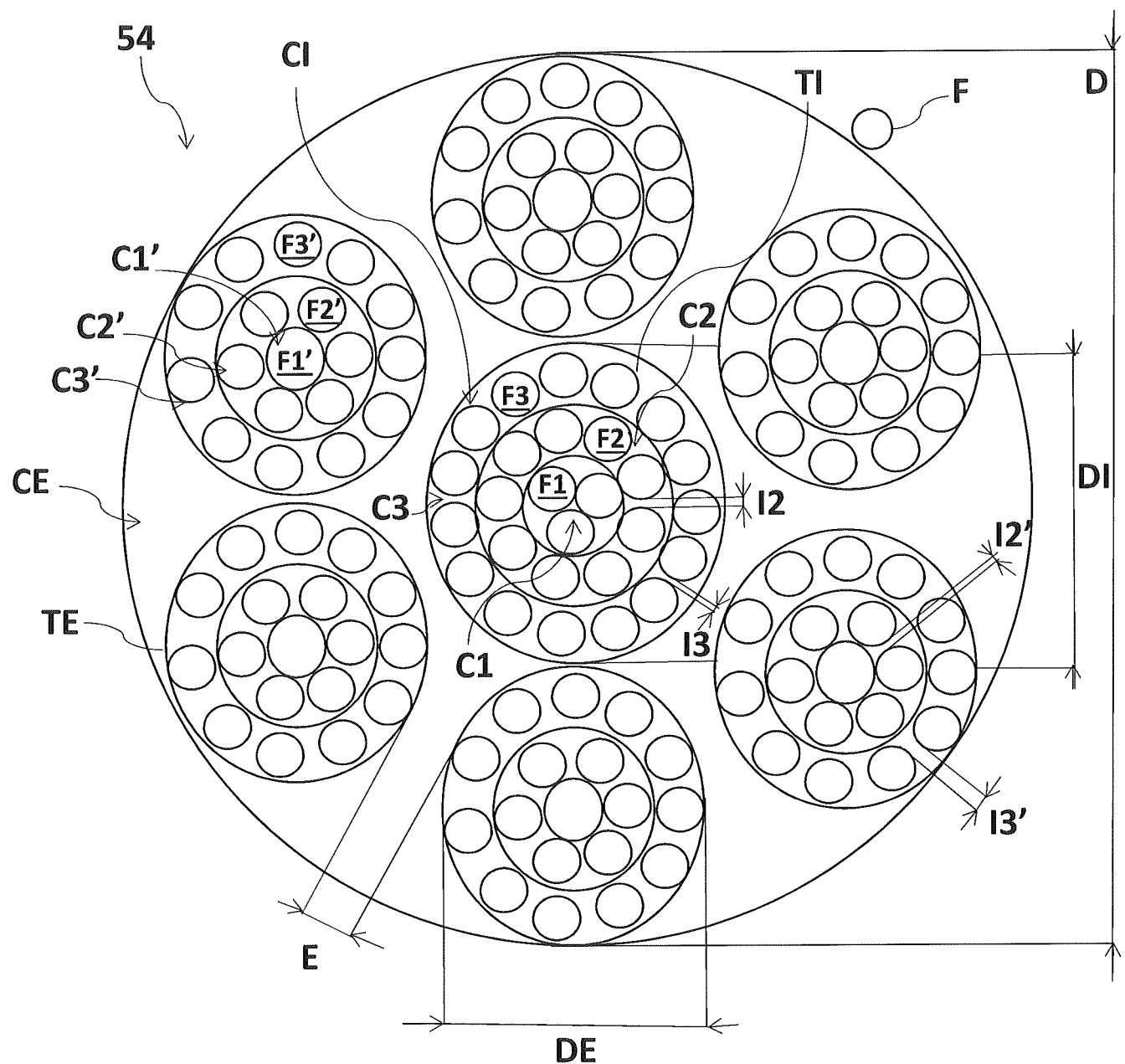


Fig.7

7/12

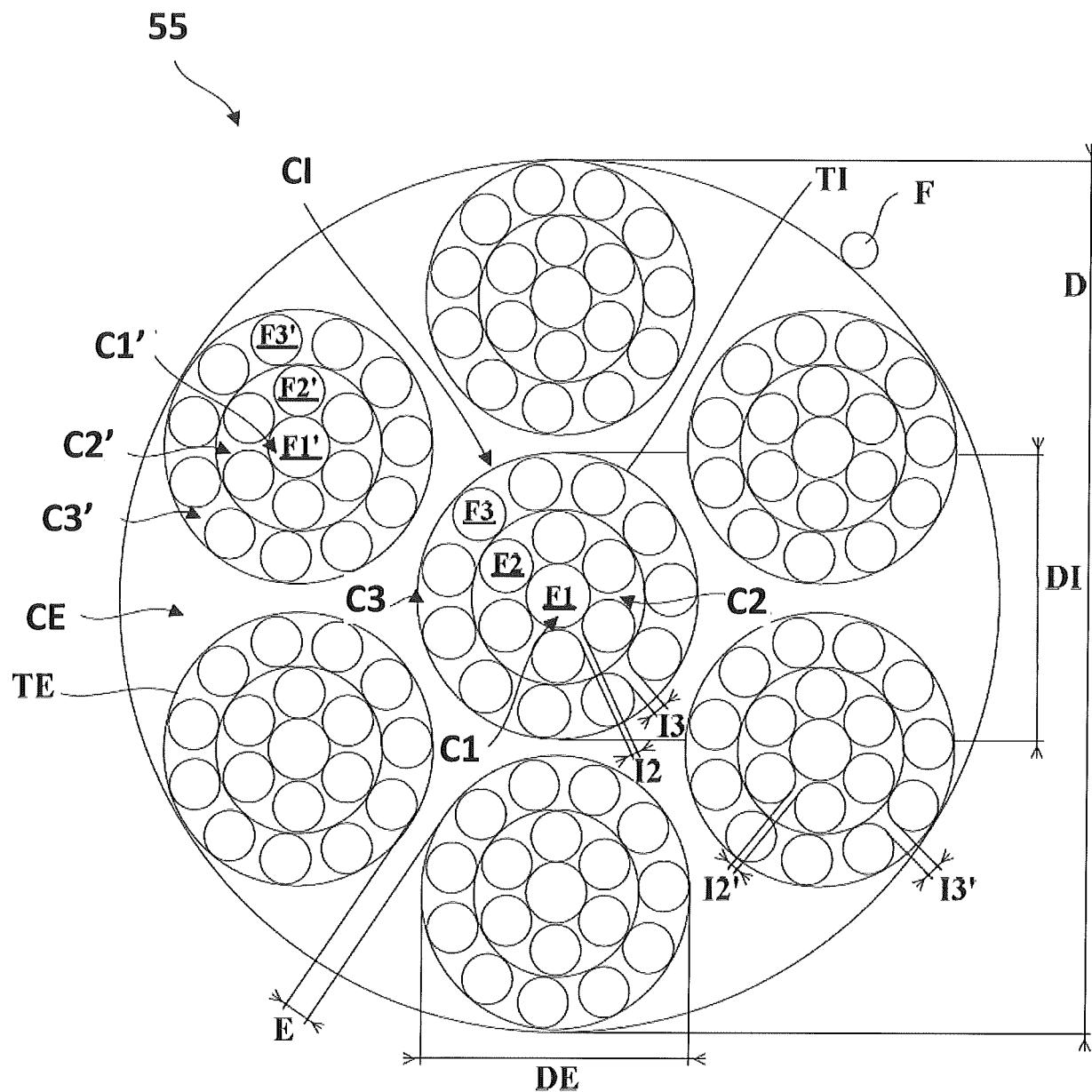


Fig.8

8/12

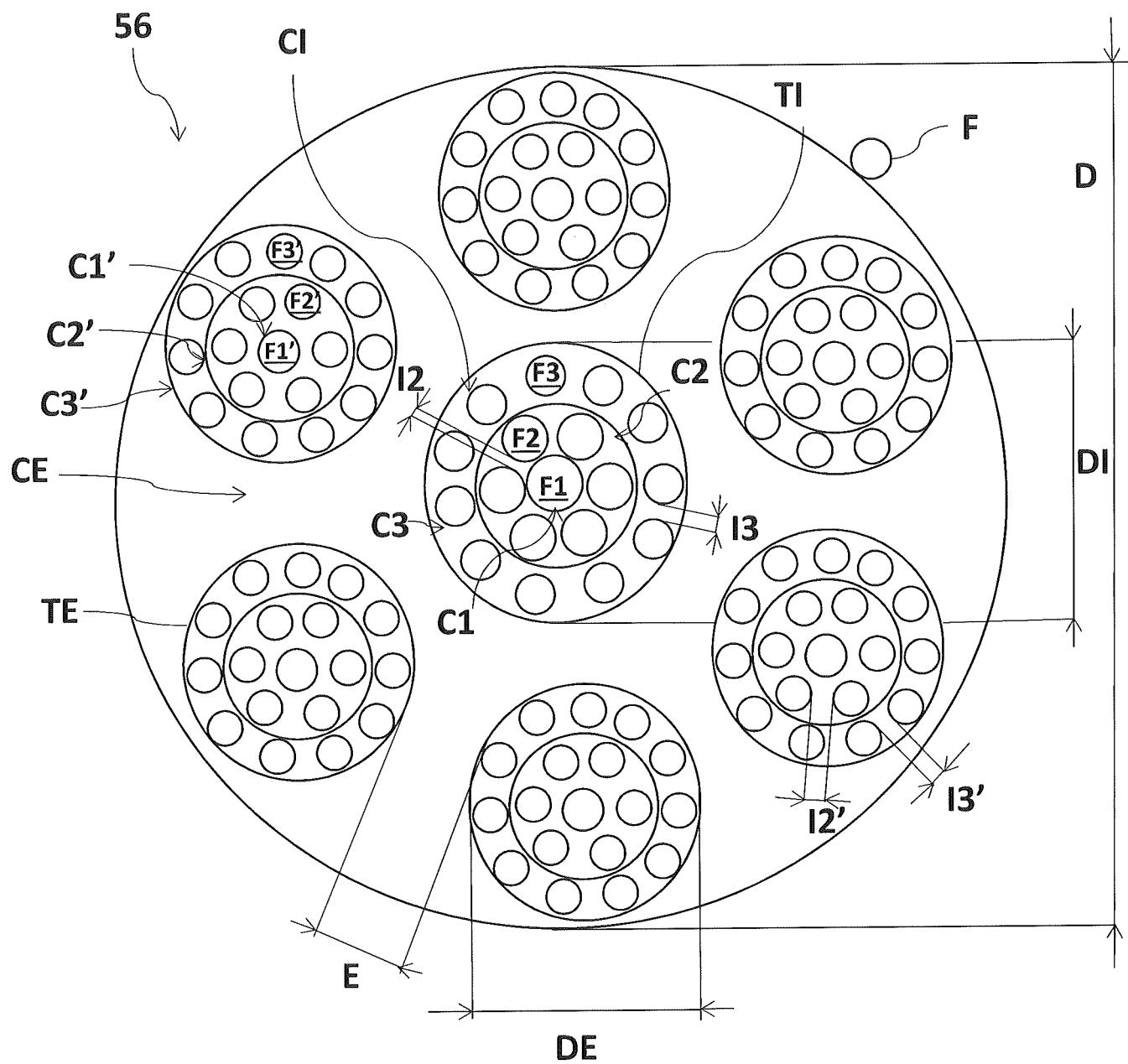


Fig. 9

9/12

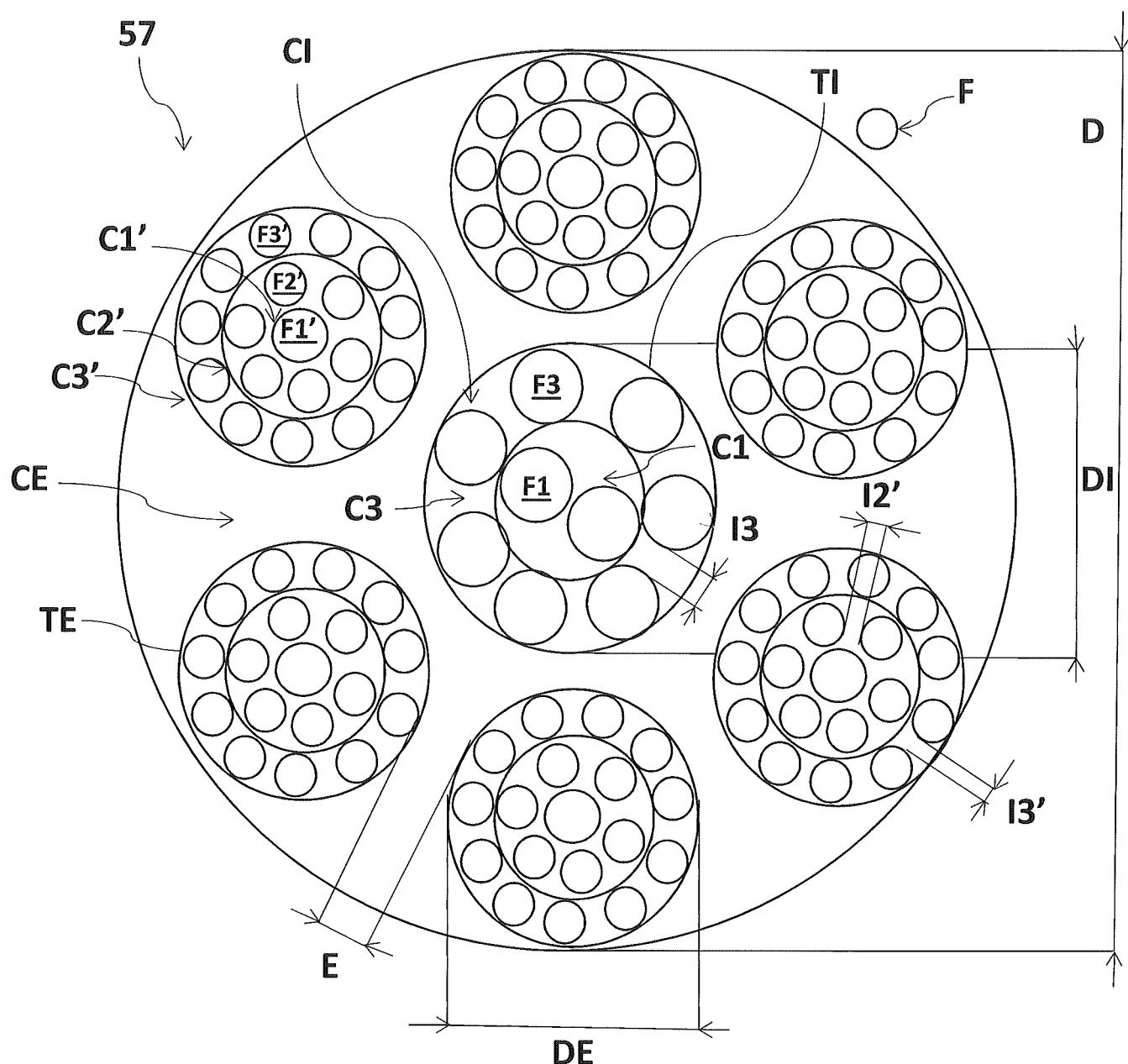


Fig.10

10/12

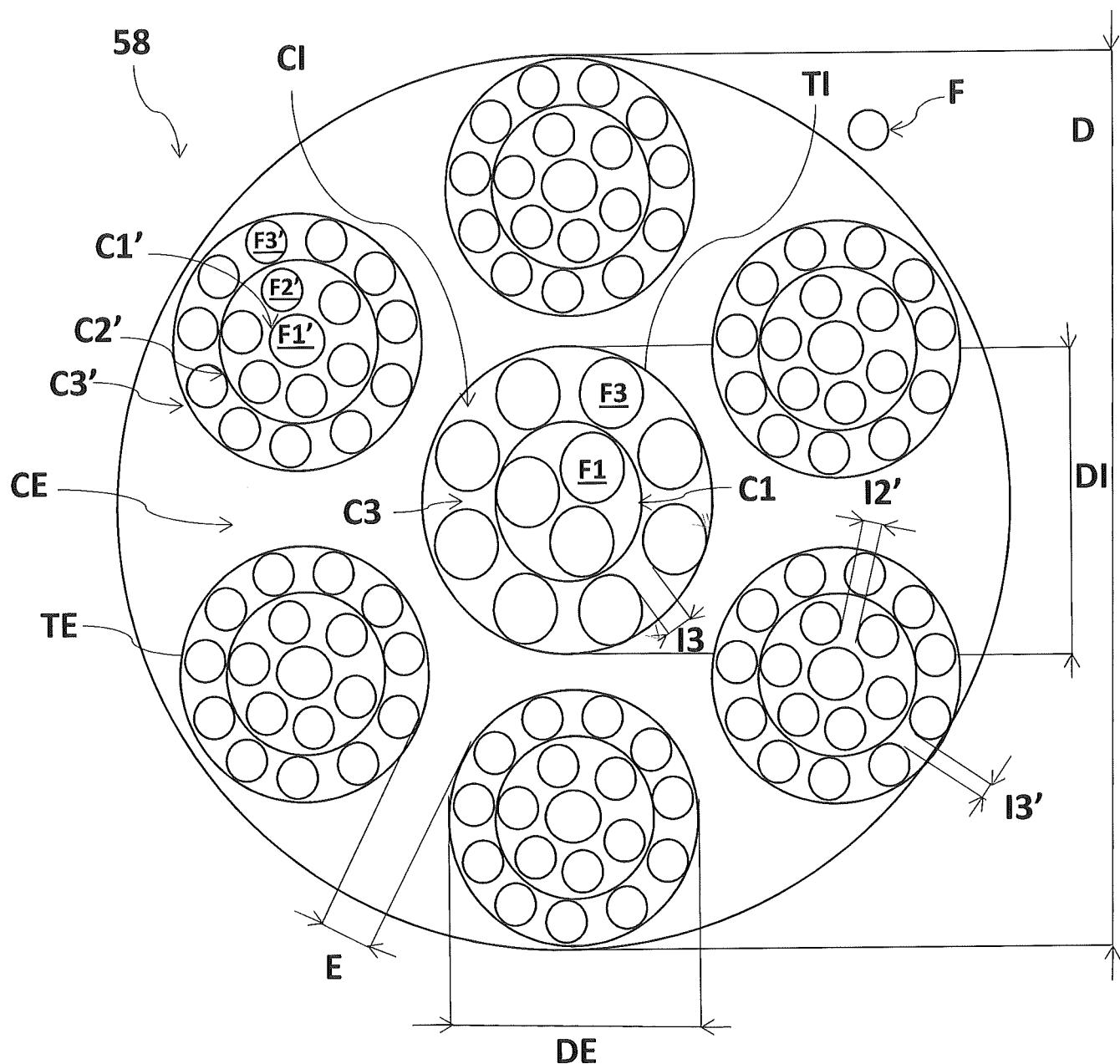


Fig.11

11/12

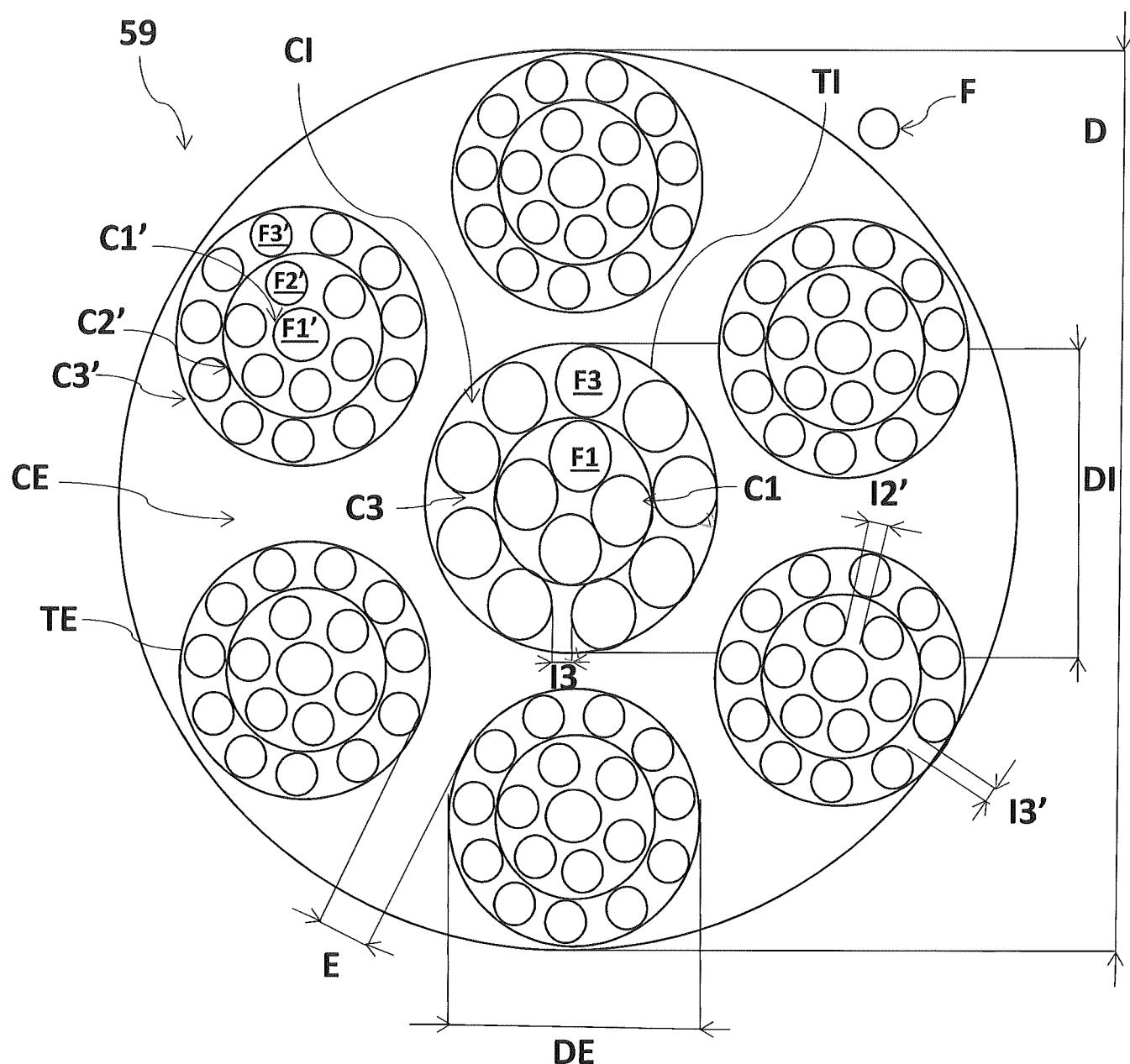
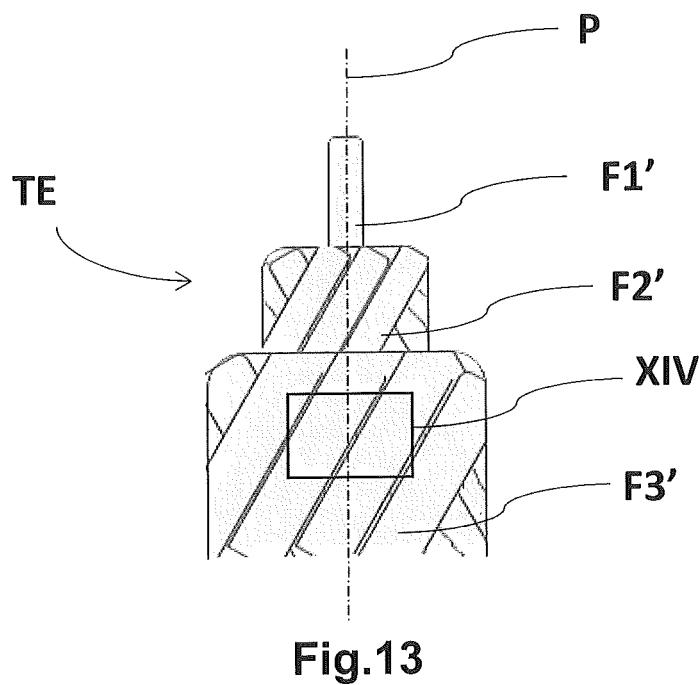
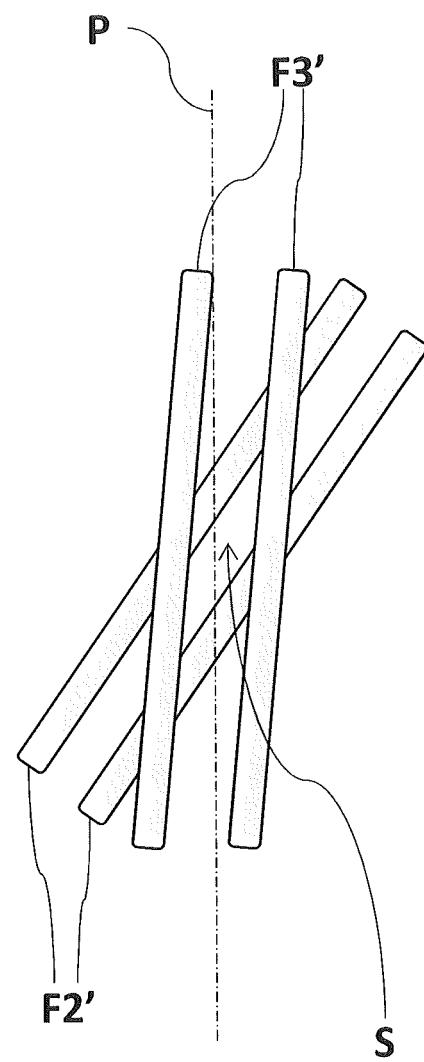


Fig.12

12/12

**Fig.13****Fig.14**

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 835626
FR 1662936

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	CN 203 373 487 U (JIANGSU XINGDA STEEL CORD CO) 1 janvier 2014 (2014-01-01)	1-7, 10-13, 18-22, 25-27, 34, 36-39, 46-51	D07B1/06 B60C9/00
Y	* alinéa [0025]; revendications 1,3-7,9-11,13 *	1-51	
Y	----- EP 0 383 716 A1 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 22 août 1990 (1990-08-22) * page 2, lignes 46-48; revendications 1,9,10; figures 1,2 *	1-51	
Y,D	----- WO 2015/090920 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 25 juin 2015 (2015-06-25) * alinéa [0078] - alinéa [0100]; figure 3 *	8,14-18, 35,40, 41,45	
Y	----- EP 1 126 073 A2 (GOODYEAR TIRE & RUBBER [US]) 22 août 2001 (2001-08-22) * alinéas [0019], [0024]; figures 2,3 *	23,24, 42,43	D07B
Y	----- JP 2005 314833 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 10 novembre 2005 (2005-11-10) * figures 1,2 *	28-33	
A	----- WOLF G H ET AL: "DER EINFLUSS DER CORDKONSTRUKTION AUF DIE HAFTUNG GUMMI/STAHL", KAUTSCHUK UND GUMMI - KUNSTSTOFFE, HUTHIG VERLAG, HEIDELBERG, DE, vol. 34, no. 5, 1 mai 1981 (1981-05-01), pages 365-370, XP001066486, ISSN: 0948-3276 * page 365, colonne de gauche; figure 1 *	1	
1	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
	8 août 2017	Uhlig, Robert	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul			
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			
A : arrière-plan technologique			
O : divulgation non-écrite			
P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention			
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.			
D : cité dans la demande			
L : cité pour d'autres raisons			
& : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1662936 FA 835626

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **08-08-2017**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
CN 203373487	U	01-01-2014	AUCUN			
EP 0383716	A1	22-08-1990	BR 9000595 A DE 69002107 D1 DE 69002107 T2 EP 0383716 A1 ES 2043337 T3 JP H0351359 Y2 JP H02106494 U US 4947636 A			15-01-1991 12-08-1993 03-02-1994 22-08-1990 16-12-1993 01-11-1991 23-08-1990 14-08-1990
WO 2015090920	A1	25-06-2015	FR 3014913 A1 WO 2015090920 A1			19-06-2015 25-06-2015
EP 1126073	A2	22-08-2001	BR 0100387 A DE 60119190 T2 EP 1126073 A2 JP 4648550 B2 JP 2001262481 A US 6272830 B1			30-10-2001 03-05-2007 22-08-2001 09-03-2011 26-09-2001 14-08-2001
JP 2005314833	A	10-11-2005	JP 4353523 B2 JP 2005314833 A			28-10-2009 10-11-2005