



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN**
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2019/06/04

(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2019/12/26

(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2020/11/30

(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2019/051313

(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2019/243691

(30) Priorité/Priority: 2018/06/20 (FR1855458)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *D07B 1/06* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:

COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS
MICHELIN, FR

(72) Inventeurs/Inventors:

CHEVALLEY, MARIANNA, FR;
CLEMENT, EMMANUEL, FR;
GIANETTI, ALEXANDRE, FR;
LAURENT, STEPHANE, FR;
PINAUT, REMI, FR

(74) Agent: ROBIC

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

(54) Title: DOUBLE-LAYER MULTI-STRAND CORD WITH IMPROVED PENETRABILITY

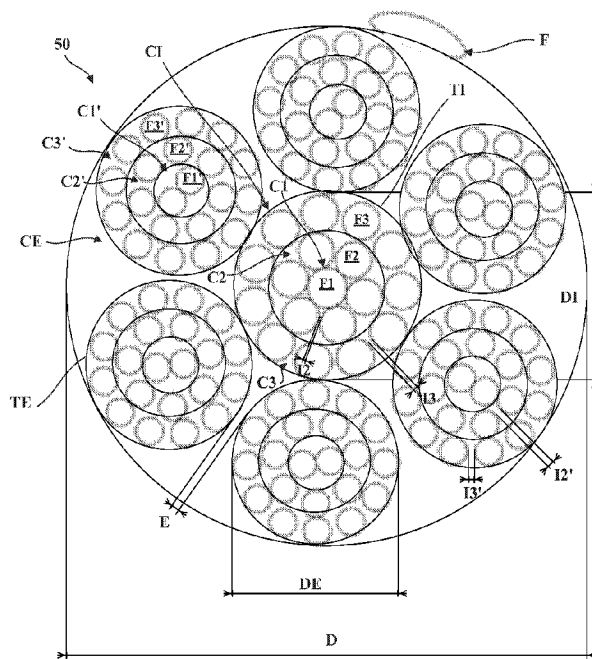


FIG. 3

(57) **Abrégé/Abstract:**

Le câble (50) comprend un toron interne (TI) et $L > 1$ torons externes (TE). Chaque toron externe (TE) comprend: - une couche interne (C1') de $Q' = 2, 3$ ou 4 fils internes (F1'), - une couche intermédiaire (C2') de M' fils intermédiaires (F2') enroulés au pas $p2'$, - une couche externe (C3') de N' fils externes (F3') enroulés au pas $p3'$. La couche externe (CE) du câble est enroulée selon un sens d'enroulement du câble (50). Chaque couche externe (C3, C3') de chaque toron interne et externe (TI, 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. La couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est désaturée et la couche externe (C3') de chaque toron externe (TE) est désaturée. Les pas $p2'$ et $p3'$ vérifient : $-0,33 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,45$ dans le cas où $Q' = 2$, $-0,35 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,42$ dans le cas où $Q' = 3$, $-0,28 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,43$ dans le cas où $Q' = 4$.

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
26 décembre 2019 (26.12.2019)(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/243691 A1(51) Classification internationale des brevets :
D07B 1/06 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/051313(22) Date de dépôt international :
04 juin 2019 (04.06.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1855458 20 juin 2018 (20.06.2018) FR(71) Déposant : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN [FR/FR] ; 23, place des
Carmes-Déchaux, 63000 CLERMONT-FERRAND (FR).

(72) Inventeurs : **CHEVALLEY, Marianna** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR). **CLEMENT, Emmanuel** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR). **GIANETTI, Alexandre** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR). **LAURENT, Stéphane** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR). **PINAUT, Rémi** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carmes-Dé-

(54) Title: DOUBLE-LAYER MULTI-STRAND CORD WITH IMPROVED PENETRABILITY

(54) Titre : CÂBLE MULTI-TORONS À DEUX COUCHES À PÉNÉTRABILITÉ AMÉLIORÉE

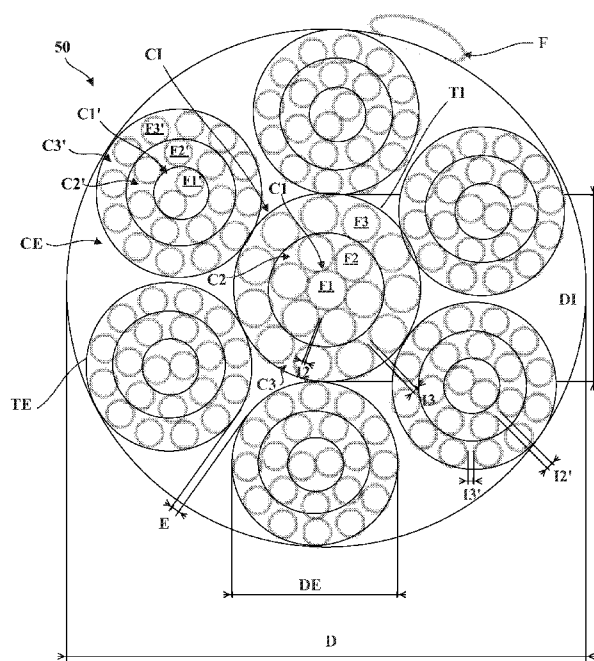


FIG. 3

(57) Abstract: The disclosed cord (50) comprises an inner strand (TI) and $L > 1$ outer strands (TE). Each outer strand (TE) comprises: - an inner layer (C1') consisting of $Q' = 2, 3$ or 4 inner wires (F1'); - an intermediate layer (C2') consisting of M' intermediate wires (F2') wound at a pitch $p2'$; - an outer layer (C3') consisting of N' outer wires (F3') wound at a pitch $p3'$. The outer layer (CE) of the cord is wound in a winding direction of the cord (50). Each outer layer (C3, C3') of each inner and outer strand (TI, TE) is wound in a same winding direction extending opposite the winding direction of the cord (50). The outer layer (CE) of the cord (50) is desaturated. The intermediate layer (C2') of each outer strand (TE) is desaturated, and the outer layer (C3') of each outer strand (TE) is desaturated. The following applies to pitches $p2'$ and $p3'$: $0.33 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0.45$ if $Q' = 2$; $0.35 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0.42$ if $Q' = 3$; $0.28 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0.43$ if $Q' = 4$.

(57) Abrégé : Le câble (50) comprend un toron interne (TI) et $L > 1$ torons externes (TE). Chaque toron externe (TE) comprend: - une couche interne (C1') de $Q' = 2, 3$ ou 4 fils internes (F1'), - une couche intermédiaire (C2') de M' fils intermédiaires (F2') enroulés au pas $p2'$, - une couche externe (C3') de N' fils externes (F3') enroulés au pas $p3'$. La couche externe (CE) du câble est enroulée selon un sens d'enroulement du câble (50). Chaque couche externe (C3, C3') de chaque toron interne et externe (TI, 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. La couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est désaturée et la couche externe (C3') de chaque toron externe (TE) est désaturée. Les pas $p2'$ et $p3'$ vérifient: $-0,33 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,45$ dans le cas où $Q' = 2$, $-0,35 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,42$ dans le cas où $Q' = 3$, $-0,28 \leq (p3' - p2')/p3' \leq 0,43$ dans le cas où $Q' = 4$.

WO 2019/243691 A1

chaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR).

(74) **Mandataire : DESBORDES, Guillaume** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN, 23, place des Carnes-Déchaux, CBS/CORP/J/PI - F35 - Ladoux, 63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Câble multi-torons à deux couches à pénétrabilité améliorée

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

5 **[002]** Un pneumatique à armature de carcasse radiale comprend une bande de roulement, 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. L'armature de carcasse et
10 l'armature de sommet comprennent plusieurs nappes de composition élastomérique, éventuellement renforcées par des éléments de renfort tels que des câbles ou des monofilaments, de type métallique ou textile.

[003] L'armature de carcasse est ancrée dans chaque bourrelet et surmontée radialement par l'armature de sommet. L'armature de carcasse comprend une nappe de carcasse comprenant des éléments filaires de renfort métalliques de carcasse.
15 Chaque élément filaire de renfort métallique de carcasse fait un angle compris entre 80° et 90° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[004] 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
20 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 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.

25 **[005]** L'armature de sommet peut également comprendre diverses autres nappes ou 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
30 éléments de renfort orientés sensiblement selon la direction circonférentielle (nappes dites à zéro degré), qu'elles 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.

35 **[006]** On connaît de l'état de la technique un élément de renfort des nappes décrites ci-dessus comprenant un câble métallique multi-torons à deux couches tel que

divulgué dans les exemples de WO2011064065, WO2016202622 et WO2009048054. Ces câbles comprennent 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.

5 **[007]** Chaque toron interne et externe comprend une couche interne du toron constituée de deux, trois ou quatre fils internes, une couche intermédiaire constituée de sept à neuf fils intermédiaires et une couche externe constituée de douze à quinze fils externes. Les couches intermédiaire et externe du toron interne sont enroulées dans le sens Z autour respectivement des couches interne et intermédiaire du toron
10 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.

[008] Un pneumatique de véhicule industriel lourd, notamment de génie civil, est
15 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 l'air et l'eau, qui oxydent les éléments de renfort métalliques des différentes armatures, notamment des nappes de sommet, et réduisent
20 considérablement la durée de vie du pneumatique.

[009] 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 interne et intermédiaire d'une composition élastomérique lors de la fabrication du câble. Lors de ce procédé, la composition élastomérique présente
25 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 la technique.

[010] 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
30 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 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.
35 Enfin, augmenter la résistance unitaire de chaque fil nécessite des investissements importants dans les installations de fabrication des fils.

[011] L'invention a pour but un câble présentant une pénétrabilité améliorée de ses

torons 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.

5 [012] CABLE SELON L'INVENTION

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

- 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

10

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

- une couche interne constituée de $Q' = 2, 3$ ou 4 fils internes enroulés selon un pas p_1' , la couche interne étant enroulée selon un sens de

15

- une couche intermédiaire constituée de M' fils intermédiaires, enroulés autour de la couche interne selon un pas p_2' , la couche intermédiaire étant enroulée selon un sens de couche intermédiaire de chaque toron externe, et

20

- une couche externe constituée de N' fils externes enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas p_3' ,

dans lequel :

- p_1' est différent de p_2' et/ou le sens de couche interne de chaque toron externe est différent du sens de couche intermédiaire de chaque toron externe;

25

- 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 autour de la couche interne et intermédiaire respectivement de chaque toron interne et externe selon un même sens d'enroulement opposé au sens

30

d'enroulement du câble ;

- la couche externe (CE) du câble est désaturée;

- la couche intermédiaire (C_2') de chaque toron externe (TE) est désaturée ;

- la couche externe (C_3') de chaque toron externe (TE) est désaturée ; et

- les pas p_2' et p_3' vérifient :

35

- $0,33 \leq (p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,45$ dans le cas où $Q' = 2$,

- $0,35 \leq (p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,42$ dans le cas où $Q' = 3$,

- $0,28 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,43$ dans le cas où $Q'=4$.

[013] 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.

[014] 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.

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

[016] 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. Une couche externe de torons désaturée 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'aux torons internes. Par opposition, une couche de torons saturée est telle qu'il n'existe pas suffisamment d'espace entre les torons de la couche de façon à permettre le passage d'une composition d'élastomère, par exemple car les torons de la couche se touchent deux à deux.

[017] Avantageusement, 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 supérieure ou égale à 30 μm . De préférence, la distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes adjacents est supérieure ou égale à 70 μm , plus préférentiellement à 100 μm , encore plus préférentiellement à 150 μm et très préférentiellement à 200 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 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 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 les câbles des exemples de WO2011064065, WO2016202622 et WO2009048054 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 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 24.

[021] De plus, grâce à la désaturation de la couche externe du câble, le câble selon 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, 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.

[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 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 de l'état de la technique dans lesquels 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 externes croisent les fils externes du toron interne en formant une zone de contact moins ponctuelle et plus linéique, empêchant le passage de la composition d'élastomère jusqu'au toron interne.

5 **[023]** De par l'invention et la relation entre $p2'$ et $p3'$ et de par la relation entre $p1'$, $p2'$ et les sens des couches interne et intermédiaire de chaque toron externe, 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 sont obtenues lorsque les différentes
10 couches d'un toron sont enroulées à des pas différents deux à deux 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
15 plus 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 câble est dépourvu de toute composition élastomérique,
20 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
25 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.

30 **[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 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
35 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 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.

5 **[028]** De préférence, les fils d'une même couche d'un toron prédéterminé (interne ou 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.

10 **[029]** Avantageusement, chaque fil de chaque toron présente un diamètre allant de 0,15 mm à 0,60 mm, de préférence de 0,20 mm à 0,50 mm, plus préférentiellement de 0,22 mm à 0,40 mm et encore plus préférentiellement de 0,24 mm à 0,35 mm.

15 **[030]** Par composition de polymère ou composition polymérique, on entend que la 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.

20 **[031]** Par composition d'élastomère ou composition élastomérique, on entend que la 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.

25 **[033]** Avantageusement :

- $0,36 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$, de préférence $0,38 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$ dans le cas où $Q'=2$,
- $0,36 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$, de préférence $0,38 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$ dans le cas où $Q'=3$,
- $0,32 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$, de préférence $0,36 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$ dans le cas où $Q'=4$.

30 **[034]** 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

5 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.

[035] 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

10 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.

15 **[036]** Avantageusement :

- $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,42$ et de préférence $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,40$ dans le cas où $Q'=2$,
- $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,40$ dans le cas où $Q'=3$,
- $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,40$ et de préférence $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,38$ dans le cas où $Q'=4$.

En dessous de ces valeurs, la dimension des fenêtres de passage radial de la

20 composition d'élastomère est maximale et permet d'optimiser la pénétrabilité de chaque toron externe.

[037] De façon avantageuse, le pas p_1' est tel que $3 \text{ mm} \leq p_1' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $4 \text{ mm} \leq p_1' \leq 13 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $5 \text{ mm} \leq p_1' \leq 10 \text{ mm}$.

[038] De façon avantageuse, le pas p_2' est tel que $8 \text{ mm} \leq p_2' \leq 20 \text{ mm}$, de

25 préférence $9 \text{ mm} \leq p_2' \leq 18 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $10 \text{ mm} \leq p_2' \leq 16 \text{ mm}$.

[039] De façon avantageuse, le pas p_3' est tel que $10 \text{ mm} \leq p_3' \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $12 \text{ mm} \leq p_3' \leq 30 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p_3' \leq 25 \text{ mm}$.

[040] Des pas p_1' , p_2' et p_3' dans ces plages préférentielles permettent d'obtenir un câble présentant des propriétés mécaniques compatibles avec un usage pneumatique,

30 un coût et une masse linéique du câble relativement faible.

[041] Par définition, le diamètre d'un toron est le diamètre du cercle le plus petit dans lequel est circonscrit le toron. Le toron interne TI présente un diamètre DI et chaque toron externe TE présente un diamètre DE.

[042] Avantageusement, dans le cas où $L=6$, $DI/DE > 1$, de préférence $DI/DE \geq 1,05$ et

35 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 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.

[043] 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.

[044] 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 $DI/DE \leq 1,60$.

[045] 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 $DI/DE \leq 1,90$.

[046] 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 $DI/DE \leq 2,40$.

[047] 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.

[048] 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 $L=6$.

[049] Dans un mode de réalisation favorisant la pénétrabilité du câble, la couche externe du câble est complètement insaturée.

[050] Par définition, une couche complètement insaturée de torons est, par opposition à une couche incomplètement insaturée, telle qu'il existe suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(X+1)^{\text{ième}}$ toron du même diamètre que les X torons de la couche, plusieurs torons pouvant alors être ou non au contact les uns des autres. En l'espèce, il existe suffisamment de place dans la couche externe du câble pour y ajouter au moins un $(L+1)^{\text{ième}}$ toron du même diamètre que les L torons externes

de la couche externe du câble. Ainsi, avantageusement, la somme SIE des distances intertorons E de la couche externe du câble est telle que $SIE \geq DE$. La somme SIE est la somme des distances intertorons E séparant chaque couple de torons adjacents de la couche. La distance intertorons d'une couche est définie, sur une section du câble

5 perpendiculaire à l'axe principal du câble, comme la distance la plus courte qui sépare, en moyenne, deux torons adjacents de la couche. Ainsi, la distance intertorons E est calculée en divisant la somme SIE par le nombre d'espaces séparant les torons de la couche.

[051] Dans un autre mode de réalisation favorisant le compromis entre pénétrabilité et force à rupture, la couche externe du câble est incomplètement insaturée.

[052] Une couche incomplètement insaturée de torons est telle qu'il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(X+1)^{ième}$ toron du même diamètre que les X torons de la couche. En l'espèce, il n'existe pas suffisamment de place dans la couche externe pour y ajouter au moins un $(L+1)^{ième}$

15 toron externe du même diamètre que les L torons externes de la couche externe du câble. Ainsi, la somme SIE des distances intertorons E de la couche externe du câble est telle que $SIE < DE$.

[053] 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

20 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

25 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 $1,25 < d_3/d_3' \leq 1,5$.

30 **[054]** Torons externes du câble selon l'invention

[055] Dans des modes de réalisation, $M'=7, 8, 9$ ou 10 , $N'=12, 13, 14$ ou 15 .

[056] Dans une première variante, $Q'=2$, $M'=7$ ou 8 et $N'=12$ ou 13 . Dans le cas où $M'=7$ et/ou $N'=12$, on favorise la désaturation de la couche intermédiaire ou externe de chaque toron externe et donc la pénétrabilité du câble au travers des torons externes.

35 Dans le cas où $M'=8$ et/ou $N'=13$, on maximise le nombre de fils intermédiaires ou externes et donc la force à rupture du câble.

[057] Dans une deuxième variante, $Q'=3$, $M'=8$ ou 9 et $N'=13$ ou 14 . Dans le cas où

M'=8 et/ou N'=13, on favorise la désaturation de la couche intermédiaire ou externe de chaque toron externe et donc la pénétrabilité du câble au travers des torons externes. Dans le cas où M'=9 et/ou N'=14, on maximise le nombre de fils intermédiaires ou externes et donc la force à rupture du câble.

- 5 **[058]** Dans une troisième variante, Q'=4, M'=9 ou 10 et N'=14 ou 15. Dans le cas où M'=9 et/ou N'=14, on favorise la désaturation de la couche intermédiaire ou externe de chaque toron externe et donc la pénétrabilité du câble au travers des torons externes. Dans le cas où M'=10 et/ou N'=15, on maximise le nombre de fils intermédiaires ou externes et donc la force à rupture du câble.
- 10 **[059]** Dans ces modes de réalisation, notamment ceux où Q'=3 ou 4, il existe un risque de voir une très forte propagation des agents corrosifs entre les Q'=3 ou 4 fils internes qui délimitent un capillaire central très favorable à leur propagation le long du toron, lorsque le toron est insuffisamment pénétré. Cet inconvénient peut être surmonté en rendant le toron pénétrable par la composition d'élastomère qui empêche
- 15 alors 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 toron.

- [060]** Avantageusement, la somme SI2' des distances interfils de la couche intermédiaire est telle que $SI2' < d3'$ avec $d3'$ étant le diamètre de chaque fil externe de
- 20 chaque toron externe, de préférence $SI2' \leq 0,8 \times d3'$. La somme SI2' est la somme des distances interfils séparant chaque couple de fils adjacents de la couche intermédiaire. 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
- 25 somme SI2' par le nombre d'espaces séparant les fils de la couche intermédiaire. Le diamètre $d3'$ 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 de plus le risque de modification des fenêtres de passage radial de la
- 30 composition d'élastomère et donc le risque de dégrader de la bonne pénétrabilité de chaque toron externe.

[061] De façon avantageuse, la couche intermédiaire de chaque toron externe est désaturée.

- [062]** Par définition, une couche de fils désaturée de fils est telle qu'il existe
- 35 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. Par opposition, une couche de fils saturée est telle qu'il n'existe pas suffisamment d'espace entre les fils de la couche de façon à permettre le passage d'une composition d'élastomère, par exemple car les fils de la couche se touchent
 5 deux à deux.

[063] Avantageusement, la distance interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe est supérieure ou égale à 5 μm . De préférence, la distance interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe est supérieure ou égale à 15 μm , plus
 10 préférentiellement supérieure ou égale à 35 μm , encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 50 μm et très préférentiellement supérieure ou égale à 60 μm .

[064] La désaturation de la couche intermédiaire de chaque toron externe permet avantageusement de faciliter le passage de la composition d'élastomère jusqu'au centre de chaque toron externe et donc de rendre le toron externe moins sensible à la corrosion.

15 **[065]** Dans un mode de réalisation favorisant le compromis entre pénétrabilité de chaque toron externe et force à rupture, la couche intermédiaire de chaque toron externe est incomplètement insaturée.

[066] Par définition, une couche incomplètement insaturée fils est telle qu'il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(X'+1)^{\text{ième}}$ fil
 20 du même diamètre que les X' 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 intermédiaires de la couche intermédiaire. En d'autres termes par couche intermédiaire de toron externe incomplètement insaturée, on entend que la somme $SI2'$ des distances interfils $I2'$ de la
 25 couche intermédiaire est inférieure au diamètre $d2'$ des fils intermédiaires de la couche intermédiaire. Ainsi, avantageusement, la somme $SI2'$ des distances interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe est telle que $SI2' < d2'$.

[067] L'insaturation incomplète de la couche intermédiaire de chaque toron externe permet d'assurer une stabilité architecturale de la couche intermédiaire. On réduit ainsi
 30 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. 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
 35 présente une force à rupture relativement élevée.

[068] Dans un autre mode de réalisation favorisant la pénétrabilité de chaque toron externe, la couche intermédiaire de chaque toron externe est complètement insaturée.

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

5 intermédiaire de chaque toron externe pour y ajouter au moins un $(M'+1)^{\text{ième}}$ fil intermédiaire du même diamètre que les M' fils intermédiaire de la couche intermédiaire. En d'autres termes, par couche intermédiaire de toron externe complètement insaturée, on entend que la somme $SI2'$ des distances interfils $I2'$ de la

10 la couche intermédiaire est supérieure ou égale au diamètre $d2'$ des fils intermédiaires de la couche intermédiaire. Ainsi, avantageusement, la somme $SI2'$ des distances interfils de la couche intermédiaire de chaque toron externe est telle que $SI2' \geq d2'$.

[070] 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

15 avantageusement de faciliter le passage de la composition d'élastomère dans et au travers de chaque toron externe et donc de rendre chaque toron externe moins sensible à la corrosion.

[071] Avantageusement, la distance interfils de la couche externe de chaque toron externe est supérieure ou égale à 5 μm . De préférence, la distance interfils de la

20 couche externe de chaque toron externe est supérieure ou égale à 15 μm , plus préférentiellement supérieure ou égale à 35 μm , encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 50 μm et très préférentiellement supérieure ou égale à 60 μm .

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

25 externe de chaque toron externe pour y ajouter au moins un $(N'+1)^{\text{ième}}$ fil externe du même diamètre que les N' fils externe de la couche externe. En d'autres termes, par couche externe de toron externe complètement insaturée, on entend que la somme

30 $SI3'$ des distances interfils $I3'$ de la couche externe est supérieure ou égale au diamètre $d3'$ des fils externes de la couche externe. Ainsi, avantageusement, la somme $SI3'$ des distances interfils de la couche externe de chaque toron externe est telle que $SI3' \geq d3'$. La somme $SI3'$ est la somme des distances interfils séparant chaque couple de fils adjacents de la couche externe. La distance interfils d'une

35 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 $SI3'$ par le nombre

d'espaces séparant les fils de la couche externe.

[073] 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 et donc de rendre chaque toron externe encore moins sensible à la corrosion.

- 5 **[074]** Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire de chaque toron externe et très préférentiellement $1 \leq d1'/d2' \leq 1,10$. L'utilisation de diamètres tels que $d1' > d2'$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche intermédiaire. Lorsque $d1' > d2'$, on a
- 10 très préférentiellement $d1'/d2' \leq 1,10$ ce qui permet d'une part, de maîtriser la stabilité architecturale de la couche intermédiaire et, d'autre part, de rendre la présente invention d'un intérêt encore plus important du fait de la désaturation relativement faible créée par la différence entre $d1'$ et $d2'$. L'utilisation de diamètres tels que $d1' = d2'$ permet de limiter le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble mais
- 15 également de rendre la présente invention d'un intérêt encore plus important du fait du manque de désaturation créé par l'égalité entre $d1'$ et $d2'$.

- [075]** Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil interne de chaque toron externe présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d3'$ de chaque fil externe de chaque toron externe et très préférentiellement $1 \leq d1'/d3' \leq 1,10$. L'utilisation
- 20 de diamètres tels que $d1' > d3'$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche externe. Lorsque $d1' > d3'$, on a très préférentiellement $d1'/d3' \leq 1,10$ ce qui permet d'une part, de maîtriser la stabilité architecturale de la couche externe et, d'autre part, de rendre la présente invention d'un intérêt encore plus important du fait de la désaturation relativement faible créée
- 25 par la différence entre $d1'$ et $d3'$. L'utilisation de diamètres tels que $d1' = d3'$ permet de limiter le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble mais également de rendre la présente invention d'un intérêt encore plus important du fait du manque de désaturation créé par l'égalité entre $d1'$ et $d3'$.

- [076]** Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil intermédiaire de chaque
- 30 toron externe présente un diamètre $d2'$ égal au diamètre $d3'$ de chaque fil externe de chaque toron externe. L'utilisation de diamètres tels que $d2' = d3'$ permet de limiter le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble.

- [077]** Avantagusement, chaque toron externe est du type non gommé in situ. Par non gommé in situ, on entend qu'avant assemblage de la couche externe du câble et
- 35 avant assemblage du câble, chaque toron externe est constitué des fils des différentes couches et dépourvu de composition de polymère, notamment de composition d'élastomère.

[078] Toron interne du câble selon l'invention

[079] 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 et donc de rendre le toron interne moins sensible à la corrosion.

[080] Avantageusement, la distance interfils de la couche externe du toron interne est supérieure ou égale à 5 μm . De préférence, la distance interfils de la couche externe du toron interne est supérieure ou égale à 15 μm , plus préférentiellement supérieure ou égale à 35 μm , encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 50 μm et très préférentiellement supérieure ou égale à 60 μm .

[081] La couche externe du toron interne est préférentiellement complètement insaturée.

[082] Par définition, une couche complètement insaturée de fils est telle qu'il existe suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(X+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les X 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 pour y ajouter au moins un $(N+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les N fils de la couche externe. En d'autres termes, par couche externe de toron interne complètement insaturée, on entend que la somme SI_3 des distances interfils I_3 de la couche externe est supérieure ou égale au diamètre d_3 des fils externes de la couche externe. Ainsi, avantageusement, la somme SI_3 des distances interfils de la couche externe du toron interne est telle que $SI_3 \geq d_3$. La somme SI_3 est la somme des distances interfils séparant chaque couple de fils adjacents de la couche externe. 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 SI_3 par le nombre d'espaces séparant les fils de la couche externe.

[083] L'insaturation complète de la couche externe du toron interne permet de maximiser la pénétration de la composition d'élastomère dans le toron interne et donc de rendre le toron interne encore moins sensible à la corrosion.

[084] 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 et très préférentiellement $1 \leq d_1/d_3 \leq 1,10$. L'utilisation de diamètres tels que $d_1 > d_3$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche externe. Lorsque $d_1 > d_3$, on a très préférentiellement $d_1/d_3 \leq 1,10$ ce qui

permet d'une part, de maîtriser la stabilité architecturale de la couche externe et, d'autre part, de rendre la bonne pénétrabilité du toron interne d'un intérêt encore plus important du fait de la désaturation relativement faible créée par la différence entre d_1 et d_3 . L'utilisation de diamètres tels que $d_1=d_3$ permet de limiter le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble mais également de rendre la présente invention d'un intérêt encore plus important du fait du manque de désaturation créé par l'égalité entre d_1 et d_3 .

[085] 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 WO2010054790.

[086] 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.

[087] Toron interne à deux couches

[088] Dans un mode de réalisation favorisant le compromis entre diamètre du câble et force à rupture, 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.

[089] Dans des modes de réalisation préférés, $Q=1, 2, 3$ ou 4 .

[090] Dans un mode de réalisation, $Q=1$, $N=5$ ou 6 , de préférence $Q=1$, $N=6$.

[091] Dans des modes de réalisation préférés permettant d'augmenter la force à rupture du câble par rapport au mode de réalisation dans lequel $Q=1$, $Q=2, 3$ ou 4 , de préférence $Q=3$ ou 4 . Contrairement au mode de réalisation dans lequel $Q=1$ et dans lequel 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, la présence de plusieurs fils dans la couche interne chaque toron interne ($Q>1$), permet de réduire ce risque, les efforts de compression étant alors répartis sur la pluralité de fils de la couche interne.

[092] Dans ces modes de réalisation dans lesquels $Q>1$, on a avantageusement un

toron interne à couches cylindriques, c'est-à-dire dans lequel les Q fils internes enroulés selon un pas p_1 et dans un sens de couche interne du toron interne et les N fils externes sont enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas p_3 et dans un sens de couche externe du toron interne, p_1 étant différent de p_3 et/ou le sens de couche interne du toron interne étant différent du sens de couche externe du toron interne.

[093] Dans ces modes de réalisation préférés dans lesquels $Q > 1$, notamment ceux où $Q = 3$ ou 4, il existe un risque, lorsque le toron est insuffisamment pénétré, de voir une très forte propagation des agents corrosifs entre les $Q = 3$ ou 4 fils internes qui délimitent un capillaire central très favorable à leur propagation le long de chaque toron. Cet inconvénient peut être surmonté en rendant le toron pénétrable par la composition d'élastomère qui empêche alors 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 toron.

[094] Dans des modes de réalisation préférés dans lesquels $Q > 1$, $N = 7, 8, 9$ ou 10, de préférence $N = 8, 9$ ou 10 et plus préférentiellement $N = 8$ ou 9.

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

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

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

[098] 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.

[099] 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.

[0100] 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 opposé au sens d'enroulement du câble.

[0101] Dans chacune des première et deuxième alternatives décrites ci-dessus de ce premier mode de réalisation, la couche interne de chaque toron externe 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. De préférence, la couche interne de chaque toron externe est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement de la couche intermédiaire de chaque toron externe.

[0102] 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.

[0103] 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.

5 **[0104]** 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 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 **[0105]** Dans chacune des première et deuxième alternatives décrites ci-dessus de ce deuxième mode de réalisation, la couche interne de chaque toron externe 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. De préférence, la couche interne de chaque toron externe est enroulée en hélice selon un
15 sens d'enroulement identique au sens d'enroulement de la couche intermédiaire de chaque toron externe.

[0106] 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:

20

Câble									
Turon interne	sens C1	S	Z	Z	S	S	Z	Z	S
	sens C3	Z	Z	S	S	Z	Z	S	S
Turon externe	sens C1'	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z
	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 A

[0107] Turon interne à trois couches

25 **[0108]** Dans un autre mode de réalisation particulièrement avantageux améliorant la force à rupture du câble, le toron interne est à trois couches et comprend :

- une couche interne constituée de $Q \geq 1$ fils internes,
- une couche intermédiaire constituée de $M > 1$ fils intermédiaires enroulés autour de la couche interne, et

- une couche externe constituée de $N > 1$ fils externes enroulés autour de la couche intermédiaire.

- [0109]** 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.
- [0110]** Dans des modes de réalisation préférés, $Q=1, 2, 3$ ou 4 .
- [0111]** Dans des modes de réalisation, $Q=1$. 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 une couche de fretage autour du toron interne, notamment autour des couches externe et intermédiaire du toron interne empêchant la sortie du fil interne même sous des efforts répétés de compression.
- [0112]** Dans ces modes de réalisation dans lesquels $Q=1$, on a avantageusement un toron interne à couches cylindriques, c'est-à-dire dans lequel les M fils intermédiaires sont enroulés autour de la couche interne selon un pas p_2 et dans un sens de couche intermédiaire du toron interne et les N fils externes sont enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas p_3 et dans un sens de couche externe du toron interne, on a p_2 différent de p_3 et/ou le sens de couche intermédiaire du toron interne différent du sens de couche externe du toron interne.
- [0113]** Dans un mode de réalisation, $Q=1$, $M=5$ ou 6 et $N=10, 11$ ou 12 , de préférence $Q=1$, $M=5$ ou 6 et $N=10$ ou 11 et plus préférentiellement $Q=1$, $M=6$ et $N=11$.
- [0114]** Dans des modes de réalisation préférés permettant d'augmenter la force à rupture du câble par rapport au mode de réalisation dans lequel $Q=1$, $Q=2, 3$ ou 4 , de préférence $Q=3$ ou 4 .
- [0115]** Dans ces modes de réalisation dans lesquels $Q > 1$, on a avantageusement un toron interne à couches cylindriques, c'est-à-dire dans lequel les Q fils internes sont enroulés selon un pas p_1 et dans un sens de couche interne du toron interne, les M fils intermédiaires sont enroulés autour de la couche interne selon un pas p_2 et dans un sens de couche intermédiaire du toron interne, les N fils externes sont enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas p_3 et dans un sens de couche externe du toron interne, on a p_1, p_2 et p_3 différents deux à deux et/ou les sens des couches

adjacentes du toron interne sont différents.

[0116] De préférence, on a également, les M fils intermédiaires enroulés autour de la couche interne selon un pas p2 et les N fils externes enroulés autour de la couche intermédiaire selon un pas p3, les pas p2 et p3 vérifiant :

- 5 - $0,33 \leq (p3-p2)/p3 \leq 0,45$ dans le cas où $Q=2$,
 - $0,35 \leq (p3-p2)/p3 \leq 0,42$ dans le cas où $Q=3$,
 - $0,28 \leq (p3-p2)/p3 \leq 0,43$ dans le cas où $Q=4$.

[0117] 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.

10 **[0118]** Avantageusement, les pas p2 et p3 vérifient :

- $0,36 \leq (p3-p2)/p3$, de préférence $0,38 \leq (p3-p2)/p3$ dans le cas où $Q=2$,
 - $0,36 \leq (p3-p2)/p3$, de préférence $0,38 \leq (p3-p2)/p3$ dans le cas où $Q=3$,
 15 - $0,32 \leq (p3-p2)/p3$, de préférence $0,36 \leq (p3-p2)/p3$ dans le cas où $Q=4$.

[0119] D'une façon analogue aux torons externes, plus le rapport $(p3-p2)/p3$ est important, autrement dit plus la différence entre p3 et p2 est importante, meilleure est la stabilité architecturale du toron interne.

20 **[0120]** Avantageusement, les pas p2 et p3 vérifient :

- $(p3-p2)/p3 \leq 0,42$ et de préférence $(p3-p2)/p3 \leq 0,40$ dans le cas où $Q=2$,
 - $(p3-p2)/p3 \leq 0,40$ dans le cas où $Q=3$,
 - $(p3-p2)/p3 \leq 0,40$ et de préférence $(p3-p2)/p3 \leq 0,38$ dans le cas où
 25 $Q=4$.

[0121] 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.

[0122] De façon avantageuse, le pas p1 est tel que $3 \text{ mm} \leq p1 \leq 16 \text{ mm}$, de préférence
 30 $4 \text{ mm} \leq p1 \leq 13 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $5 \text{ mm} \leq p1 \leq 10 \text{ mm}$.

[0123] De façon avantageuse, le pas p2 est tel que $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 20 \text{ mm}$, de préférence $9 \text{ mm} \leq p2 \leq 18 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $10 \text{ mm} \leq p2 \leq 16 \text{ mm}$.

[0124] De façon avantageuse, le pas p3 est tel que $10 \text{ mm} \leq p3 \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $12 \text{ mm} \leq p3 \leq 30 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3 \leq 25 \text{ mm}$.

35 **[0125]** Des pas p1, 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.

[0126] Dans ces modes de réalisation préférés dans lesquels $Q > 1$, notamment ceux où $Q = 3$ ou 4 , il existe un risque, lorsque le toron est insuffisamment pénétré, de voir une très forte propagation des agents corrosifs entre les $Q = 3$ ou 4 fils internes qui délimitent un capillaire central très favorable à leur propagation le long de chaque toron. Cet inconvénient peut être surmonté en rendant le toron pénétrable par la composition d'élastomère qui empêche alors 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 toron.

[0127] Dans des modes de réalisation préférés dans lesquels $Q > 1$, $Q = 2, 3$ ou 4 , $M = 7, 8, 9$ ou 10 , $N = 13, 14$ ou 15 , de préférence $Q = 3$ ou 4 , $M = 8, 9$ ou 10 , $N = 14$ ou 15 , plus préférentiellement $Q = 3$, $M = 8$ ou 9 et $N = 14$ ou 15 et encore plus préférentiellement $Q = 3$, $M = 9$ et $N = 15$.

[0128] 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 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. La somme SI_2 est la somme des distances interfils séparant chaque couple de fils adjacents de la couche intermédiaire. 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 SI_2 par le nombre d'espaces séparant les fils de la couche intermédiaire.

[0129] De façon avantageuse, la couche intermédiaire du toron interne est désaturée.

[0130] Avantageusement, la distance interfils de la couche intermédiaire du toron interne est supérieure ou égale à $5 \mu\text{m}$. De préférence, la distance interfils de la couche intermédiaire du toron interne est supérieure ou égale à $15 \mu\text{m}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à $35 \mu\text{m}$, encore plus préférentiellement supérieure ou égale à $50 \mu\text{m}$ et très préférentiellement supérieure ou égale à $60 \mu\text{m}$.

[0131] 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 et donc de rendre le toron interne moins sensible à la corrosion.

[0132] Dans un mode de réalisation favorisant le compromis entre pénétrabilité du toron interne et force à rupture, la couche intermédiaire du toron interne est

incomplètement insaturée.

[0133] Par définition, une couche incomplètement insaturée de fils est telle qu'il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(X+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les X fils de la couche. En l'espèce, il n'existe pas
5 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 intermédiaires de la couche intermédiaire. En d'autres termes par couche intermédiaire de toron interne incomplètement insaturée, on entend que la somme SI2 des distances interfils I2 de la couche intermédiaire est inférieure au diamètre d2 des fils intermédiaires de la couche
10 intermédiaire. Ainsi, avantageusement, la somme SI2 des distances interfils de la couche intermédiaire du toron interne est telle que $SI2 < d2$.

[0134] 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
15 toron interne comprend un nombre relativement élevé de fils intermédiaires et donc présente une force à rupture relativement élevée.

[0135] Dans un autre mode de réalisation favorisant la pénétrabilité du toron interne, la couche intermédiaire du toron interne est complètement insaturée.

[0136] Par définition, une couche complètement insaturée de fils est telle qu'il existe
20 suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(X+1)^{\text{ième}}$ fil du même diamètre que les X 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 intermédiaire du toron interne pour y ajouter au moins un $(M+1)^{\text{ième}}$ fil intermédiaire du même diamètre que les M fils intermédiaires de la couche intermédiaire. En d'autres
25 termes par couche intermédiaire de toron interne complètement insaturée, on entend que la somme SI2 des distances interfils I2 de la couche intermédiaire est supérieure ou égale au diamètre d2 des fils intermédiaires de la couche intermédiaire. Ainsi, avantageusement, la somme SI2 des distances interfils de la couche intermédiaire du toron interne est telle que $SI2 \geq d2$.

[0137] 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 et très préférentiellement $1 \leq d1/d2 \leq 1,10$. L'utilisation de diamètres tels que $d1 > d2$ permet de favoriser la pénétrabilité de la composition d'élastomère au travers de la couche intermédiaire. Lorsque $d1 > d2$, on a très préférentiellement
35 $d1/d2 \leq 1,10$ ce qui permet d'une part, de maîtriser la stabilité architecturale de la couche intermédiaire et, d'autre part, de rendre la bonne pénétrabilité du toron interne d'un intérêt encore plus important du fait de la désaturation relativement faible créée

par la différence entre d_1 et d_2 . L'utilisation de diamètres tels que $d_1=d_2$ permet de limiter le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble mais également de rendre la présente invention d'un intérêt encore plus important du fait du manque de désaturation créé par l'égalité entre d_1 et d_2 .

- 5 **[0138]** Dans des modes de réalisation préférés, chaque fil intermédiaire du toron interne présente un diamètre d_2 égal au diamètre d_3 de chaque fil externe du toron interne. L'utilisation de diamètres tels que $d_2=d_3$ permet de limiter le nombre de fils différents à gérer lors de la fabrication du câble.

- 10 **[0139]** 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.

[0140] 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.

- 15 **[0141]** 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.

- 20 **[0142]** 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 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. De préférence, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement de la couche intermédiaire du toron interne.

- 25 **[0143]** Dans chacune des première et deuxième alternatives décrites ci-dessus de ce premier mode de réalisation, la couche interne de chaque toron externe 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. De préférence, la couche interne de chaque toron externe est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement de la couche intermédiaire de chaque toron externe.

- 30 **[0144]** 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 **[0145]** 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.

[0146] 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

5 préférée, on limite les frottements des fils des couches adjacentes et donc leur usure.

[0147] 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

10 du câble. De préférence, la couche interne du toron interne est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement de la couche intermédiaire du toron interne.

[0148] Dans chacune des première et deuxième alternatives décrites ci-dessus de ce premier mode de réalisation, la couche interne de chaque toron externe est enroulée

15 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. De préférence, la couche interne de chaque toron externe est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement identique au sens d'enroulement de la couche intermédiaire de chaque toron externe.

[0149] 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
- 25 - 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									
Toron interne	sens C1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	sens C2	S	Z	Z	S	S	Z	Z	S
	sens C3	Z	Z	S	S	Z	Z	S	S
Toron externe	sens C1'	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z	S ou Z
	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

[0150] PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[0151] Un autre objet de l'invention est un pneumatique comprenant un câble tel que défini ci-dessus.

- 5 **[0152]** 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.

[0153] De manière préférentielle, le pneumatique est pour véhicule de type génie civil.

- 10 Le pneumatique présente une dimension de type W R U dans laquelle, de façon connue pour l'homme du métier, W, désigne :

- le rapport nominal d'aspect H/B tel que défini par l'ETRTO, lorsqu'il est sous la forme H/B, H étant la hauteur de la section du pneumatique et B étant la largeur de la section du pneumatique,

- 15 - H.00 ou B.00, lorsqu'il est sous la forme H.00 ou B.00, dans lequel H=B, H et B étant tels que définis ci-dessus,

U représente le diamètre, en pouces, du siège de la jante sur laquelle le pneumatique est destiné à être monté, R désigne le type d'armature de carcasse du pneumatique, ici radiale.

- 20 Des exemples de telles dimensions sont par exemple 40.00 R 57 ou encore 59/80 R 63.

[0154] On a de préférence $U \geq 35$, plus préférentiellement $U \geq 49$ et plus préférentiellement $U \geq 57$.

- 25 **[0155]** Dans un mode de réalisation, le pneumatique comprend 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, l'armature de carcasse comprenant au moins un câble tel que défini ci-dessus.

- 30 **[0156]** Dans un autre mode de réalisation, le pneumatique comprend 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.

- 35 **[0157]** De façon avantageuse, l'armature de carcasse comprend au moins une nappe de carcasse comprenant des éléments filaires de renfort métalliques de carcasse, chaque élément filaire de renfort métallique de carcasse faisant un angle compris entre 80° et 90° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[0158] Avantageusement, l'armature de sommet comprend une armature de travail comprenant au moins un câble tel que défini ci-dessus.

[0159] Avantageusement, l'armature de travail comprend au moins une nappe de travail comprenant des éléments filaires de renfort métalliques de travail agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres, chaque élément filaire de renfort métallique de travail faisant un angle au plus égal à 60°, de préférence allant de 15° à 40° avec la direction circonférentielle du pneumatique et étant formé par un câble tel que défini ci-dessus.

[0160] Dans un mode de réalisation avantageux, l'armature de travail comprend au moins des première et deuxième nappes de travail, chaque première et deuxième nappe de travail comprenant respectivement des premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de travail agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres dans chaque première et deuxième nappe de travail, chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique de travail faisant un angle au plus égal à 60°, de préférence allant de 15° à 40° avec la direction circonférentielle du pneumatique et étant formé par un câble tel que défini ci-dessus. De façon optionnelle, les premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de travail sont croisés d'une nappe de travail à l'autre, c'est-à-dire que l'orientation de l'angle fait par les premiers éléments filaires de renfort métalliques de travail avec la direction circonférentielle du pneumatique est opposée à l'orientation de l'angle fait par les deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de travail avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[0161] Avantageusement, l'armature de sommet comprend une armature de protection comprenant au moins une nappe de protection comprenant des éléments filaires de renfort métalliques de protection agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres, chaque élément filaire de renfort métallique de protection faisant un angle au moins égal à 10°, de préférence allant de 10° à 35° et préférentiellement de 15° à 30° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[0162] Dans un mode de réalisation avantageux, l'armature de protection comprend des première et deuxième nappes de protection, chaque première et deuxième nappes de protection comprenant respectivement des premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de protection agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres dans chaque première et deuxième nappe de protection, chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique de protection faisant un angle au moins égal à 10°, de préférence allant de 10° à 35° et préférentiellement de 15° à 30° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[0163] Dans un mode de réalisation préférentiel, l'armature de protection est

radialement intercalée entre la bande de roulement et l'armature de travail.

[0164] Avantageusement, l'armature de sommet comprend une armature additionnelle comprenant au moins une nappe additionnelle comprenant des éléments filaires de renfort métalliques additionnels agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres dans la nappe additionnelle, chaque élément filaire de renfort métallique additionnel faisant un angle au plus égal à 10° , de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[0165] Dans un mode de réalisation avantageux, l'armature additionnelle comprend des première et deuxième nappes additionnelles, chaque première et deuxième nappes additionnelle comprenant respectivement des premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques additionnels agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres dans chaque première et deuxième nappe additionnelle, chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique additionnel faisant un angle au plus égal à 10° , de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle du pneumatique.

[0166] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe 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 ;
- les figures 3, 4 et 5 sont des vues schématiques en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos) de câbles selon respectivement des premier, deuxième et troisième modes de réalisation de l'invention ;
- les figures 6, 7 et 8 sont des vues analogues à celles des figures 3, 4 et 5 de câbles selon respectivement des quatrième, cinquième et sixième modes de réalisation l'invention ;
- les figures 9, 10 et 11 sont des vues analogues à celles des figures 3, 4 et 5 de câbles selon respectivement des septième, huitième et neuvième modes de réalisation l'invention ;
- les figures 12, 13 et 14 sont des vues analogues à celles des figures 3, 4 et 5 de câbles selon respectivement des dixième, onzième et douzième modes de réalisation l'invention ;
- les figures 15 et 16 sont des vues analogues à celles des figures 3 et 4 de câbles selon respectivement des treizième et quatorzième modes de réalisation

l'invention ;

- les figures 17, 18 et 19 sont des vues analogues à celles des figures 3, 4 et 5 de câbles selon respectivement des quinzième, seizième et dix-septième modes de réalisation l'invention ;
- 5 – les figures 20, 21 et 22 sont des vues analogues à celles des figures 3, 4 et 5 de câbles selon respectivement des dix-huitième, dix-neuvième et vingtième modes de réalisation l'invention ;
- la figure 23 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
- 10 réalisation de l'invention ; et
- la figure 24 est une vue de détails de la zone XXIV 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 23.

- 15 **[0167]** 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 ».

20

[0168] EXEMPLE DE PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[0169] 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.

- 25 **[0170]** 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 et passe par le milieu de l'armature de sommet.

- 30 **[0171]** On a représenté sur les figures 1 et 2 un pneumatique selon l'invention et désigné par la référence générale 10.

[0172] 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.

- [0173]** 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
- 35 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 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.

5 [0174] L'armature de carcasse 24 comprend au moins une nappe de carcasse 30 comprenant des éléments filaires de renfort métalliques de carcasse 31 et s'étendant d'un bourrelet 18 à l'autre de manière à faire un angle compris entre 80° et 90° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10.

10 [0175] 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.

15 [0176] L'armature de sommet 14 comprend, radialement de l'extérieur vers l'intérieur du 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 80 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 est radialement intercalée entre l'armature de protection 36 et l'armature additionnelle 80.

20 [0177] L'armature de protection 36 comprend des première et deuxième nappes de protection 42, 44, la première nappe 42 étant agencée radialement à l'intérieur de la deuxième nappe 44. Chaque première et deuxième nappes de protection 42, 44 comprend respectivement des premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de protection 43, 45 agencés les uns sensiblement parallèlement aux
25 autres dans chaque première et deuxième nappe de protection 42, 44. Chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique de protection 43, 45 fait un angle au moins égal à 10°, de préférence allant de 10° à 35° et préférentiellement de 15° à 30° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique.

30 [0178] 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 première et deuxième nappe de travail 46, 48 comprend respectivement des premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de travail 47, 49 agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres dans chaque première et deuxième nappe de travail 46, 48. Chaque premier et deuxième élément
35 filaire de renfort métallique de travail 47, 49 fait un angle au plus égal à 60°, de préférence allant de 15° à 40° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10. De façon optionnelle, les premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort

métalliques de travail 47, 49 sont croisés d'une nappe de travail à l'autre, c'est-à-dire que l'orientation de l'angle fait par les premiers éléments filaires de renfort métalliques de travail 47 avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10 est opposée à l'orientation de l'angle fait par les deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques de travail 49 avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10.

[0179] L'armature additionnelle 80, également appelée bloc limiteur, dont la fonction est de reprendre en partie les sollicitations mécaniques de gonflage, comprend des première et deuxième nappes additionnelles 82, 84, chaque première et deuxième nappes additionnelles 82, 84 comprenant respectivement des premiers et deuxièmes éléments filaires de renfort métalliques additionnels 83, 85 agencés les uns sensiblement parallèlement aux autres dans chaque première et deuxième nappe additionnelle 82, 84. Chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique additionnel 83, 85 fait un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10. Les éléments filaires de renfort métalliques additionnels sont par exemple tels que décrits dans FR 2 419 181 ou FR 2 419 182.

[0180] Dans un mode de réalisation, chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique de travail 47, 49 est formé par un câble conforme à l'invention, par exemple le câble 50 décrit ci-après.

[0181] Dans un autre mode de réalisation, chaque élément filaire de renfort métallique de carcasse 31 formé par un câble conforme à l'invention, par exemple le câble 50 décrit ci-après.

[0182] Dans encore un autre mode de réalisation, chaque premier et deuxième élément filaire de renfort métallique de travail 47, 49 et chaque élément filaire de renfort métallique de carcasse 31 est formé par un câble conforme à l'invention, ces câbles pouvant être identiques ou différents selon qu'il s'agit des éléments filaires de renfort métallique 31, 47 ou 49.

[0183] CÂBLE SELON UN PREMIER MODE DE RÉALISATION DE L'INVENTION

[0184] On a représenté sur la figure 3 le câble 50 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0185] 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.

[0186] 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 $L = 6$.

5 **[0187]** Le câble 50 comprend également une frette F constituée d'un unique fil de frette.

[0188] Le toron interne TI présente un pas infini.

[0189] 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
10 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 $p = 70 \text{ mm}$.

[0190] 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
15 selon un pas p_f tel que $2 \text{ mm} \leq p_f \leq 10 \text{ mm}$ et de préférence $3 \text{ mm} \leq p_f \leq 8 \text{ mm}$. Ici $p_f = 5,1 \text{ mm}$.

[0191] 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 $5,5 \text{ mm}$ et plus préférentiellement à $5,0 \text{ mm}$. Ici,
20 $D = 4,90 \text{ mm}$.

[0192] La couche externe CE du câble 50 est désaturée. La distance E inter-torons moyenne séparant deux torons externes TE adjacents est supérieure ou égale à $30 \mu\text{m}$, de préférence supérieure ou égale à $70 \mu\text{m}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à $100 \mu\text{m}$, encore plus préférentiellement supérieure ou égale à $150 \mu\text{m}$ et très
25 préférentiellement supérieure ou égale à $200 \mu\text{m}$. Dans ce mode de réalisation, la distance inter-torons de la couche externe de torons externes est supérieure ou égale à $70 \mu\text{m}$. Ici, $E = 98 \mu\text{m}$.

[0193] Le toron interne TI présente un diamètre D_I et chaque toron externe TE présente un diamètre D_E tels que le rapport $D_I/D_E > 1$, de préférence $D_I/D_E \geq 1,05$ et
30 plus préférentiellement $D_I/D_E \geq 1,10$. Ce rapport D_I/D_E est également tel que $D_I/D_E \leq 1,40$ et de préférence $D_I/D_E \leq 1,35$ et plus préférentiellement $D_I/D_E \leq 1,30$. En l'espèce, $D_I = 1,78 \text{ mm}$, $D_E = 1,56 \text{ mm}$ et $D_I/D_E = 1,14$.

[0194] La couche externe CE du câble 50 est incomplètement insaturée. En effet, $SIE = 6 \times 0,098 = 0,59 \text{ mm}$, valeur inférieure à $D_E = 1,56 \text{ mm}$.

35

[0195] Toron interne TI du câble 50

[0196] 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.

[0197] 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.

[0198] Q=1, 2, 3 ou 4 et plus préférentiellement ici Q=1.

[0199] 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.

[0200] Le fil interne F1 présente un pas infini.

[0201] 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 de couche intermédiaire du toron interne, ici selon le sens 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 p2 tel que $8 \text{ mm} \leq p2 \leq 20 \text{ mm}$, de préférence $9 \text{ mm} \leq p2 \leq 18 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $10 \text{ mm} \leq p2 \leq 16 \text{ mm}$. Ici p2=14 mm.

[0202] 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 de couche externe du toron interne, ici selon le sens 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 p3 tel que $10 \text{ mm} \leq p3 \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $12 \text{ mm} \leq p3 \leq 30 \text{ mm}$, plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3 \leq 25 \text{ mm}$. Ici p3=20 mm.

[0203] Comme p1 est différent de p2 et p2 est différent de p3, le toron interne est à couches cylindriques.

[0204] 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 avantageusement supérieure ou égale à 5 μm et ici égale à 11,6 μm . La couche intermédiaire C2 étant incomplètement insaturée, la somme SI2 des distances interfils I2 de la couche intermédiaire C2 est inférieure au diamètre d2 des fils intermédiaire F2 de la couche intermédiaire C2. Ici, la somme SI2=6 x 0,0116 = 0,07 mm, valeur strictement inférieure à d2=0,35 mm.

[0205] 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 x d3. Ici, la somme SI2=6 x 0,0116=0,07 mm, valeur strictement inférieure à d3=0,35 mm.

[0206] 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 avantageusement supérieure ou égale à 5 μm , de préférence supérieure ou égale à 15 μm , plus préférentiellement supérieure ou égale à 35 μm et
 5 ici égale à 45 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=11 x 0,045=0,50 mm, valeur strictement supérieure à d3=0,35 mm.

[0207] Chaque fil interne, intermédiaire et externe du toron interne TI présente respectivement un diamètre d1, d2 et d3. Chaque diamètre des fils interne d1,
 10 intermédiaires d2 et externes d3 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 0,22 mm à 0,40 mm et encore plus préférentiellement de 0,24 mm à 0,35 mm.

[0208] Le 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 et très
 15 préférentiellement $1 \leq d1/d2 \leq 1,10$. Le 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 et très préférentiellement $1 \leq d1/d3 \leq 1,10$. Chaque diamètre d2 de chaque fil intermédiaire F2 du toron interne TI et chaque diamètre d3 de chaque fil externe F3 du toron interne TI sont tels que d2=d3.

20 **[0209]** En l'espèce, d1>d2 et d1>d3 et d1=0,38 mm, d2=d3=0,35 mm.

[0210] Torons externes TE du câble 50

[0211] Chaque toron externe TE est à trois couches. Ainsi, chaque toron externe TE comprend, ici est constitué, de trois couches, pas plus, pas moins.

25 **[0212]** Chaque toron externe TE comprend une couche interne C1' constituée de Q'=2, 3 ou 4 fils internes, 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'.

30 **[0213]** M'=7, 8, 9 ou 10, N'=12, 13, 14 ou 15 et ici Q'=2, M'=7 ou 8 et N'=12 ou 13. En l'espèce, le câble 50 est tel que Q'=2, M'=7 et N'=12.

[0214] La couche interne C1' de chaque toron externe TE est enroulée en hélice selon un sens d'enroulement de couche interne de chaque toron externe, ici selon le sens Z, opposé au sens d'enroulement S du câble. Les Q' fils internes F1' sont enroulés en
 35 hélice selon un pas p1' tel que $3 \text{ mm} \leq p1' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $4 \text{ mm} \leq p1' \leq 13 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $5 \text{ mm} \leq p1' \leq 10 \text{ mm}$. Ici, p1'=6 mm.

[0215] 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 de couche intermédiaire de chaque toron externe, ici selon le sens Z, opposé au sens d'enroulement S du câble. Les M' fils intermédiaires F2' sont enroulés en hélice autour des fils internes F1' selon un pas p2' tel que $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 20 \text{ mm}$, de préférence $9 \text{ mm} \leq p2' \leq 18 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $10 \text{ mm} \leq p2' \leq 16 \text{ mm}$. Ici $p2'=11 \text{ mm}$.

[0216] 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 de couche externe de chaque toron externe, ici selon le sens Z, opposé au sens d'enroulement S du câble et dans le même sens Z que les couches interne C1' et 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 un pas p3' tel que $10 \text{ mm} \leq p3' \leq 40 \text{ mm}$, de préférence $12 \text{ mm} \leq p3' \leq 30 \text{ mm}$, plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3' \leq 25 \text{ mm}$. Ici $p3'=18 \text{ mm}$.

[0217] Les pas p2' et p3' vérifient $0,33 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,45$.

[0218] $0,36 \leq (p3'-p2')/p3'$, de préférence $0,38 \leq (p3'-p2')/p3'$.

[0219] $(p3'-p2')/p3' \leq 0,42$ et de préférence $(p3'-p2')/p3' \leq 0,40$.

[0220] En l'espèce, $(p3'-p2')/p3'=0,39$.

[0221] Comme p1' est différent de p2' et p2' est différent de p3', chaque toron externe est à couches cylindriques.

[0222] La couche intermédiaire C2' de chaque toron externe TE est désaturée et ici complètement insaturée. La distance interfils I2' de la couche intermédiaire C2' séparant en moyenne les M' fils intermédiaires est avantageusement supérieure ou égale à $5 \text{ }\mu\text{m}$, de préférence supérieure ou égale à $15 \text{ }\mu\text{m}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à $35 \text{ }\mu\text{m}$ et encore plus préférentiellement à $50 \text{ }\mu\text{m}$ et dans ce mode de réalisation, la distance interfils I2' est très préférentiellement supérieure ou égale à $60 \text{ }\mu\text{m}$ et ici égale à $75 \text{ }\mu\text{m}$. La couche intermédiaire C2' étant complètement insaturée, la somme S12' des distances interfils I2' de la couche intermédiaire C2' est inférieure au diamètre d2' des fils intermédiaire F2' de la couche intermédiaire C2'. Ici, la somme $S12'=7 \times 0,075=0,52 \text{ mm}$, valeur strictement supérieure à $d2'=0,26 \text{ mm}$.

[0223] 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 avantageusement supérieure ou égale à $5 \text{ }\mu\text{m}$, de préférence supérieure ou égale à $15 \text{ }\mu\text{m}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à $35 \text{ }\mu\text{m}$ et encore plus préférentiellement à $50 \text{ }\mu\text{m}$ et dans ce mode de réalisation, la distance interfils I3' est très préférentiellement supérieure ou égale à $60 \text{ }\mu\text{m}$ et ici égale à $71 \text{ }\mu\text{m}$. La somme S13' 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 $Sl3'=12 \times 0,071=0,85\text{mm}$, valeur strictement supérieure à $d3'=0,26\text{ mm}$.

[0224] Chaque fil interne, intermédiaire et externe de chaque toron externe TE présente respectivement un diamètre $d1'$, $d2'$ et $d3'$. Chaque diamètre des fils interne
5 $d1'$, intermédiaires $d2'$ et externes $d3'$ de chaque toron externe TE va de 0,15 mm à 0,60 mm, de préférence de 0,20 mm à 0,50 mm, plus préférentiellement de 0,22 mm à 0,40 mm et encore plus préférentiellement de 0,24 mm à 0,35 mm.

[0225] Le fil interne $F1'$ de chaque toron externe TE présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire $F2'$ de chaque toron
10 externe TE et très préférentiellement $1 \leq d1'/d2' \leq 1,10$. 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 et très préférentiellement $1 \leq d1'/d3' \leq 1,10$. 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
15 que $d2'=d3'$.

[0226] En l'espèce, $d1'=d2'=d3'$ et $d1'=d2'=d3'=0,26\text{ mm}$.

[0227] 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 $d3=0,35\text{ mm} > d3'=0,26\text{ mm}$. De préférence, $1 < d3/d3' \leq 2$, plus
20 préférentiellement $1 < d3/d3' \leq 1,5$ et encore plus préférentiellement $1,25 < d3/d3' \leq 1,5$ et ici $d3/d3'=1,34$.

[0228] Chaque fil présente une résistance à la rupture, notée Rm , telle que $2500 \leq Rm \leq 3100\text{ MPa}$. 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,
25 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 »).

[0229] PROCEDE DE FABRICATION DU CABLE SELON L'INVENTION

30 **[0230]** On fabrique le câble selon l'invention grâce à un procédé comprenant des étapes bien connues de l'homme du métier.

[0231] Le toron interne précédemment décrit est fabriqué selon des procédés connus
35 comportant les étapes suivantes, opérées préférentiellement en ligne et en continu :
- tout d'abord, dans le cas où $Q>1$, une première étape d'assemblage par câblage des Q fils internes $F1$ de la couche interne $C1$ au pas $p1$ et dans le sens Z pour former la

couche interne C1 en un premier point d'assemblage ; dans les modes de réalisation où $Q=1$, la première étape d'assemblage est évitée ;

- suivie d'une deuxième étape d'assemblage par câblage ou retordage des M fils intermédiaires F2 autour des Q fils internes F1 de la couche interne C1 au pas p_2 et

5 dans le sens Z pour former la couche intermédiaire C2 en un deuxième point d'assemblage;

- suivie d'une troisième étape d'assemblage par câblage ou retordage des N fils externes F3 autour des M fils intermédiaires F2 de la couche intermédiaire C2 au pas p_3 et dans le sens Z pour former la couche externe C3 et chaque toron interne TI en

10 un troisième point d'assemblage ;

- préférentiellement une étape d'équilibrage final des torsions.

[0232] Dans une étape de fabrication des torons externes utilisant les étapes suivantes opérées préférentiellement en ligne et en continu:

- tout d'abord, une première étape d'assemblage par câblage des Q fils internes F1 de la couche interne C1 au pas p_1 et dans le sens Z pour former la couche interne C1 en un premier point d'assemblage ;

15 - suivie d'une deuxième étape d'assemblage par câblage ou retordage des M' fils intermédiaires F2' autour des Q' fils internes F1' de la couche interne C1' au pas p_2' et dans le sens Z pour former la couche intermédiaire C2' en un premier point d'assemblage ;

20 - suivie d'une troisième étape d'assemblage par câblage ou retordage des N' fils externes F3' autour des M' fils intermédiaires F2' de la couche intermédiaire C2' au pas p_3' et dans le sens Z pour former la couche externe C3' et chaque toron externe TE en un deuxième point d'assemblage ;

25 - préférentiellement une étape d'équilibrage final des torsions.

[0233] 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.

30 **[0234]** 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 stockage, avant l'opération ultérieure d'assemblage par câblage des torons élémentaires pour l'obtention du câble multi-torons.

35 **[0235]** 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 p_f dans le sens Z autour de l'assemblage précédemment obtenu.

[0236] Le câble est ensuite incorporé par calandrage à des tissus composites formés d'une 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 naphthénate de cobalt en tant que promoteur d'adhésion, enfin un système de vulcanisation (soufre, accélérateur, ZnO).

[0237] 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.

[0238] 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.

[0239] CABLE SELON UN DEUXIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0240] 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.

[0241] A la différence du premier mode de réalisation décrit précédemment, le câble 51 selon le deuxième mode de réalisation est tel que $Q'=3$, $M'=8$ ou 9 et $N'=13$ ou 14 et ici tel que $Q'=3$, $M'=8$ et $N'=13$.

[0242] Conformément à l'invention, dans le cas où $Q'=3$, $0,35 \leq (p_3'-p_2')/p_3' \leq 0,42$.

[0243] On a avantageusement $0,36 \leq (p_3'-p_2')/p_3'$, de préférence $0,38 \leq (p_3'-p_2')/p_3'$. On a également avantageusement $(p_3'-p_2')/p_3' \leq 0,40$. En l'espèce, comme pour le premier mode de réalisation, $(p_3-p_2)/p_3=0,39$.

[0244] CABLE SELON UN TROISIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0245] 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.

[0246] 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 $Q'=4$, $M'=9$ ou 10 et $N'=14$ ou 15 et ici tel que $Q'=4$, $M'=9$ et $N'=14$.

[0247] Conformément à l'invention, dans le cas où $Q'=4$, $0,28 \leq (p_3'-p_2')/p_3' \leq 0,43$.

[0248] On a avantageusement $0,32 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$, de préférence $0,36 \leq (p_3' - p_2')/p_3'$. On a également avantageusement $(p_3' - p_2')/p_3' \leq 0,40$. En l'espèce, comme pour le premier mode de réalisation, $(p_3 - p_2)/p_3 = 0,39$. On aurait également pu envisager un câble dans lequel, de préférence $(p_3 - p_2)/p_3 \leq 0,38$.

5

[0249] CABLES SELON LES QUATRIEME AUX VINGTIEME MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

[0250] On a représenté sur les figures 6 à 22 les câbles 53 à 69 selon les quatrième aux vingtième modes de réalisation de l'invention.

10 **[0251]** On a résumé dans les tableaux 1 à 5 ci-dessous les caractéristiques des différents câbles 50 à 69 selon les différents modes de réalisation de l'invention.

Câble	50	51	52	53	54	55
Q/M/N	1/6/11	1/6/11	1/6/11	3/9/15	3/9/15	3/9/15
d1/d2/d3	0,38/0,35/0,35	0,38/0,35/0,35	0,38/0,35/0,35	0,40/0,38/0,38	0,40/0,38/0,38	0,40/0,38/0,38
sens C1/pas p1 (mm)	-/Inf	-/Inf	-/Inf	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2/pas p2 (mm)	Z/14	Z/14	Z/14	Z/11	Z/11	Z/11
sens C3/pas p3 (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/18	Z/18	Z/18
(p3-p2)/p3	0,30	0,30	0,30	0,39	0,39	0,39
I2 (µm)/Si2 (mm)	12/0,07	12/0,07	12/0,07	25/0,23	25/0,23	25/0,23
I3 (µm)/Si3 (mm)	45/0,50	45/0,50	45/0,50	15/0,23	15/0,23	15/0,23
DI (mm)	1,78	1,78	1,78	2,39	2,39	2,39
Q'/M'/N'	2/7/12	3/8/13	4/9/14	2/7/12	3/8/13	4/9/14
d1'/d2'/d3'	0,26/0,26/0,26	0,26/0,26/0,26	0,26/0,26/0,26	0,26/0,26/0,26	0,26/0,26/0,26	0,26/0,26/0,26
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/11	Z/11	Z/11	Z/11	Z/11	Z/11
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
I2' (µm)/Si2' (mm)	75/0,52	49/0,39	38/0,34	75/0,52	49/0,39	38/0,34
I3' (µm)/Si3' (mm)	71/0,85	55/0,71	47/0,66	71/0,85	55/0,71	47/0,66
DE (mm)	1,56	1,60	1,67	1,56	1,60	1,67
L	6	6	6	6	6	6
D (mm)	4,90	4,98	5,12	5,51	5,59	5,73
E (µm)	98	76	40	404	382	344
DI/DE	1,14	1,11	1,07	1,53	1,49	1,43
Sens d'enroulement du câble	S	S	S	S	S	S

Tableau 1

Câble	56	57	58	59	60	61
Q/M/N	1/6/11	1/6/11	1/6/11	3/9/15	3/9/15	3/9/15
d1/d2/d3	0,60/0,50/0,45	0,60/0,50/0,45	0,60/0,50/0,45	0,40/0,38/0,38	0,40/0,38/0,38	0,40/0,38/0,38
sens C1/pas p1 (mm)	-/Inf	-/Inf	-/Inf	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2/pas p2 (mm)	Z/14	Z/14	Z/14	Z/11	Z/11	Z/11
sens C3/pas p3 (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/18	Z/18	Z/18
(p3-p2)/p3	0,30	0,30	0,30	0,39	0,39	0,39
I2 (µm)/Si2 (mm)	39/0,23	39/0,23	39/0,23	25/0,23	25/0,23	25/0,23
I3 (µm)/Si3 (mm)	107/1,18	107/1,18	107/1,18	15/0,23	15/0,23	15/0,23
DI (mm)	2,5	2,5	2,5	2,39	2,39	2,39
Q'/M'/N'	2/7/12	3/8/13	4/9/14	2/7/12	3/8/13	4/9/14
d1'/d2'/d3'	0,32/0,30/0,30	0,32/0,30/0,30	0,32/0,30/0,30	0,35/0,32/0,32	0,35/0,32/0,32	0,35/0,32/0,32
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/11	Z/11	Z/11	Z/11	Z/11	Z/11
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
I2' (µm)/Si2' (mm)	101/0,70	70/0,56	57/0,51	114/0,80	80/0,64	66/0,59
I3' (µm)/Si3' (mm)	89/1,07	70/0,92	62/0,87	98/1,18	78/1,01	69/0,97
DE (mm)	1,84	1,89	1,98	1,98	2,04	2,13
L	6	6	6	6	6	6
D (mm)	6,18	6,28	6,46	6,35	6,46	6,65
E (µm)	310	282	234	176	146	94
DI/DE	1,36	1,32	1,26	1,21	1,17	1,12
Sens d'enroulement du câble	S	S	S	S	S	S

Tableau 2

Câble		62	63
T1	Q/-/N	2/-/7	2/-/7
	d1/-/d3	0,45/-/0,45	0,45/-/0,45
	sens C1/pas p1 (mm)	Z/7,7	Z/7,7
	sens C2/pas p2 (mm)	-/-	-/-
	sens C3/pas p3 (mm)	Z/15,4	Z/15,4
	I3 (µm)/S/I3 (mm)	124/0,87	124/0,87
	DI (mm)	1,80	1,80
	Q'/M'/N'	2/7/12	3/8/13
	d1'/d2'/d3'	0,28/0,26/0,26	0,28/0,26/0,26
	sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6
TE	sens C2'/pas p2' (mm)	Z/11	Z/11
	sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18
	(p3'-p2')/p3'	0,39	0,39
	I2' (µm)/S/I2' (mm)	92/0,64	65/0,52
	I3' (µm)/S/I3' (mm)	81/0,97	65/0,85
	DE (mm)	1,60	1,64
	L	6	6
	D (mm)	5,00	5,08
	E (µm)	87	63
	DI/DE	1,13	1,09
Sens d'enroulement du câble		S	S

Tableau 3

Câble		64	65	66
TI	Q/-/N	3/-/8	3/-/8	3/-/8
	d1'/-d3	0,45/-/0,45	0,45/-/0,45	0,45/-/0,45
	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
	I3 (µm)/SI3 (mm)	79/0,63	79/0,63	79/0,63
	DI (mm)	1,87	1,87	1,87
	Q'/M'/N'	2/7/12	3/8/13	4/9/14
	d1'/d2'/d3'	0,28/0,26/0,26	0,28/0,26/0,26	0,28/0,26/0,26
	sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6
TE	sens C2'/pas p2' (mm)	Z/11	Z/11	Z/11
	sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18
	(p3'-p2')/p3'	0,39	0,39	0,39
	I2' (µm)/SI2' (mm)	92/0,64	65/0,52	54/0,49
	I3' (µm)/SI3' (mm)	81/0,97	65/0,85	57/0,80
	DE (mm)	1,60	1,64	1,72
	L	6	6	6
	D (mm)	5,08	5,16	5,31
	E (µm)	123	100	60
	DI/DE	1,17	1,14	1,09
Sens d'enroulement du câble		S	S	S

Tableau 4

Câble		67	68	69
TI	Q'/N	4/-/9	4/-/9	4/-/9
	d1'/d3	0,45/-/0,45	0,45/-/0,45	0,45/-/0,45
	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
	I3 (µm)/SI3 (mm)	60/0,54	60/0,54	60/0,54
	D1 (mm)	2,00	2,00	2,00
	Q'/M'/N'	2/7/12	3/8/13	4/9/14
TE	d1'/d2'/d3'	0,28/0,26/0,26	0,28/0,26/0,26	0,28/0,26/0,26
	sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6
	sens C2'/pas p2' (mm)	Z/11	Z/11	Z/11
	sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18
	(p3'-p2')/p3'	0,39	0,39	0,39
	I2' (µm)/SI2' (mm)	92/0,64	65/0,52	54/0,49
	I3' (µm)/SI3' (mm)	81/0,97	65/0,85	57/0,80
	DE (mm)	1,60	1,64	1,72
L		6	6	6
D (mm)		5,20	529	5,44
E (µm)		186	162	122
DI/DE		1,25	1,21	1,16
Sens d'enroulement du câble		S	S	S

Tableau 5

[0252] MESURES ET TESTS COMPARATIFS**[0253] Test de perméabilité des câbles**

[0254] 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.

[0255] 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.

[0256] 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), naphthénate 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.

[0257] 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.

[0258] 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 (totalement étanche) à l'air selon son axe (i.e., dans sa direction longitudinale).

[0259] Indicateur de pénétrabilité des torons par une composition élastomérique

[0260] 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 23 sur laquelle on a représenté une vue schématique d'un toron externe selon son axe principal P et sur la figure 24 qui représente la fenêtre de passage radial S définie précédemment.

[0261] 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.

[0262] Influence des sens d'enroulement

[0263] On a rassemblé dans le tableau 6 ci-dessous les résultats au test de perméabilité et au test de l'indicateur de pénétrabilité pour trois câbles témoins T1, T2 et T3.

[0264] 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.

[0265] On note que le câble T3 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' des torons externes TE. Le fait que le rapport $(p3'-p2')/p3'$ n'appartiennent pas aux intervalles des câbles selon l'invention est dû au fait que $Q'=1$ pour le câble T3 ce qui change l'intervalle permettant

de maximiser la pénétrabilité des torons externes TE. Néanmoins, par transposition, on en déduit qu'une caractéristique essentielle de l'invention est d'avoir, dans les cas $Q'=2, 3$ ou 4 , un rapport $(p3'-p2')/p3'$ conforme aux câbles selon l'invention permettant de maximiser la pénétrabilité des torons externes TE.

- 5 **[0266]** Malgré le fait que $Q=1$ pour les câbles T1, T2 et T3, par transposition, on en déduit qu'une caractéristique essentielle de l'invention est d'avoir, dans les cas $Q=2, 3$ ou 4 , les couches externes C3 et C3' enroulées dans le même sens qui est opposé au sens d'enroulement des L torons externes TE (câble T1), caractéristique permettant d'assurer une bonne imperméabilité du câble.

Cable		T1	T2	T3
T1	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
	sens C1/pas p1 (mm)	-/Inf	-/Inf	-/Inf
	sens C2/pas p2 (mm)	Z/14	S/14	Z/14
	sens C3/pas p3 (mm)	Z/20	S/20	Z/20
TE	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/14	Z/14	Z/10
	sens C3'/pas p3' (mm)	Z/20	Z/20	Z/20
(p3'-p2')/p3'		0,30	0,30	0,50
Sens d'enroulement du câble		S	S	S
Indicateur de pénétrabilité du toron externe (base 100 T1)		100	100	360
Imperméabilité (base 100 T1)		100	<10	210

Tableau 6

[0267] Evaluation de l'indicateur de pénétrabilité des torons externes en fonction du pas p_3' du câble 50

[0268] On a simulé différents torons externes analogues au toron externe des câbles 50, 51 et 52 selon l'invention en faisant varier la valeur de p_2' pour différentes valeurs de p_3' , toutes les autres caractéristiques structurales du câble restant inchangées par rapport à la description précédente.

[0269] On a rassemblé dans les différents tableaux 50.1 à 52.6 les résultats de ces simulations en base 100 par rapport à chaque fois à un toron témoin tel que $(p_3' - p_2')/p_3' = 0,31$ pour $Q'=2$, $(p_3' - p_2')/p_3' = 0,33$ pour $Q'=3$ et $(p_3' - p_2')/p_3' = 0,25$ pour $Q'=4$. Ainsi pour une valeur de taille des fenêtres St pour le toron testé et une valeur de taille de fenêtre S_0 pour le toron témoin, l'indicateur de pénétrabilité est égal à $St \cdot 100 / S_0$. 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 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.

[0270] Chaque tableau 50.1 à 52.6 correspond respectivement à un pas p_3' égal à 12, 14, 16, 18, 20 et 23 mm.

[0271] On note que, bien que la distance interfils l_2' augmente lorsque p_2' augmente, la valeur maximale des fenêtres de passage radial est obtenue pour des valeurs de l_2' non nécessairement les plus élevées. Ainsi, avant la réalisation de l'invention, l'homme du métier, partant de l'hypothèse que plus l_2' était petit, moins le toron était pénétrable, pouvait difficilement prévoir une pénétrabilité maximale pour des valeurs de p_2' donnant des valeurs de l_2' relativement faibles.

[0272] Dans l'intervalle du rapport $(p_3' - p_2')/p_3'$ allant de 0,33 à 0,45 dans le cas où $Q'=2$, allant de 0,35 à 0,42 dans le cas où $Q'=3$ et allant de 0,28 à 0,43 dans le cas où $Q'=4$, et pour chaque valeur de p_3' 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 p3 = 12 mm											
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/6	Z/6,65	Z/7	Z/7,5	Z/8	Z/8,25	Z/8,5	Z/9	Z/9,5			
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12
(p3'-p2')/p3'	0,50	0,45	0,42	0,38	0,33	0,31	0,29	0,25	0,21			
l2' (µm)	0	66	67	69	70	70	71	72	73			
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	0	143	423	309	126	100	84	65	54			

Tableau 50.1

	Torons externes du câble 50 testés avec p3 = 14 mm											
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/7,0	Z/7,65	Z/8,0	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,5	Z/9,7	Z/10,0	Z/10,5			
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14
(p3'-p2')/p3'	0,50	0,45	0,43	0,39	0,36	0,32	0,31	0,29	0,25			
l2' (µm)	67	69	70	71	72	73	73	73	74			
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	61	129	256	1107	198	115	100	84	68			

Tableau 50.2

Torons externes du câble 50 testés avec p3 = 16 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/8,0	Z/8,5	Z/8,75	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/14,0
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16
(p3'-p2')/p3'	0,50	0,47	0,45	0,44	0,41	0,38	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,25	0,22
l2' (µm)	70	71	72	72	73	73	74	75	75	75	75	75	76
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	60	94	126	184	1180	313	147	100	78	64	56	69	60

Tableau 50.3

Torons externes du câble 50 testés avec p3 = 18 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/8,0	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,5	Z/14,0
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,56	0,53	0,50	0,47	0,45	0,44	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,25
l2' (µm)	70	71	72	73	73	73	74	75	75	76	76	76	77
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	36	47	65	95	136	165	465	736	221	135	100	81	60

Tableau 50.4

	Torons externes du câble 50 testés avec p3 =20 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/8,0	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,5	Z/13,75	Z/14,0
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20
(p3'-p2')/p3'	0,60	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30
l2' (µm)	70	71	72	73	73	74	75	75	75	76	76	76	77	77
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	23	29	36	46	61	86	136	287	>5000	315	165	114	100	89

Tableau 50.5

	Torons externes du câble 50 testés avec p3 =23 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/12,75	Z/13,0	Z/13,5	Z/14,0	Z/15,25	Z/15,8				
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23
(p3'-p2')/p3'	0,52	0,50	0,48	0,46	0,45	0,43	0,41	0,39	0,34	0,31				
l2' (µm)	75	75	75	76	76	76	76	77	77	77				
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	48	61	82	119	151	202	562	878	133	100				

Tableau 50.6

	Torons externes du câble 51 testés avec p3 = 12 mm											
sens C1/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2/pas p2' (mm)	Z/6,5	Z/7,0	Z/7,5	Z/8,0	Z/8,25	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0			
sens C3/pas p3' (mm)	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,42	0,38	0,33	0,31	0,29	0,25	0,21	0,17			
I2' (µm)	38	40	42	43	44	45	46	47	47			
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	54	151	386	100	76	62	47	39	34			

Tableau 51.1

	Torons externes du câble 51 testés avec p3 = 14 mm											
sens C1/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2/pas p2' (mm)	Z/8,0	Z/8,15	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,35	Z/9,5	Z/9,65	Z/10,0	Z/10,5			
sens C3/pas p3' (mm)	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14
(p3'-p2')/p3'	0,43	0,42	0,39	0,36	0,33	0,32	0,31	0,29	0,25			
I2' (µm)	43	44	45	46	46	47	47	47	48			
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	109	152	948	172	100	86	75	60	47			

Tableau 51.2

	Torons externes du câble 51 testés avec p3 = 16 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/8,0	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,25	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/10,75	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0			
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16
(p3'-p2')/p3'	0,50	0,47	0,44	0,42	0,41	0,38	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25			
l2' (µm)	43	45	46	46	47	47	48	48	49	49	50			
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	35	54	95	143	274	427	132	100	82	61	50			

Tableau 51.3

	Torons externes du câble 51 testés avec p3' = 18 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/8,0	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,5	Z/14,0	
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	
l2' (µm)	43	45	46	47	47	48	49	49	50	50	50	51	51	
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	27	25	33	48	76	159	4203	194	100	70	54	45	39	

Tableau 51.4

Torons externes du câble 51 testés avec p3'=20 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/11,65	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,25	Z/13,5	Z/13,75
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20
(p3'-p2')/p3'	0,55	0,53	0,50	0,48	0,45	0,43	0,42	0,40	0,38	0,35	0,34	0,33	0,31
I2' (µm)	46	47	47	48	49	49	49	50	50	50	51	51	51
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	23	30	39	53	79	139	177	445	450	159	115	100	85
													75

Tableau 51.5

Torons externes du câble 51 testés avec p3'=23 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,25	Z/13,5	Z/14,0	Z/14,5	Z/15,0	Z/15,25	Z/15,5	Z/15,85			
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,43	0,42	0,41	0,39	0,37	0,35	0,34	0,33	0,31			
I2' (µm)	50	50	51	51	51	51	52	52	52	52			
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	70	107	142	208	1535	315	149	119	100	82			

Tableau 51.6

	Torons externes du câble 52 testés avec p3 = 12 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/6,5	Z/6,85	Z/7,0	Z/7,5	Z/8,0	Z/8,5	Z/8,65	Z/8,75	Z/8,85	Z/9,0	9,5	10		
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12	Z/12
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,43	0,42	0,38	0,35	0,33	0,29	0,28	0,26	0,25	0,21	0,17		
l2' (µm)	24	26	27	29	30	31	33	34	34	34	35	36		
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	68	124	152	1308	634	275	140	124	109	100	81	69		

Tableau 52.1

	Torons externes du câble 52 testés avec p3' = 14 mm													
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/7,5	Z/8,0	Z/8,15	Z/8,35	Z/8,5	Z/9,0	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,25	Z/10,35	10,5	11,0		
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14	Z/14
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,43	0,42	0,40	0,39	0,36	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25	0,21		
l2' (µm)	29	31	32	32	33	34	35	36	37	37	37	38		
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	70	127	160	235	349	825	217	133	114	108	100	82		

Tableau 52.2

Torons externes du câble 52 testés avec p3'=16 mm																
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,0	Z/9,15	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/11,65	Z/11,85	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,5	Z/13,5	Z/13,5	Z/13,5
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16	Z/16
(p3'-p2')/p3'	0,44	0,43	0,42	0,41	0,38	0,34	0,31	0,28	0,27	0,26	0,25	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19
i2' (µm)	34	35	35	35	36	37	38	38	39	39	39	39	39	39	39	39
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	113	134	153	225	1412	399	188	128	118	107	100	83	73	73	73	73

Tableau 52.3

Torons externes du câble 52 testés avec p3'=18 mm																
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,25	Z/11,0	Z/11,35	Z/11,65	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,15	Z/13,35	Z/13,5	Z/14,0	Z/14,0	Z/14,0	Z/14,0
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,47	0,44	0,43	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31	0,28	0,27	0,26	0,25	0,22	0,22	0,22	0,22
i2' (µm)	35	36	37	38	38	39	39	39	40	40	40	40	41	41	41	41
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	70	104	132	444	>5000	623	290	171	125	116	106	100	85	85	85	85

Tableau 52.4

Torons externes du câble 52 testés avec p3 = 20 mm															
sens C1/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2/pas p2' (mm)	Z/9,5	Z/10,0	Z/10,5	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,5	Z/14,0	Z/14,5	Z/14,65	Z/14,85	Z/15,0	Z/15,0
sens C3/pas p3' (mm)	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20	Z/20
(p3'-p2')/p3'	0,53	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25
l2' (µm)	35	36	37	38	38	39	39	40	40	41	41	41	41	41	41
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	41	53	70	98	150	284	1453	537	240	159	122	114	105	100	100

Tableau 52.5

Torons externes du câble 52 testés avec p3 = 23 mm															
sens C1/pas p1' (mm)	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6	Z/6
sens C2/pas p2' (mm)	Z/11,0	Z/11,5	Z/12,0	Z/12,5	Z/13,0	Z/13,5	Z/14,0	Z/14,0	Z/16,0	Z/17,0	Z/17,0	Z/17,25	Z/17,25	Z/17,25	Z/17,25
sens C3/pas p3' (mm)	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23	Z/23
(p3'-p2')/p3'	0,52	0,50	0,48	0,46	0,43	0,41	0,39	0,39	0,30	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25
l2' (µm)	38	38	39	39	40	40	40	41	42	42	42	42	42	42	42
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	44	55	69	91	127	199	406	169	108	100	100	100	100	100	100

Tableau 52.6

[0273] Evaluation de l'indicateur de pénétrabilité des torons externes des câbles 53 à 69

[0274] D'une façon analogue aux câbles 50, 51 et 52, on a simulé différents torons externes des câbles 56 à 69 (les torons externes des câbles 53, 54 et 55 sont identiques à ceux des câbles 50, 51 et 52) selon les différents modes de réalisation de l'invention en faisant varier la valeur de p_2' en fixant la valeur de p_3' à celle décrite ci-dessus, toutes les autres caractéristiques structurales de chaque câble restant inchangées par rapport à la description précédente.

[0275] On a rassemblé dans les différents tableaux 56 à 66 les résultats de ces simulations en base 100 par rapport à chaque fois à un toron témoin tel que $(p_3' - p_2')/p_3' = 0,31$ pour $Q'=2$, $(p_3' - p_2')/p_3' = 0,33$ pour $Q'=3$ et $(p_3' - p_2')/p_3' = 0,25$ pour $Q'=4$. Ainsi pour une valeur de taille des fenêtres St pour le toron testé et une valeur de taille de fenêtre S_0 pour le toron témoin, l'indicateur de pénétrabilité est égal à $St \cdot 100 / S_0$. 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 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.

[0276] On note que, bien que la distance interfils l_2' augmente lorsque p_2' augmente, la valeur maximale de la taille des fenêtres de passage radial est obtenue pour des valeurs de l_2' non nécessairement les plus élevées. Ainsi, avant la réalisation de l'invention, l'homme du métier, partant de l'hypothèse que plus l_2' était petit, moins le toron était pénétrable, pouvait difficilement prévoir une pénétrabilité maximale pour des valeurs de p_2' donnant des valeurs de l_2' relativement faibles.

[0277] Dans l'intervalle du rapport $(p_3' - p_2')/p_3'$ allant de 0,33 à 0,45 dans le cas où $Q'=2$, allant de 0,35 à 0,42 dans le cas où $Q'=3$ et allant de 0,28 à 0,43 dans le cas où $Q'=4$, et pour chaque valeur de p_3' testé, la valeur de l'indicateur de pénétrabilité est significativement supérieure à celle obtenue pour le toron témoin correspondant.

Torons externes du câble 56														
sens C1' /pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2' /pas p2' (mm)	Z/9,75	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/12,75
sens C3' /pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29
I2' (µm)	99	99	100	100	101	101	102	102	102	103	103	103	103	103
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	91	125	163	254	536	>5000	510	268	185	143	117	100	88	88

Tableau 56

Torons externes du câble 57														
sens C1' /pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2' /pas p2' (mm)	Z/9,75	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/12,75
sens C3' /pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29
I2' (µm)	67	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72	72	73	73
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	41	69	106	123	148	331	1954	260	143	100	78	64	55	55

Tableau 57

Torons externes du câble 58																
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12,25	Z/12,25	Z/12,75	Z/13	Z/13,25	Z/13,5	Z/13,75	Z/18	Z/18
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,44	0,43	0,42	0,40	0,38	0,36	0,35	0,32	0,29	0,26	0,28	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24
l2' (µm)	55	55	56	57	58	58	59	60	60	60	61	61	61	62	62	62
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	95	123	128	174	477	2306	883	250	152	129	112	100	91			

Tableau 58

Torons externes du câble 59																
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,75	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/18	Z/18	Z/18
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29
l2' (µm)	111	112	112	113	113	114	114	115	115	116	116	116	117	117	117	117
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	93	126	140	209	389	2058	671	297	194	146	112	100	87			

Tableau 59

61

Torons externes du câble 60															
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,75	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/13	Z/13,75
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29		
l2' (µm)	77	78	78	79	80	80	81	81	82	82	83	83	84		
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	37	43	83	131	170	221	1707	319	150	100	76	62	53		

Tableau 60

61

Torons externes du câble 61															
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/10	Z/10,25	Z/10,75	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/13	Z/13,25	Z/13,5	Z/13,75	Z/14	Z/14,75
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,44	0,43	0,40	0,38	0,36	0,35	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24		
l2' (µm)	63,2	64,1	65,7	67,1	67,7	68,3	69,4	69,9	70,4	70,8	71,2	71,6	72		
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	87	125	151	364	1010	1502	270	196	156	130	113	100	90		

Tableau 61

62

	Torons externes des câbles 62, 64, 67													
	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,75	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/12,75
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29
l2' (µm)	90	91	91	91	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	89	125	155	237	474	>5000	562	279	189	144	118	100	87	87

Tableau 62

62

	Torons externes des câbles 63, 65, 68													
	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/9,75	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12	Z/12,25	Z/12,5	Z/12,75	Z/12,75
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18
(p3'-p2')/p3'	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29
l2' (µm)	63	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	41	49	64	124	172	287	>5000	278	145	100	77	63	54	54

Tableau 63

Torons externes du câble 66. 69															
sens C1'/pas p1' (mm)	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0	Z/6,0
sens C2'/pas p2' (mm)	Z/10	Z/10,25	Z/10,5	Z/10,75	Z/11,25	Z/11,5	Z/11,75	Z/12,25	Z/12,5	Z/13	Z/13,25	Z/13,5	Z/13,75		
sens C3'/pas p3' (mm)	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18	Z/18		
(p3'-p2')/p3'	0,44	0,43	0,42	0,40	0,38	0,36	0,35	0,32	0,31	0,28	0,26	0,25	0,24		
I2' (µm)	52	53	53	54	54	55	55	56	56	56	57	57	57		
Indicateur de pénétrabilité du toron externe	89	124	139	171	448	1734	1009	257	191	129	113	100	90		

Tableau 66

[0278] Les tableaux 56 à 66 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 0,33 à 0,45 dans le cas où $Q'=2$, allant de 0,35 à 0,42 dans le cas où $Q'=3$, et allant de 0,28 à 0,43 dans le cas où $Q'=4$ par rapport aux câbles témoins pour lesquels $(p3'-p2')/p3'=0,31$ pour $Q'=2$, $(p3'-p2')/p3'=0,33$, pour $Q'=3$ et $(p3'-p2')/p3'=0,25$ dans le cas où $Q'=4$.

[0279] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation précédemment décrits.

[0280] 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 transversale conventionnelle circulaire.

[0281] 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.

[0282] Dans un mode de réalisation non décrit ci-dessus, dans le cas où $L=7$, $DI/DE \geq 1,30$, de préférence $DI/DE \geq 1,35$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,40$ et $DI/DE \leq 1,70$, de préférence $DI/DE \leq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,60$.

[0283] Dans un autre mode de réalisation non décrit ci-dessus, dans le cas où $L=8$, $DI/DE \geq 1,60$, de préférence $DI/DE \geq 1,65$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,70$ et $DI/DE \leq 2,0$, de préférence $DI/DE \leq 1,95$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 1,90$.

[0284] Dans un encore 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 $DI/DE \leq 2,40$.

[0285] Dans un premier mode de réalisation non décrit ci-dessus, dans le cas où le toron interne TI 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.

[0286] Dans une première 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 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.

[0287] Dans un deuxième mode de réalisation du câble non décrit ci-dessus, dans le cas où le toron interne TI 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 câble.

- 5 **[0288]** Les sens d'enroulement des modes de réalisation et alternatives envisagées ci-dessus peuvent être indifféremment S ou Z.

REVENDECATIONS

1. Câble (50) 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'=2, 3 ou 4 fils internes (F1') enroulés selon un pas p1', la couche interne (C1') étant enroulée selon un sens de couche interne (C1') de chaque toron externe (TE),
- une couche intermédiaire (C2') constituée de M' fils intermédiaires (F2'), enroulés autour de la couche interne (C1') selon un pas p2', la couche
- 15 intermédiaire (C2') étant enroulée selon un sens de couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE), et
- une couche externe (C3') constituée de N' fils externes (F3') enroulés autour de la couche intermédiaire (C2') selon un pas p3',

dans lequel :

- 20 - p1' est différent de p2' et/ou le sens de couche interne (C1') de chaque toron externe (TE) est différent du sens de couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) ;
- 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
- 25 enroulée respectivement autour de la couche interne (C1) et intermédiaire (C2') respectivement de 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;
- la couche intermédiaire (C2') de chaque toron externe (TE) est désaturée ;
- 30 - la couche externe (C3') de chaque toron externe (TE) est désaturée ; et
- les pas p2' et p3' vérifient :
 - $0,33 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,45$ dans le cas où Q'=2,
 - $0,35 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,42$ dans le cas où Q'=3,
 - $0,28 \leq (p3'-p2')/p3' \leq 0,43$ dans le cas où Q'=4.

35 2. Câble (50) selon la revendication précédente, dans lequel :

- $0,36 \leq (p3'-p2')/p3'$, de préférence $0,38 \leq (p3'-p2')/p3'$ dans le cas où $Q'=2$,
- $0,36 \leq (p3'-p2')/p3'$, de préférence $0,38 \leq (p3'-p2')/p3'$ dans le cas où $Q'=3$,
- 5 - $0,32 \leq (p3'-p2')/p3'$, de préférence $0,36 \leq (p3'-p2')/p3'$ dans le cas où $Q'=4$.
3. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :
- $(p3'-p2')/p3' \leq 0,42$ et de préférence $(p3'-p2')/p3' \leq 0,40$ dans le cas où $Q'=2$,
- $(p3'-p2')/p3' \leq 0,40$ dans le cas où $Q'=3$,
- 10 - $(p3'-p2')/p3' \leq 0,40$ et de préférence $(p3'-p2')/p3' \leq 0,38$ dans le cas où $Q'=4$.
4. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le pas $p1'$ est tel que $3 \text{ mm} \leq p1' \leq 16 \text{ mm}$, de préférence $4 \text{ mm} \leq p1' \leq 13 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $5 \text{ mm} \leq p1' \leq 10 \text{ mm}$.
- 15 5. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le pas $p2'$ est tel que $8 \text{ mm} \leq p2' \leq 20 \text{ mm}$, de préférence $9 \text{ mm} \leq p2' \leq 18 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $10 \text{ mm} \leq p2' \leq 16 \text{ mm}$.
6. Câble (50) 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 $12 \text{ mm} \leq p3' \leq 30 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $15 \text{ mm} \leq p3' \leq 25 \text{ mm}$.
- 20 7. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le toron interne TI présente un diamètre DI et chaque toron externe TE présente un diamètre DE tels que:
- dans le cas où $L=6$, $DI/DE > 1$, de préférence $DI/DE \geq 1,05$ et plus préférentiellement $DI/DE \geq 1,10$,
- 25 - 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 $DI/DE \geq 2,10$.
- 30 8. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le toron interne TI présente un diamètre DI et chaque toron externe TE présente un diamètre DE tels que:

- 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 $DI/DE \leq 1,90$,

5 - dans le cas où $L=9$, $DI/DE \leq 2,50$, de préférence $DI/DE \leq 2,45$ et plus préférentiellement $DI/DE \leq 2,40$.

9. Câble (50) 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 $L=6$.

10 10. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel $M'=7$, 8, 9 ou 10 et $N'=12$, 13, 14 ou 15.

11. Câble (50) 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
15 chaque fil externe ($F3'$) de chaque toron externe (TE), de préférence $SI2' \leq 0,8 \times d3'$.

12. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche externe ($C3'$) de chaque toron externe (TE) est complètement insaturée.

13. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes,
20 dans lequel la couche externe ($C3$) du toron interne (TI) est désaturée, de préférence complètement insaturée.

14. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque fil interne ($F1'$) de chaque toron externe (TE) présente un diamètre $d1'$ supérieur ou égal au diamètre $d2'$ de chaque fil intermédiaire ($F2'$) de chaque toron
25 externe (TE), de préférence $1 \leq d1'/d2' \leq 1,10$.

15. Pneumatique (10), **caractérisé en ce qu'il** comprend le câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/10

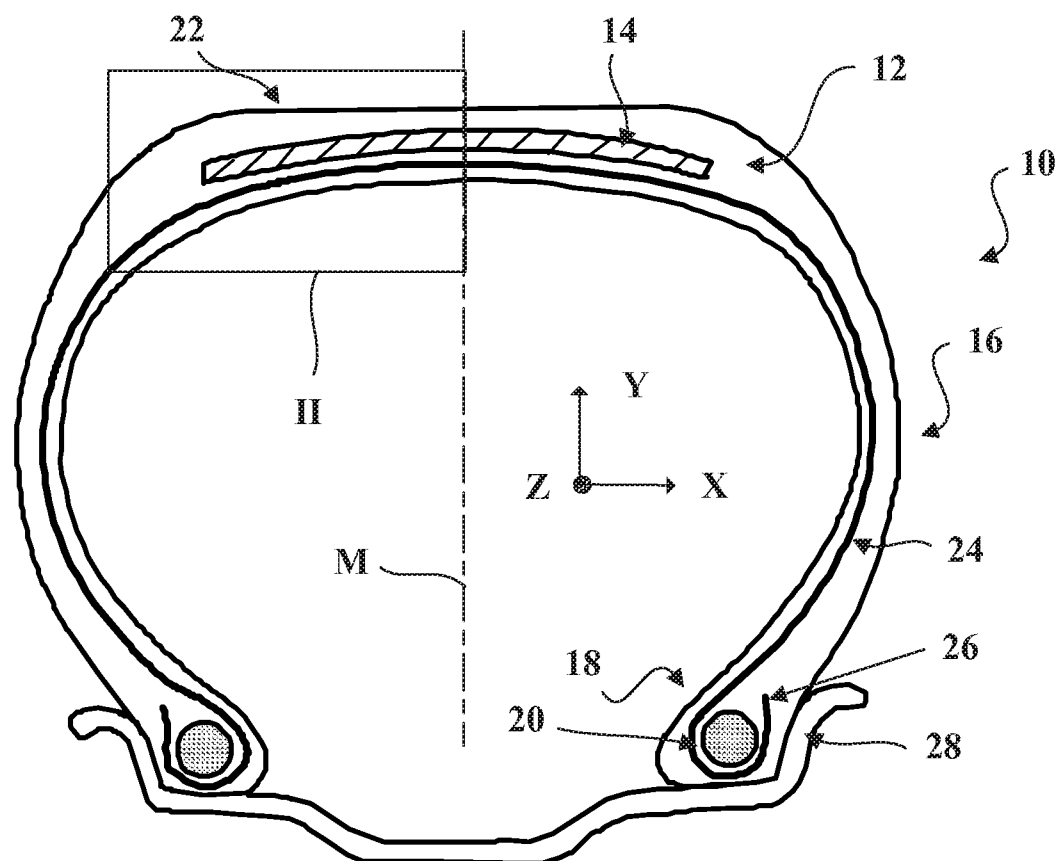


FIG. 1

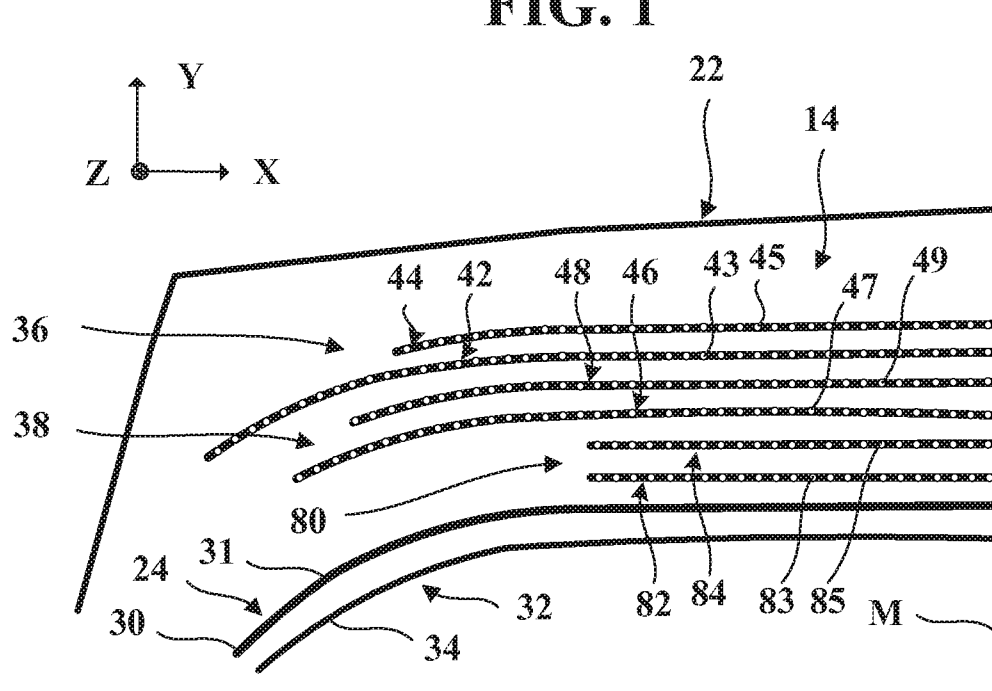


FIG. 2

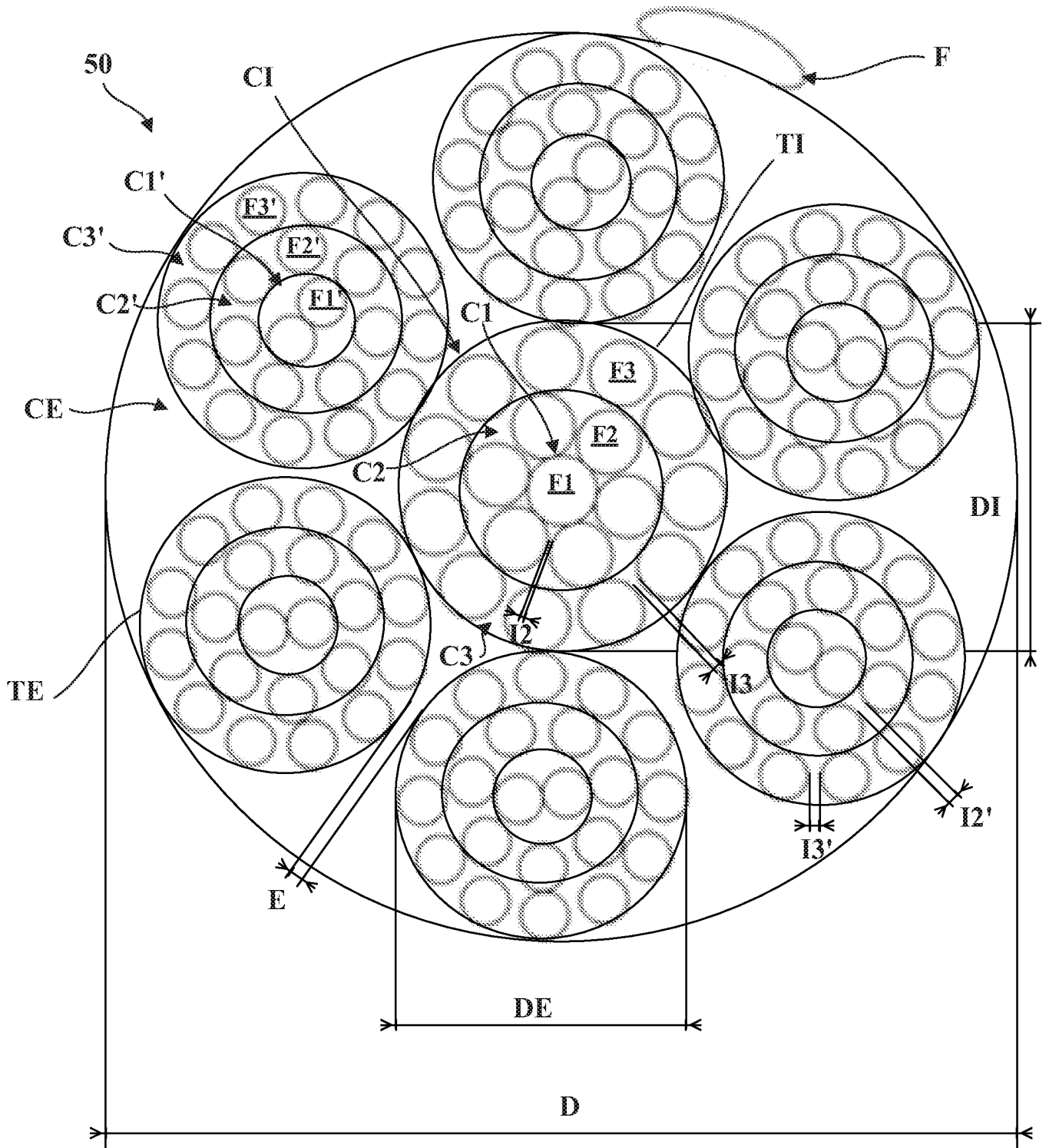
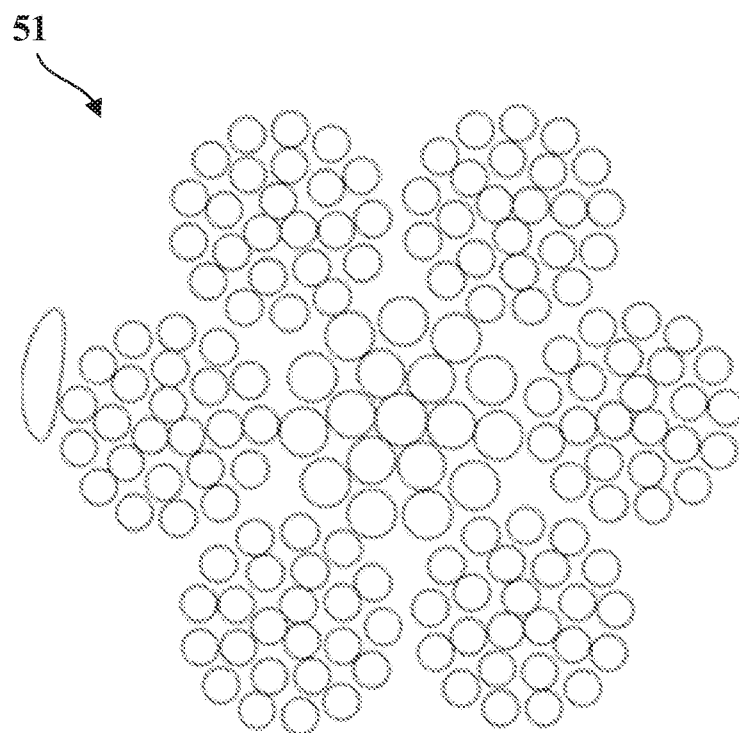
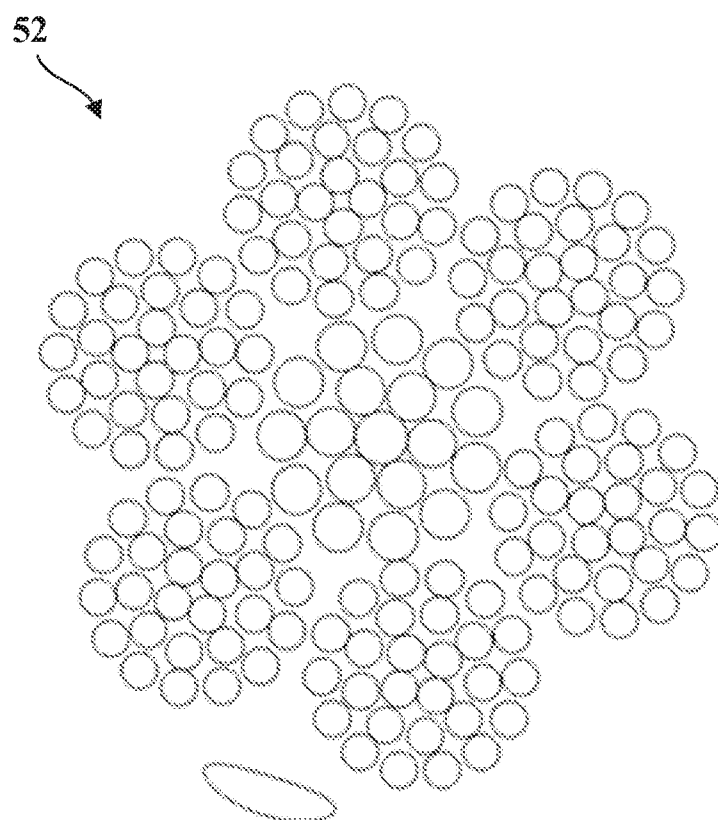
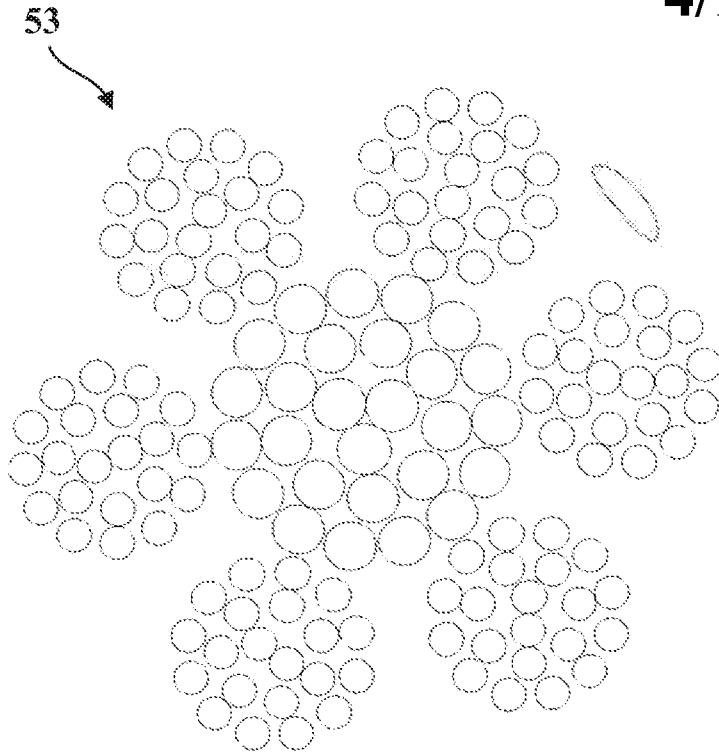
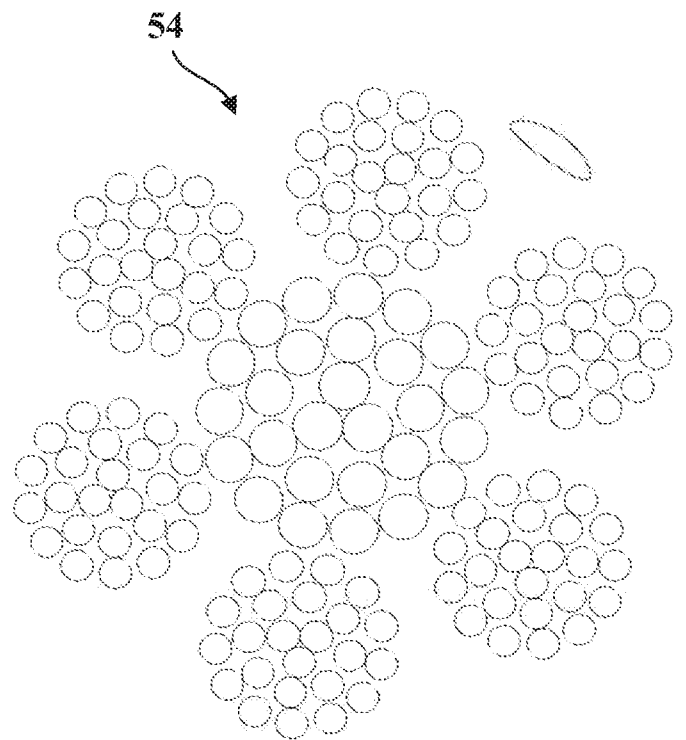
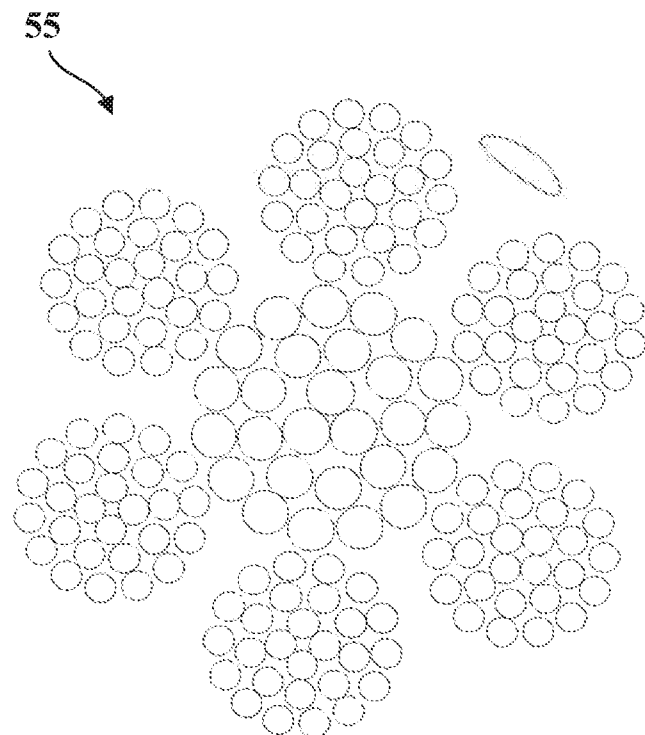
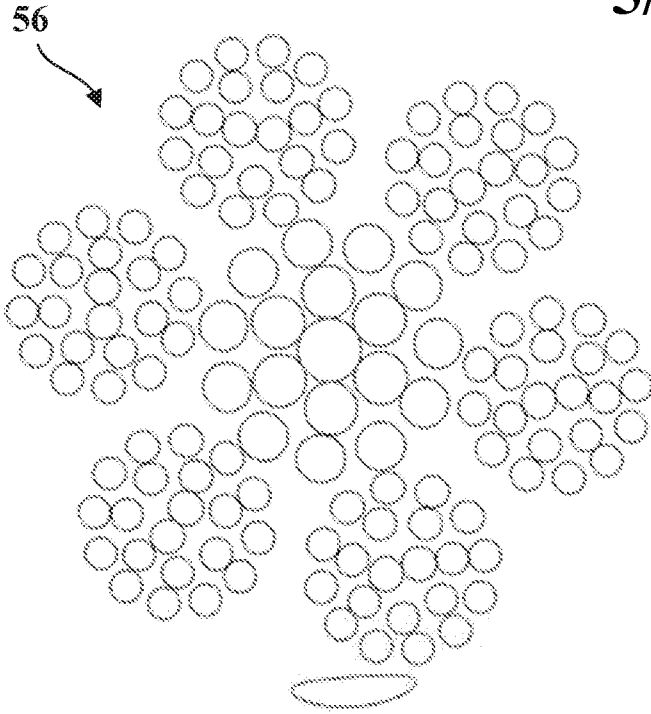
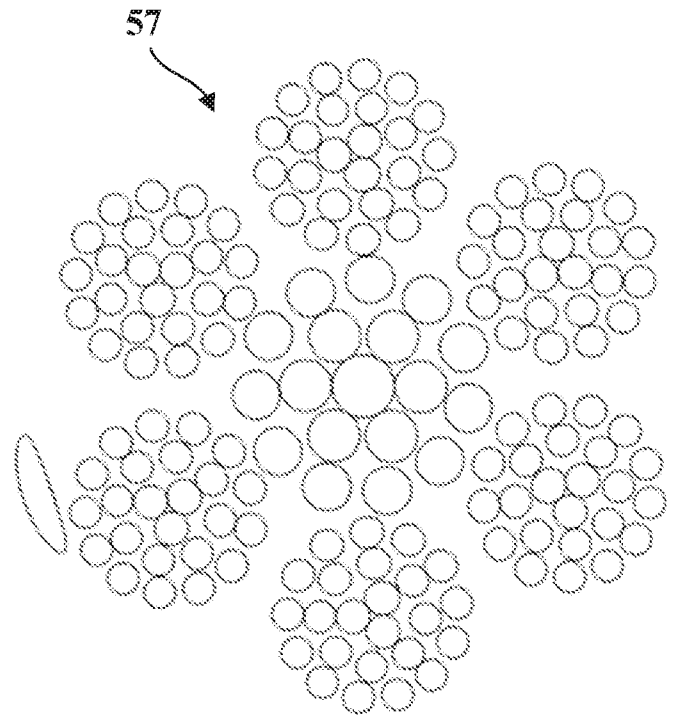
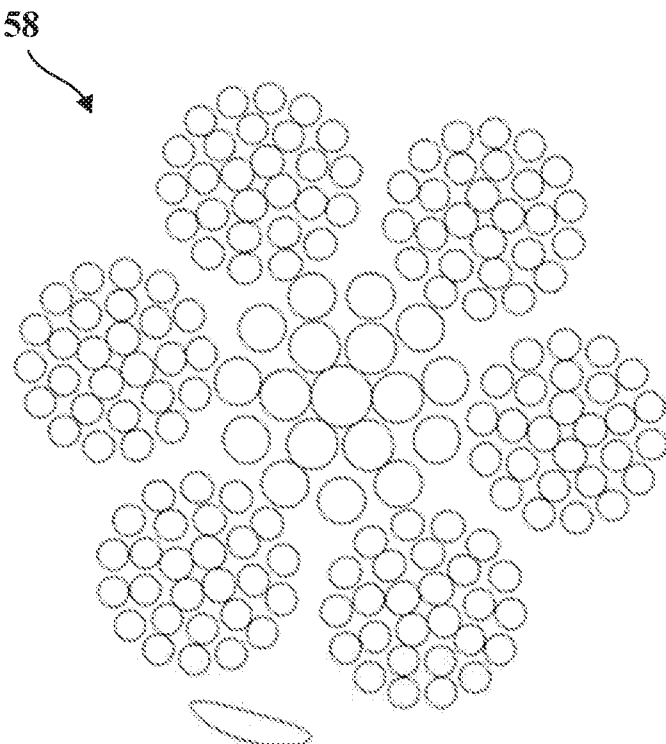


FIG. 3

3/10**FIG. 4****FIG. 5**

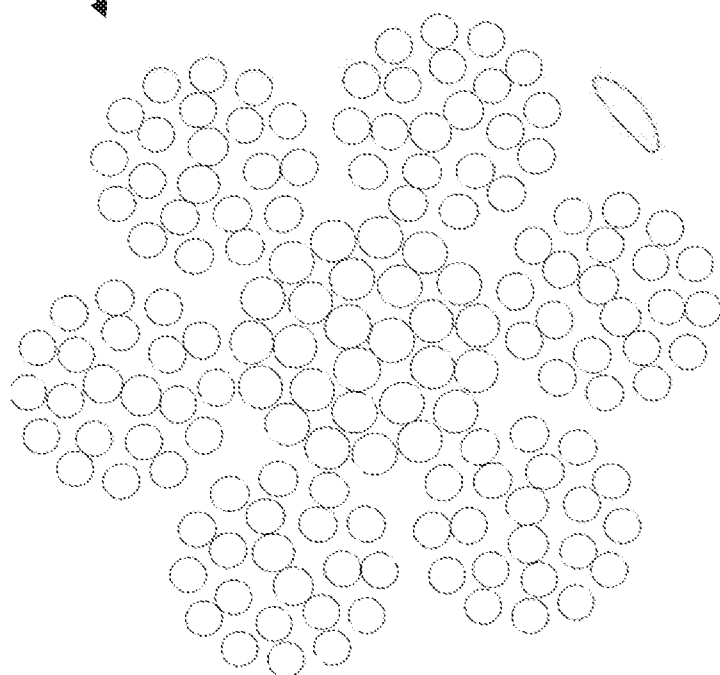
**FIG. 6****FIG. 7****FIG. 8**

5/10

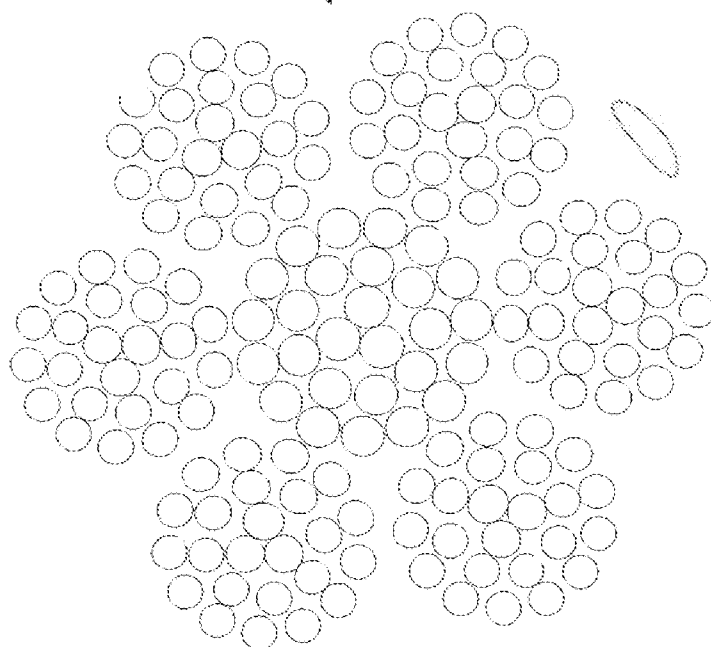
**FIG. 9****FIG. 10****FIG. 11**

6/10

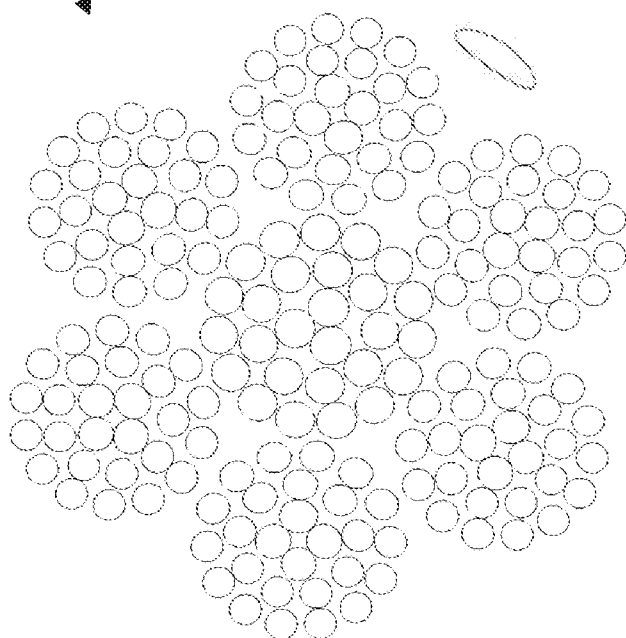
59

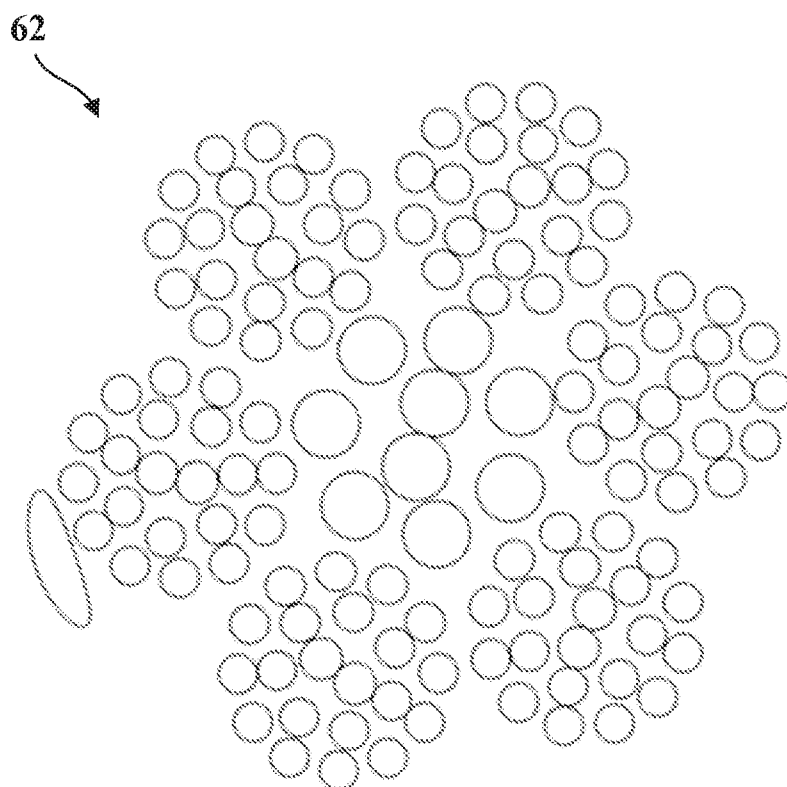
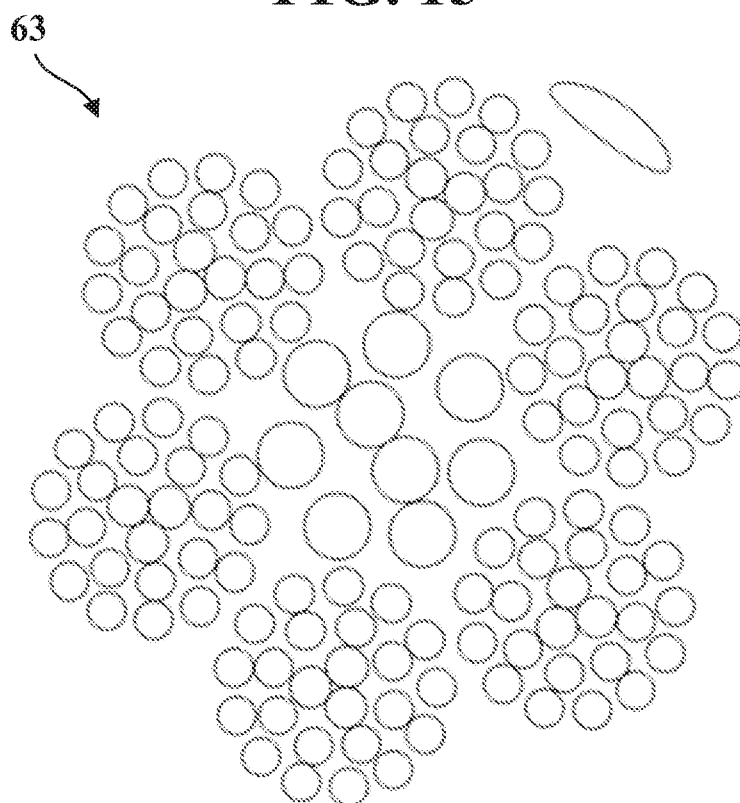
**FIG. 12**

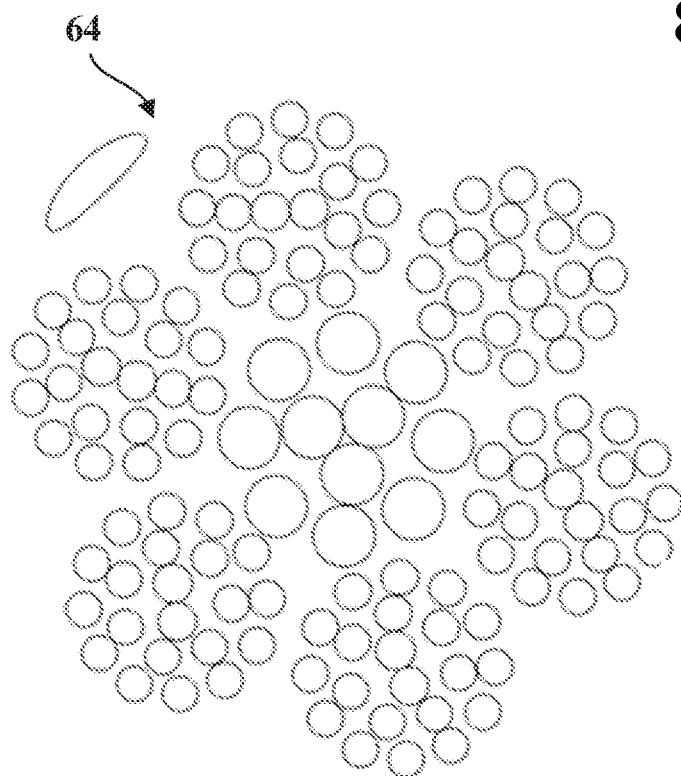
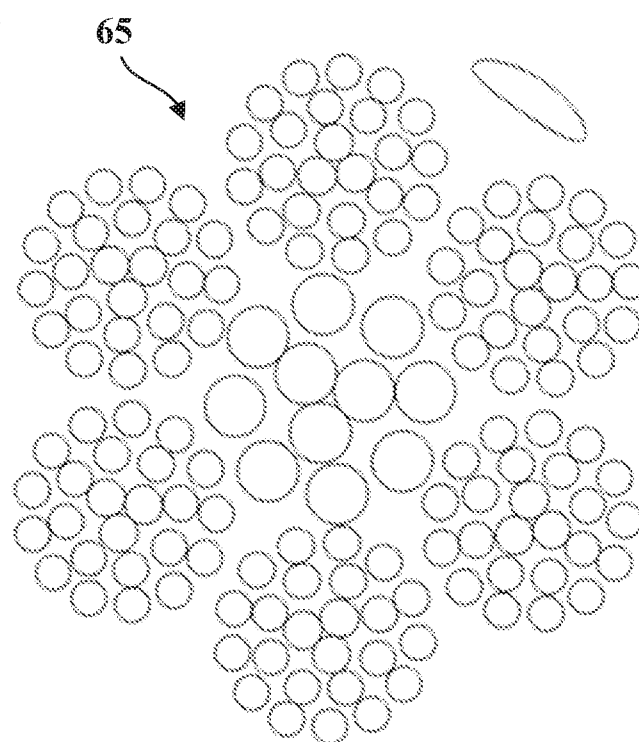
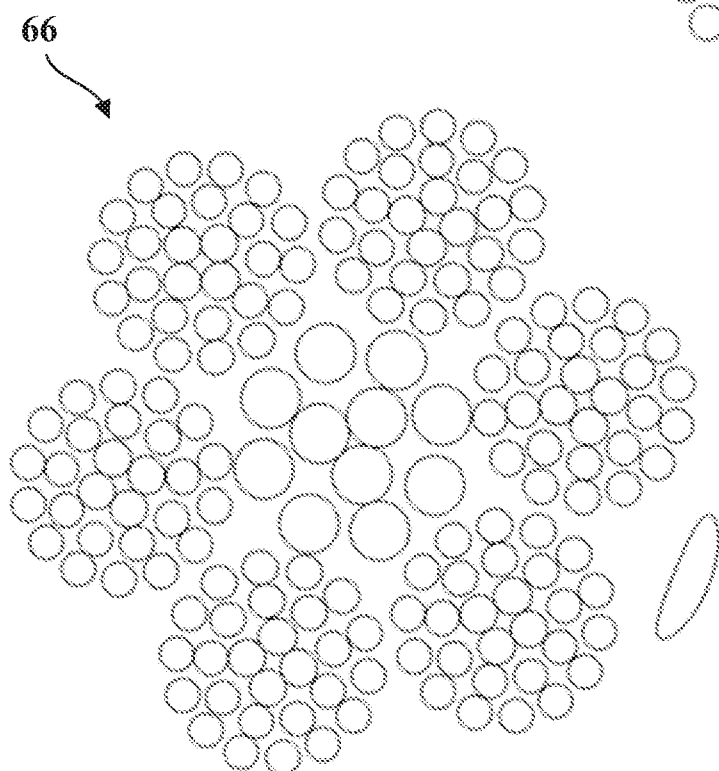
60

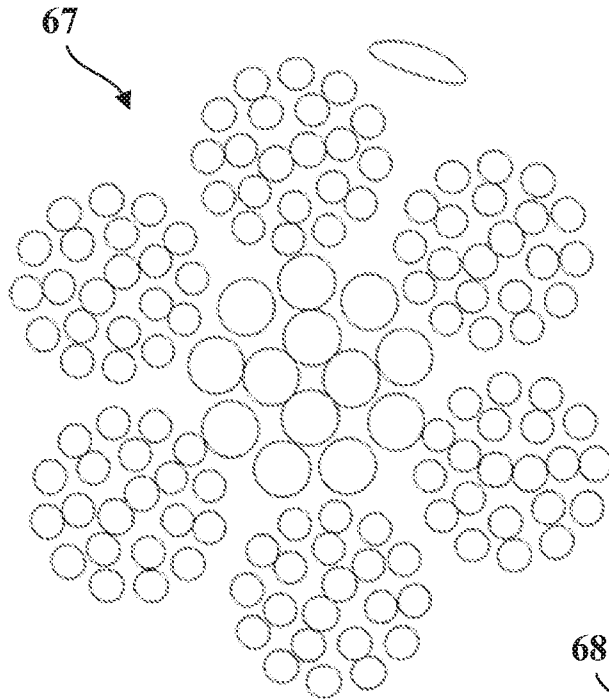
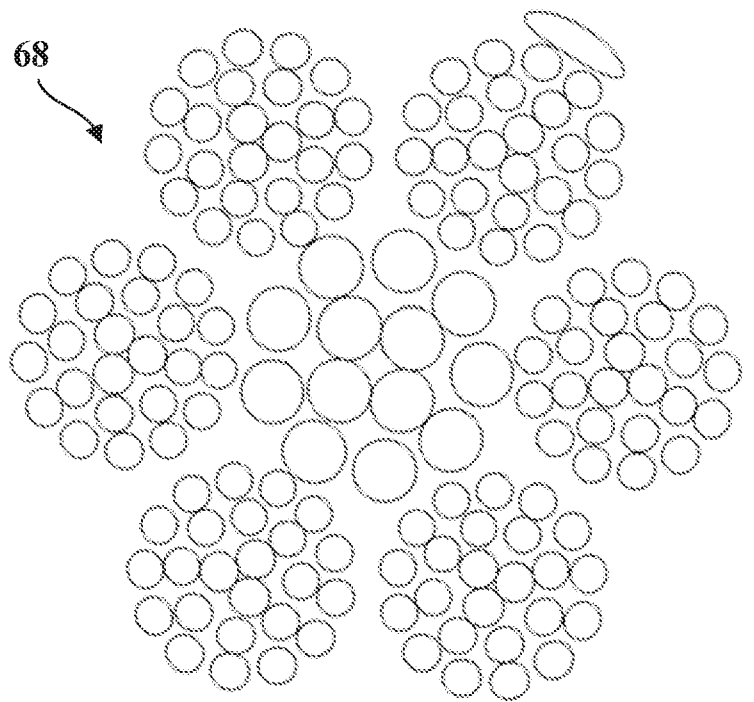
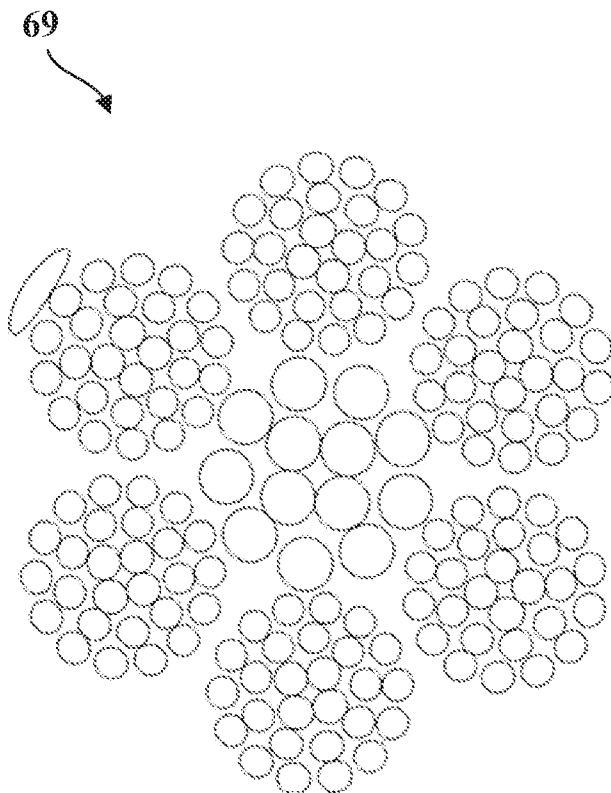
**FIG. 13**

61

**FIG. 14**

**FIG. 15****FIG. 16**

**FIG. 17****FIG. 18****FIG. 19**

**FIG. 20****FIG. 21****FIG. 22**

10/10

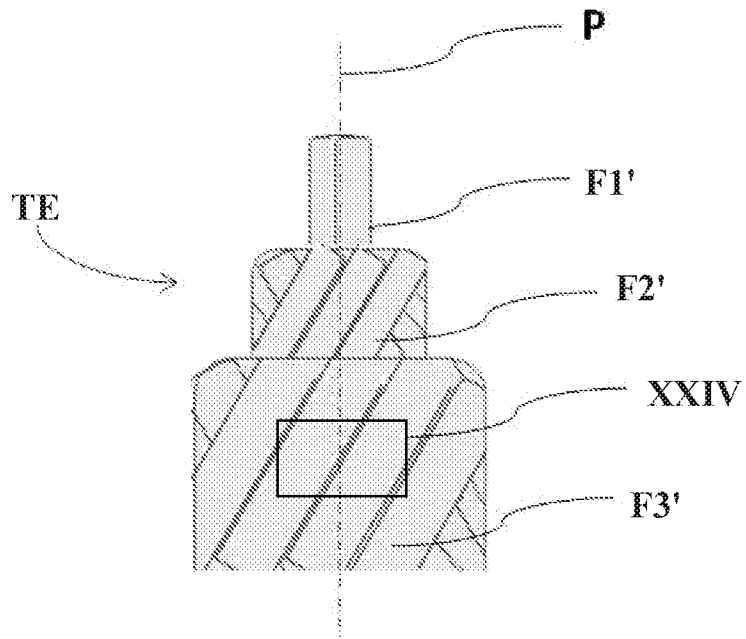
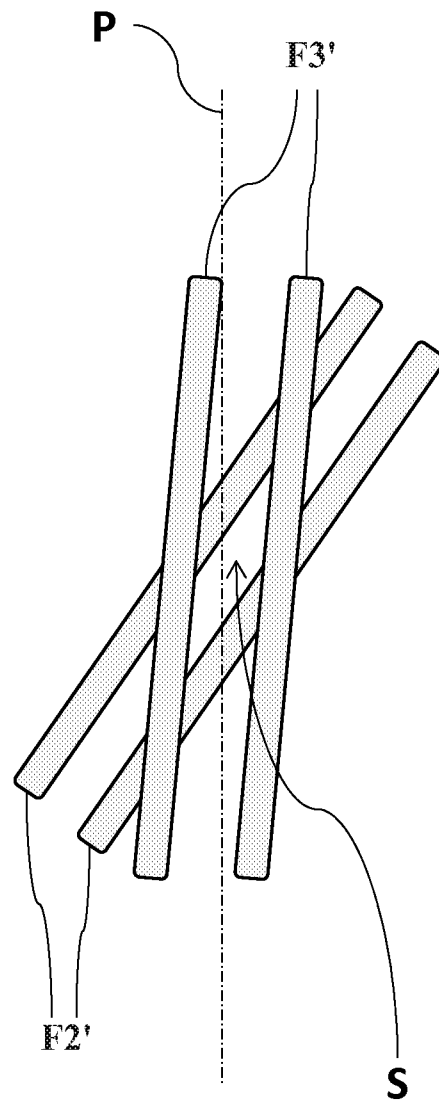


FIG. 23

FIG. 24



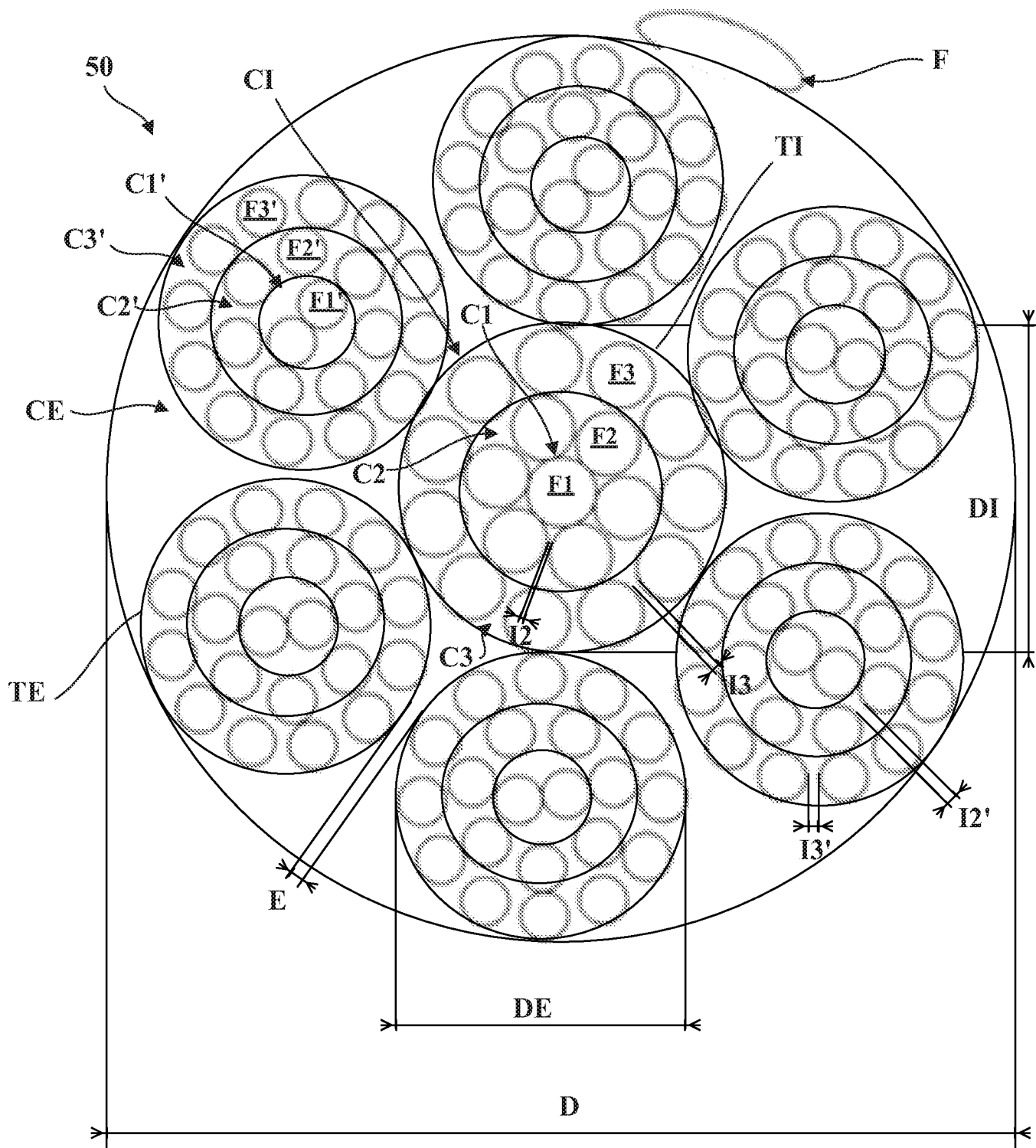


FIG. 3