

(19)



(11)

EP 4 087 970 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

28.08.2024 Bulletin 2024/35

(21) Numéro de dépôt: **20845790.3**

(22) Date de dépôt: **18.12.2020**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
D07B 1/06 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
D07B 1/0613; D07B 1/0646; D07B 7/025;
D07B 2201/1048; D07B 2201/1064;
D07B 2201/2008; D07B 2201/2022;
D07B 2207/4072; D07B 2401/2005; D07B 2401/201

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2020/052526

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2021/140287 (15.07.2021 Gazette 2021/28)

(54) **CÂBLE MULTI-TORONS À UNE COUCHE À ÉNERGIE À RUPTURE AMÉLIORÉE ET À ALLONGEMENT TOTAL AMÉLIORÉ**

EINLAGIGES MEHRADRIGES KABEL, DAS EINE VERBESSERTE REISSDEHNUNG UND VERBESSERTE GESAMTDEHNUNG AUFWEIST

SINGLE-LAYER MULTI-STRAND CABLE HAVING IMPROVED ENERGY AT BREAK AND AN IMPROVED TOTAL ELONGATION

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **07.01.2020 FR 2000097**

(43) Date de publication de la demande:
16.11.2022 Bulletin 2022/46

(73) Titulaire: **COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN
63000 Clermont-Ferrand (FR)**

(72) Inventeurs:

• **PATAUT, Gaël
63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR)**

• **BARGUET, Henri
63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR)**
• **LAUBY, Lucas
63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR)**
• **REIX, Olivier
63040 CLERMONT-FERRAND Cedex 9 (FR)**

(74) Mandataire: **M.F.P. Michelin
DCJ/PI - F35 - Ladoux
23 place des Carmes-Déchaux
63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 0 376 272 WO-A1-2016/083265
JP-A- 2014 055 369**

EP 4 087 970 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne des câbles, un produit renforcé et un pneumatique comprenant ces câbles.

[0002] On connaît de l'état de la technique, notamment du document WO2016/131862 un pneumatique pour véhicule de génie civil à armature de carcasse radiale comprenant une bande de roulement, deux bourrelets inextensibles, deux flancs reliant les bourrelets à la bande de roulement et une armature de sommet, disposée circonférentiellement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement. Cette armature de sommet comprend plusieurs nappes renforcées par des éléments de renforts tels que des câbles métalliques, les câbles d'une nappe étant noyés dans une matrice élastomérique de la nappe.

[0003] On connaît également de l'état de la technique le document EP0376272 portant sur des câbles présentant une structure $1 \times N$.

[0004] L'armature de sommet comprend une armature de travail, une armature de protection et éventuellement d'autres armatures, par exemple une armature de fretage.

[0005] L'armature de protection comprend une ou plusieurs nappes de protection comprenant plusieurs éléments filaires de renfort de protection. Chaque élément filaire de renfort de protection est un câble présentant une structure $1 \times N$. Le câble comprend une unique couche de $N=4$ torons enroulés en hélice à un pas $p_3=20$ mm. Chaque toron comprend, d'une part, une couche interne de $M=3$ fils internes enroulés en hélice à un pas $p_1=6,7$ mm et une couche externe de $V=8$ fils externes enroulés en hélice autour de la couche interne à un pas $p_2=10$ mm. Chaque fils interne et externe présente un diamètre égal à 0,35 mm et l'allongement total du câble est de 6%.

[0006] D'une part, lors du passage du pneumatique sur des obstacles, par exemple sous la forme de cailloux, ces obstacles risquent de perforer le pneumatique jusqu'à atteindre l'armature de sommet. Ces perforations permettent l'entrée d'agents corrosifs dans l'armature de sommet du pneumatique et en réduisent la durée de vie.

[0007] D'autre part, on a observé que les câbles des nappes de protection peuvent présenter des ruptures consécutives à des déformations et des efforts relativement importants exercés sur le câble, notamment lors du passage du pneumatique sur des obstacles.

[0008] L'invention a pour but un câble permettant de réduire, voire de supprimer, le nombre de rupture et le nombre de perforation.

[0009] A cet effet l'invention a pour objet un câble multi-torons présentant une structure $1 \times N$ comprenant une unique couche de N torons enroulés en hélice autour d'un axe principal (A), chaque toron étant à une couche de fils métalliques et comprenant $M>1$ fils métalliques enroulés en hélice autour d'un axe (B), dans lequel :

- le câble présente un allongement total $At > 8,10$ % déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014 ; et

- l'indicateur d'énergie à rupture Er du câble défini par $Er = \int_0^{At} \sigma(Ai) \times dAi$ avec $\sigma(Ai)$ étant la contrainte de traction en MPa mesurée à l'allongement Ai et dAi étant l'allongement tel que Er est strictement supérieur à 52 MJ/m^3 .

[0010] Grâce à l'allongement total relativement élevé et à l'énergie à rupture du câble relativement élevée, le câble selon l'invention permet de réduire les perforations et donc d'allonger la durée de vie du pneumatique. En effet, les inventeurs à l'origine de l'invention ont découvert qu'un câble moins rigide que celui de l'état de la technique est plus performant à l'encontre des obstacles. Les inventeurs ont trouvé qu'il était plus efficace d'épouser l'obstacle grâce à un câble présentant une rigidité moindre plutôt que de tenter de rigidifier et de renforcer autant que possible les câbles pour s'opposer aux déformations imposées par les obstacles comme cela est enseigné d'une manière générale dans l'état de la technique. En épousant les obstacles, on diminue l'effort s'opposant aux obstacles et donc le risque de perforer le pneumatique. Cet effet de diminution de la rigidité est illustré sur la figure 7 où sous la contrainte le câble selon l'invention présente une bonne déformabilité sous faible charge grâce au jeu radial des fils.

[0011] Grâce à l'allongement total relativement élevé, à l'énergie à rupture du câble relativement élevée, le câble selon l'invention permet également de réduire le nombre de rupture. En effet, les inventeurs à l'origine de l'invention ont découvert que le critère déterminant pour réduire les ruptures du câbles n'était pas uniquement la force à rupture comme cela est largement enseigné dans l'état de la technique mais l'indicateur d'énergie à rupture représenté dans la présente demande par l'aire sous la courbe de contrainte en fonction de l'allongement comme illustré en partie sur la figure 4. En effet, les câbles de l'état de la technique présentent soit une force à rupture relativement élevée mais un allongement à rupture relativement faible, soit un allongement à rupture relativement élevé mais une force à rupture relativement faible. Dans les deux cas, les câbles de l'état de la technique rompent sous un indicateur d'énergie à rupture relativement faible. Le câble selon l'invention, du fait de son allongement total relativement élevé présente un allongement à rupture nécessairement relativement élevé. De façon synergique, le module relativement faible permet de repousser l'allongement à rupture du fait d'une pente de la courbe contrainte-allongement dans le domaine élastique relativement faible. Enfin et surtout, les inventeurs ont découvert que l'augmentation de l'allongement total permettait, comme cela est

démontré par les tests comparatifs ci-après, d'une part, de repousser l'allongement à rupture et donc d'augmenter la contrainte, ce qui permet d'augmenter l'énergie à rupture.

[0012] 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 ».

[0013] L'allongement total At, grandeur bien connue de l'homme du métier, est déterminé par exemple en appliquant la norme ASTM D2969-04 de 2014 à un câble testé de façon à obtenir une courbe contrainte-allongement. On déduit l'At sur la courbe obtenue comme l'allongement, en %, correspondant à la projection sur l'axe des allongements du point de rupture du câble sur la courbe contrainte -allongement, c'est-à-dire le point auquel la charge croît jusqu'à une valeur maximale de contrainte puis décroît brusquement après la rupture. Lorsque la décroissance par rapport à la contrainte dépasse un certain seuil cela signifie que la rupture du câble a eu lieu.

[0014] L'indicateur d'énergie à rupture Er du câble est déterminé en calculant l'aire sous la courbe de traction contrainte

en fonction de l'allongement par la relation $Er = \int_0^{At} \sigma(Ai) \times dAi$. Cet indicateur d'énergie à rupture représente une densité volumique d'énergie en MJ/m³. La méthode des rectangles est classiquement employée pour atteindre cette aire : la contrainte de traction sigma(Ai) étant exprimée en MPa mesurée à l'allongement Ai exprimé en % sans unité ; pour i=0 : Ai=0 = A0 = 0% d'allongement et pour i=t : Ai=t = At : allongement à rupture totale du câble. L'indicateur d'énergie à rupture Er est ainsi la somme de (1/2(sigma(Ai) + sigma(Ai+1)) x (Ai+1 - Ai) pour i allant de 0 à t. Pour cette intégration, l'échantillonnage des rectangles est défini de telle sorte que les largeurs définies par (Ai+1 - Ai) sont sensiblement égales à 0.025% soit 4 rectangles pour 0.1% d'allongement tel que représenté sur la figure 4.

[0015] Dans l'invention, le câble comprend une unique couche de N torons, c'est-à-dire qu'il comprend un assemblage constitué d'une couche de torons, ni plus ni moins, c'est-à-dire que l'assemblage a une couche de torons, pas zéro, pas deux, mais uniquement une.

[0016] De façon avantageuse, le sens d'enroulement de chaque toron est opposé au sens d'enroulement du câble.

[0017] Par sens d'enroulement d'une couche de torons, on entend le sens formé par les torons par rapport à l'axe du câble. Le sens d'enroulement est communément désigné par la lettre soit Z, soit S.

[0018] Les sens d'enroulement des torons sont déterminés conformément à la norme ASTM D2969-04 de 2014.

[0019] Le câble selon l'invention est à simple hélice. Par définition, un câble à simple hélice est un câble dans lequel l'axe de chaque toron de la couche décrit une unique hélice autour d'un axe principal, contrairement à un câble à double hélice dans lequel l'axe de chaque toron décrit une première hélice autour de l'axe du câble et une deuxième hélice autour d'une hélice décrite par l'axe du câble. En d'autres termes, lorsque le câble s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, le câble comprend une unique couche de torons enroulés ensemble en hélice, chaque toron de la couche décrivant une trajectoire en forme d'hélice autour d'un axe principal sensiblement parallèle à la direction sensiblement rectiligne de sorte que, dans un plan de coupe sensiblement perpendiculaire à l'axe principal, la distance entre le centre de chaque toron de la couche et l'axe principal soit sensiblement constante et égale pour tous les torons de la couche. Au contraire, lorsqu'un câble à double hélice s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, la distance entre le centre de chaque toron de la couche et la direction sensiblement rectiligne est différente pour tous les torons de la couche.

[0020] De la même façon que décrit plus haut pour le câble, chaque toron selon l'invention est à simple hélice. Par définition, un toron à simple hélice est un toron dans lequel l'axe de chaque élément filaire métallique de la couche décrit une unique hélice, contrairement à un toron à double hélice dans lequel l'axe de chaque élément filaire métallique décrit une première hélice autour de l'axe du toron et une deuxième hélice autour d'une hélice décrite par l'axe du toron. En d'autres termes, lorsque le toron s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, le toron comprend une unique couche d'éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice, chaque élément filaire métallique de la couche décrivant une trajectoire en forme d'hélice autour d'un axe principal sensiblement parallèle à la direction sensiblement rectiligne de sorte que, dans un plan de coupe sensiblement perpendiculaire à l'axe principal, la distance entre le centre de chaque élément filaire métallique de la couche et l'axe principal soit sensiblement constante et égale pour tous les éléments filaires métalliques de la couche. Au contraire, lorsqu'un toron à double hélice s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, la distance entre le centre de chaque élément filaire métallique de la couche et la direction sensiblement rectiligne est différente pour tous les éléments filaires métalliques de la couche.

[0021] Le câble selon l'invention est dépourvu d'âme centrale métallique. On parle également de câble de structure 1xN dans laquelle N est le nombre de torons ou bien encore de câble à structure ouverte (« open-cord » en anglais). Dans le câble selon l'invention défini ci-dessus, la voûte interne est vide et donc dépourvue de tout matériau de remplissage, notamment dépourvue de toute composition élastomérique. On parle alors d'un câble dépourvu de matériau de remplissage.

[0022] Par élément filaire, on entend un élément s'étendant longitudinalement selon un axe principal et présentant

une section perpendiculaire à l'axe principal dont la plus grande dimension G est relativement faible par rapport à la dimension L selon l'axe principal. Par relativement faible, on entend que L/G est supérieur ou égal à 100, de préférence supérieur ou égal à 1000. Cette définition couvre aussi bien les éléments filaires de section circulaire que les éléments filaires de section non circulaire, par exemple de section polygonale ou oblongue. De façon très préférée, chaque élément

filare métallique présente une section circulaire.

[0023] Par métallique, on entend par définition un élément filare constitué majoritairement (c'est-à-dire pour plus de 50% de sa masse) ou intégralement (pour 100% de sa masse) d'un matériau métallique. Chaque élément filare métallique est préférentiellement en acier, plus préférentiellement en acier perlitique ou ferrito-perlitique au carbone, appelé couramment par l'homme du métier acier au carbone, ou encore en acier inoxydable (par définition, acier comportant au

moins 10,5% de chrome).

[0024] De préférence, les fils métalliques et les torons ne subissent pas de préformation. En d'autres termes, le câble est obtenu par un procédé dépourvu d'étapes de préformation individuelle de chacun des éléments filaires métalliques et de chacun des torons.

[0025] Avantageusement, l'allongement total $A_t \geq 8,30\%$ et de préférence $A_t \geq 8,50\%$.

[0026] Avantageusement, l'allongement total $A_t \leq 20,00\%$ et de préférence $A_t \leq 16,00\%$.

[0027] Avantageusement, l'indicateur d'énergie à rupture E_r du câble (50) est supérieur ou égal à 55 MJ/m^3 .

[0028] De préférence, l'indicateur d'énergie à rupture E_r du câble (50) est inférieur ou égale à 200 MJ/m^3 et de préférence inférieur ou égal à 150 MJ/m^3 .

[0029] De préférence, le câble présente un allongement structural A_s déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014 tel que $A_s > 4,30\%$, de préférence $A_s \geq 4,50\%$ et plus préférentiellement $A_s \geq 4,60\%$.

[0030] De préférence, le câble présente un allongement structural A_s déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014 tel que $A_s \leq 10,0\%$ et de préférence $A_s \leq 9,50\%$.

[0031] L'allongement structural A_s , grandeur bien connue de l'homme du métier, est déterminé par exemple en appliquant la norme ASTM D2969-04 de 2014 à un câble testé de façon à obtenir une courbe force-allongement. On déduit l' A_s sur la courbe obtenue comme l'allongement, en %, correspondant à la projection sur l'axe des allongement de l'intersection entre la tangente à la partie structurale de la courbe force-allongement et la tangente à la partie élastique de la courbe force-allongement. Pour rappel, une courbe force-allongement comprend, en se déplaçant vers les allongements croissants, une partie structurale, une partie élastique et une partie plastique. La partie structurale correspond à l'allongement structural A_s résultant de l'aération du câble, c'est-à-dire l'espace vacant entre les différents torons métalliques constituant le câble. La partie élastique correspond à un allongement élastique résultant de la construction du câble, notamment des angles des différentes couches et des diamètres des torons. La partie plastique correspond à l'allongement plastique résultant de la plasticité (déformation irréversible au-delà de la limite d'élasticité) d'un ou plusieurs éléments filaires métalliques des torons.

[0032] De préférence, le câble présente un module sécant E_1 allant de 3,0 à 10,0 GPa et de préférence allant de 3,5 à 8,5 GPa.

[0033] Le câble selon l'invention peut ainsi avoir une déformation importante à faible effort et une première rigidité basse.

[0034] Le module sécant E_1 est la pente de la droite reliant l'origine de la courbe contrainte-allongement obtenue dans les conditions de la norme ASTM D 885/D 885M - 10a de 2014 au point d'abscisse 1% de cette même courbe.

[0035] De préférence, le câble présente un module tangent E_2 allant de 50 à 180 GPa et de préférence de 55 à 150 GPa.

[0036] Ainsi le câble selon l'invention présente une rigidité minimum pour permettre la reprise ou la transmission d'effort.

[0037] Le module tangent E_2 est calculé comme suit sur la courbe contrainte-allongement obtenue dans les conditions de la norme ASTM D 885/D 885M - 10a de 2014: E_2 correspond au module tangent maximum du câble sur la courbe force-allongement.

[0038] L'invention a également pour objet un câble extrait d'une matrice polymérique, le câble extrait présentant structure 1xN comprenant une unique couche de N torons enroulés en hélice autour d'un axe principal (A), chaque toron étant à une couche de fils métalliques et comprenant $M > 1$ fils métalliques enroulés en hélice autour d'un axe (B), dans lequel :

- le câble extrait (50') présente un allongement total $A_t' \geq 5,00\%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014,
- l'indicateur d'énergie à rupture E_r' du câble extrait (50') défini par $E_r' = \int_0^{A_t'} \sigma(A_i) \times dA_i$ avec $\sigma(A_i)$ étant la contrainte de traction en MPa mesurée à l'allongement A_i et dA_i étant l'allongement tel que E_r' est strictement supérieur à 35 MJ/m^3 .

[0039] De préférence, la matrice polymérique est une matrice élastomérique.

[0040] La matrice polymérique, de préférence élastomérique, est à base d'une composition polymérique, de préférence élastomérique.

[0041] Par matrice polymérique, on entend une matrice comprenant au moins un polymère. La matrice polymérique est ainsi à base d'une composition polymérique.

[0042] Par matrice élastomérique, on entend une matrice comprenant au moins un élastomère. La matrice élastomérique préférentielle est ainsi à base de la composition élastomérique.

[0043] Par l'expression "à base de", il faut entendre que la composition comporte le mélange et/ou le produit de réaction in situ des différents constituants utilisés, certains de ces constituants pouvant réagir et/ou étant destinés à réagir entre eux, au moins partiellement, lors des différentes phases de fabrication de la composition ; la composition pouvant ainsi être à l'état totalement ou partiellement réticulé ou à l'état non-réticulé.

[0044] Par 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

[0045] Par composition élastomérique, on entend que la composition comprend au moins un élastomère et au moins un autre composant. De préférence, la composition comprenant au moins un élastomère et au moins un autre composant comprend un élastomère, un système de réticulation et une charge. Les compositions utilisables pour ces nappes sont des compositions conventionnelles pour calandrage d'éléments filaires de renfort et comprennent un élastomère diénique, par exemple du caoutchouc naturel, une charge renforçante, par exemple du noir de carbone et/ou de la silice, un système de réticulation, par exemple un système de vulcanisation, de préférence comprenant du soufre, de l'acide stéarique et de l'oxyde de zinc, et éventuellement un accélérateur et/ou retardateur de vulcanisation et/ou divers additifs. L'adhésion entre les fils métalliques et la matrice dans laquelle ils sont noyés est assurée par exemple par un revêtement métallique, par exemple une couche de laiton.

[0046] Les valeurs des caractéristiques décrites dans la présente demande pour le câble extrait sont mesurées sur ou déterminées à partir de câbles extraits d'une matrice polymérique, notamment élastomérique, par exemple d'un pneumatique. Ainsi, par exemple sur un pneumatique, on retire la bande de matière radialement à l'extérieur du câble à extraire de façon à apercevoir le câble à extraire affleurer radialement de la matrice polymérique. Ce retrait peu se faire par décorticage au moyens de pinces et de couteaux ou bien par rabotage. Puis, on dégage l'extrémité du câble à extraire au moyen d'un couteau. Puis, on tire sur le câble de façon à l'extraire de la matrice en appliquant un angle relativement faible de façon à ne pas plastifier le câble à extraire. Les câbles extraits sont alors nettoyés soigneusement, par exemple au moyen d'un couteau, de façon à détacher les restes de matrice polymérique accrochés localement au câble et en prenant soin de ne pas dégrader la surface des fils métalliques.

[0047] De préférence, l'allongement total At' est tel que $At' \geq 5,20\%$.

[0048] De préférence, l'indicateur d'énergie à rupture Er' du câble (50) est supérieur ou égal à 40 MJ/m^3 .

[0049] Les caractéristiques avantageuses décrites ci-dessous s'appliquent indifféremment au câble tel que défini ci-dessus et au câble extrait.

[0050] Avantageusement, le câble est tel que les torons définissent une voûte interne du câble de diamètre D_v , chaque toron présentant un diamètre D_t et un rayon de courbure d'hélice R_t défini par $R_t = Pe / (\pi \times \sin(2\alpha_e))$ avec Pe le pas de chaque toron exprimé en millimètres et α_e l'angle d'hélice de chaque toron (54), dans lequel D_v , D_t et R_t étant exprimés en millimètres : $25 \leq R_t / D_t \leq 180$ et $0,10 \leq D_v / D_t \leq 0,50$.

[0051] Le câble selon l'invention présente une excellente compressibilité longitudinale et, toutes choses étant égales par ailleurs, un diamètre relativement faible.

[0052] D'une part, les inventeurs à l'origine de l'invention émettent l'hypothèse que, du fait d'un rayon de courbure R_t suffisamment élevé par rapport au diamètre D_t de chaque toron, le câble est suffisamment aéré, réduisant ainsi le risque de flambement, du fait de l'éloignement relativement important de chaque toron de l'axe longitudinal du câble, éloignement permettant aux torons une accommodation, de par leur hélice, des déformations de compression longitudinale relativement élevées. Au contraire, le rayon de courbure R_t de chaque toron du câble de l'état de la technique étant relativement faible par rapport au diamètre D_t , les éléments filaires métalliques sont plus proches de l'axe longitudinal du câble et peuvent accommoder, de par leur hélice, des déformations de compression longitudinale bien moindres que le câble selon l'invention.

[0053] D'autre part, pour un rayon de courbure R_t de chaque toron trop élevé, le câble selon l'invention présenterait une rigidité longitudinale en compression insuffisante pour assurer un rôle de renforcement, par exemple de pneumatiques.

[0054] De plus, pour un diamètre D_v de voûte interne trop élevé, le câble présenterait, relativement au diamètre des torons, un diamètre trop élevé.

[0055] Les valeurs des caractéristiques D_t , D_v et R_t ainsi que des autres caractéristiques décrites ci-dessous sont mesurées sur ou déterminées à partir des câbles soit directement après fabrication, c'est-à-dire avant toute étape de noyage dans une matrice élastomérique, soit extrait d'une matrice élastomérique, par exemple d'un pneumatique, et ayant alors subi une étape de nettoyage durant laquelle on retire du câble toute matrice élastomérique, notamment tout matériau présent à l'intérieur du câble. Pour garantir un état d'origine, l'interface adhésive entre chaque élément filaire métallique et la matrice élastomérique doit être supprimée, par exemple par procédé électro-chimique dans un

bain de carbonate de sodium. Les effets associés à l'étape de conformation du procédé de fabrication du pneumatique décrits ci-dessous, notamment l'allongement des câbles, sont annulés par l'extraction de la nappe et du câble qui reprennent, lors de l'extraction, sensiblement leurs caractéristiques d'avant l'étape de conformation.

[0056] La voûte du câble selon l'invention est délimitée par les torons et correspond au volume délimité par un cercle théorique, d'une part, radialement intérieur à chaque toron et, d'autre part, tangent à chaque toron. Le diamètre de ce cercle théorique est égal au diamètre de voûte D_v .

[0057] L'angle d'hélice de chaque toron α_e est une grandeur bien connue de l'homme du métier et peut être déterminé par le calcul suivant : $\tan \alpha_e = 2\pi \times R_e / P_e$, formule dans laquelle P_e est le pas exprimé en millimètres dans lequel chaque toron est enroulé, R_e est le rayon d'hélice de chaque toron exprimé en millimètres, et $\tan$ désigne la fonction tangente. α_e est exprimé en degrés.

[0058] Le diamètre d'hélice D_e , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $D_e = P_e \times \tan(\alpha_e) / \pi$ dans laquelle P_e est le pas exprimé en millimètres auquel chaque toron est enroulé, α_e est l'angle d'hélice de chaque toron déterminé ci-dessus et $\tan$ la fonction tangente. Le diamètre d'hélice D_e correspond au diamètre du cercle théorique passant par les centres des torons de la couche dans un plan perpendiculaire à l'axe principal du câble.

[0059] Le diamètre de voûte D_v , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $D_v = D_e - D_t$ dans laquelle D_t est le diamètre de chaque toron et D_e le diamètre d'hélice, tous deux exprimés en millimètres.

[0060] Le rayon de courbure R_t , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $R_t = P_e / (\pi \times \sin(2\alpha_e))$ dans laquelle P_e est le pas exprimé en millimètres de chaque toron, α_e est l'angle d'hélice de chaque toron et $\sin$ la fonction sinus.

[0061] On rappelle que le pas auquel chaque toron est enroulé est la longueur parcourue par cet élément filaire, mesurée parallèlement à l'axe du câble dans lequel il se trouve, au bout de laquelle toron ayant ce pas effectue un tour complet autour dudit axe du câble.

[0062] Avantagusement, le câble est tel que les éléments filaires métalliques définissent une voûte interne du toron de diamètre D_{vt} , chaque élément filaire métallique présentant un diamètre D_f et un rayon de courbure d'hélice R_f défini par $R_f = P / (\pi \times \sin(2\alpha))$ avec P le pas de chaque élément filaire métallique exprimé en millimètres et α l'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique (F_1), D_{vt} , D_f et R_f étant exprimés en millimètres, le câble satisfaisant les relations suivantes : $9 \leq R_f / D_f \leq 30$, et $1,30 \leq D_{vt} / D_f \leq 4,50$.

[0063] La voûte de chaque toron est délimitée par les fils métalliques et correspond au volume délimité par un cercle théorique, d'une part, radialement intérieur à chaque élément filaire métallique et, d'autre part, tangent à chaque élément filaire métallique. Le diamètre de ce cercle théorique est égal au diamètre de voûte D_{vt} .

[0064] L'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique α est une grandeur bien connue de l'homme du métier et peut être déterminé par le calcul suivant : $\tan \alpha = 2\pi \times R / P$, formule dans laquelle P est le pas exprimé en millimètres dans lequel chaque toron est enroulé, R est le rayon d'hélice de chaque toron exprimé en millimètres, et $\tan$ désigne la fonction tangente. α est exprimé en degrés.

[0065] Le diamètre d'hélice D_h , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $D_h = P \times \tan(\alpha) / \pi$ dans laquelle P est le pas exprimé en millimètres auquel chaque élément filaire métallique est enroulé, α est l'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique déterminé ci-dessus et $\tan$ la fonction tangente. Le diamètre d'hélice D_h correspond au diamètre du cercle théorique passant par les centres des éléments filaires métalliques de la couche dans un plan perpendiculaire à l'axe principal du câble.

[0066] Le diamètre de voûte du toron D_{vt} , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $D_{vt} = D_h - D_f$ dans laquelle D_f est le diamètre de chaque élément filaire métallique et D_h le diamètre d'hélice, tous deux exprimés en millimètres.

[0067] Le rayon de courbure R_f , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $R_f = P / (\pi \times \sin(2\alpha))$ dans laquelle P est le pas exprimé en millimètres de chaque élément filaire métallique, α est l'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique et $\sin$ la fonction sinus.

[0068] On rappelle que le pas auquel chaque élément filaire métallique est enroulé est la longueur parcourue par cet élément filaire, mesurée parallèlement à l'axe du câble dans lequel il se trouve, au bout de laquelle l'élément filaire ayant ce pas effectue un tour complet autour dudit axe du câble.

[0069] Les caractéristiques optionnelles décrites ci-dessous pourront être combinées les unes avec les autres dans la mesure où de telles combinaisons sont techniquement compatibles.

[0070] Dans un mode de réalisation avantageux, tous les éléments filaires métalliques présentent le même diamètre D_f .

[0071] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un câble comprenant :

- une étape de fabrication de N torons par :

- une étape de fourniture d'un assemblage transitoire comprenant une couche constituée de $M' > 1$ fils métalliques enroulés en hélice autour d'un noyau transitoire ;
- une étape de séparation de l'assemblage transitoire entre :

- un premier assemblage fractionné comprenant une couche constituée de $M_1' \geq 1$ fil(s) métallique(s) enrou-

lé(s) en hélice, le ou les M1' fil(s) métallique(s) étant issu(s) de la couche constituée de M'>1 fils métalliques de l'assemblage transitoire ,

- un deuxième assemblage fractionné comprenant une couche constituée de M2'>1 fils métalliques enroulés en hélice, les M2' fils métalliques étant issus de la couche constituée de M'>1 fils métalliques de l'assemblage transitoire ,
- le noyau transitoire ou un ou plusieurs ensembles comprenant le noyau transitoire ,
- une étape de réassemblage du premier assemblage fractionné avec le deuxième assemblage fractionné pour former un toron à une couche de fils métalliques et comprenant M>1 fils métalliques ;
- une étape d'assemblage des N torons par câblage pour former le câble.

[0072] Chaque toron est fabriqué conformément à un procédé et en mettant en oeuvre une installation décrits dans les documents WO2016083265 et WO2016083267. Un tel procédé mettant en oeuvre une étape de fractionnement est à distinguer d'un procédé de câblage classique comprenant une unique étape d'assemblage dans lequel les éléments filaires métalliques sont enroulés en hélice, l'étape d'assemblage étant précédée d'une étape de préformation individuelle de chaque élément filaire métallique afin notamment d'augmenter la valeur de l'allongement structural. De tels procédés et installations sont décrits dans les documents EP0548539, EP1000194, EP0622489, WO2012055677, JP2007092259, WO2007128335, JPH06346386 ou encore EP0143767. Lors de ces procédés, afin d'obtenir l'allongement structural le plus élevé possible, on préforme individuellement les monofilaments métalliques. Toutefois, cette étape de préformation individuelle des monofilaments métalliques, qui nécessite une installation particulière, d'une part, rend le procédé relativement peu productif par rapport à un procédé dépourvu d'étape de préformation individuelle sans pour autant permettre d'atteindre des allongements structuraux élevés et, d'autre part, altère les monofilaments métalliques ainsi préformés en raison des frottements avec les outils de préformation. Une telle altération crée des amorces de ruptures en surface des monofilaments métalliques et est donc néfaste pour l'endurance des monofilaments métalliques, notamment pour leur endurance en compression. L'absence ou la présence de telles marques de préformation est observable au microscope électronique à l'issue du procédé de fabrication, ou bien plus simplement, en connaissant le procédé de fabrication du câble.

[0073] En raison du procédé utilisé, chaque élément filaire métallique du câble est dépourvu de marque de préformation. De telles marques de préformation comprennent notamment des méplats. Les marques de préformations comprennent également des fissures s'étendant dans des plans de coupe sensiblement perpendiculaires à l'axe principal selon lequel s'étend chaque élément filaire métallique. De telles fissures s'étendent, dans un plan de coupe sensiblement perpendiculaire à l'axe principal, depuis une surface radialement externe de chaque élément filaire métallique radialement vers l'intérieur de chaque élément filaire métallique. Comme décrits ci-dessus, de telles fissures sont initiées par les outils mécaniques de préformation en raison des efforts en flexion, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe principal de chaque élément filaire métallique, ce qui les rend très néfastes pour l'endurance. A l'inverse, dans le procédé décrit dans WO2016083265 et WO2016083267 dans lequel les éléments filaires métalliques sont préformés collectivement et simultanément sur un noyau transitoire, les efforts de préformations sont exercés en torsion et donc non perpendiculairement à l'axe principal de chaque élément filaire métallique. Les éventuelles fissures créées s'étendent non pas radialement depuis la surface radialement externe de chaque élément filaire métallique radialement vers l'intérieur de chaque élément filaire métallique mais le long de la surface radialement externe de chaque élément filaire métallique ce qui les rend peu néfastes pour l'endurance.

[0074] Avantagusement, le câble présente un diamètre D tel que $D \leq 6,00$ mm et de préférence $D \leq 5,00$ mm.

[0075] Le diamètre ou diamètre apparent, noté D, est mesuré en calant le câble entre deux barreaux parfaitement rectilignes de longueur 200 mm et en mesurant l'espacement dans lequel le câble est enchâssé moyennant le comparateur décrit ci-après. on peut citer par exemple le modèle JD50/25 de la marque KAEFER permettant d'atteindre une précision de 1/100 de millimètre, équipé de touche type a, et ayant une pression de contact proche de 0,6N. Le protocole de mesure consiste en trois répétitions d'une série de trois mesures (effectuées perpendiculairement à l'axe du câble et sous tension nulle)

[0076] Dans un mode de réalisation, chaque élément filaire métallique comprend un unique monofilament métallique. Ici, chaque élément filaire métallique est avantagusement constitué d'un monofilament métallique. Dans une variante de ce mode de réalisation, le monofilament métallique est directement revêtu d'une couche d'un revêtement métallique comprenant du cuivre, du zinc, de l'étain, du cobalt ou un alliage de ces métaux, par exemple le laiton ou le bronze. Dans cette variante, chaque élément filaire métallique est alors constitué du monofilament métallique, par exemple en acier, formant une âme, directement revêtu de la couche de revêtement métallique.

[0077] Dans ce mode de réalisation, chaque monofilament élémentaire métallique est, comme décrit-ci-dessus, de préférence en acier, et présente une résistance mécanique allant de 1000 MPa à 5000 MPa. De telles résistances mécaniques correspondent aux grades d'acier couramment rencontrés dans le domaine du pneumatique, à savoir, les grades NT (Normal Tensile), HT (High Tensile), ST (Super Tensile), SHT (Super High Tensile), UT (Ultra Tensile), UHT (Ultra High Tensile) et MT (Mega Tensile), l'utilisation de résistances mécaniques élevées permettant éventuellement

un renforcement amélioré de la matrice dans laquelle le câble est destiné à être noyé et un allègement de la matrice ainsi renforcée.

[0078] Avantageusement, la couche est constituée de N torons enroulés en hélice, N va de 2 à 6.

[0079] Le procédé d'assemblage des N torons est mis en oeuvre par câblage. Par câblage, on entend que les torons ne subissent pas de torsion autour de leur propre axe, en raison d'une rotation synchrone avant et après le point d'assemblage. Ceci a pour avantage principal d'augmenter la ductilité des câbles mais aussi d'aller chercher une force à rupture plus importante que celles des torons opencord seuls.

[0080] Dans un premier mode de réalisation permettant un réassemblage partiel des M' éléments filaires métalliques, l'étape de séparation et l'étape de réassemblage sont réalisées de sorte que $M1' + M2' < M'$.

[0081] Dans un deuxième mode de réalisation permettant un réassemblage total des M' éléments filaires métalliques, l'étape de séparation et l'étape de réassemblage sont réalisées de sorte que $M1' + M2' = M'$.

[0082] Les caractéristiques avantageuses décrites ci-dessous s'appliquent indifféremment au procédé des premier et deuxième modes tel que défini ci-dessus.

[0083] De préférence, $M = M1' + M2'$ va de 3 à 18 et de préférence de 4 à 15.

[0084] Avantageusement, afin de faciliter la sortie du noyau transitoire dans les modes de réalisation dans lesquels le noyau transitoire est séparé en deux parties allant chacune avec les premier et deuxième assemblages fractionnés:

- $M1' = 1, 2$ ou 3 et $M2' = 1, 2$ ou 3 dans les cas où $M' = 4$ ou $M' = 5$ et
- $M1' \leq 0,75 \times M'$ dans les cas où $M' \geq 6$.
- $M2' \leq 0,75 \times M'$ dans les cas où $M' \geq 6$.

[0085] Afin de faciliter encore davantage la sortie du noyau transitoire dans les modes de réalisation dans lesquels le noyau transitoire est séparé en deux parties allant chacune avec les premier et deuxième assemblages dans les cas où $M' \geq 6$, $M1' \leq 0,70 \times M'$ et $M2' \leq 0,70 \times M'$.

[0086] De façon très préférentielle, l'étape de fourniture de l'assemblage transitoire comprend une étape d'assemblage par retordage des $M' > 1$ éléments filaires métalliques enroulés en hélice autour du noyau transitoire.

[0087] Avantageusement, l'étape de fourniture de l'assemblage transitoire comprend une étape d'équilibrage de l'assemblage transitoire. Ainsi, l'étape d'équilibrage étant réalisée sur l'assemblage transitoire comprenant les M' éléments filaires métalliques et le noyau transitoire, l'étape d'équilibrage est implicitement réalisée en amont de l'étape de séparation entre les premier et deuxième assemblages fractionnés. On évite d'avoir à gérer la torsion résiduelle imposée lors de l'étape d'assemblage de l'assemblage transitoire lors du trajet des différents assemblages en aval de l'étape d'assemblage, notamment dans les moyens de guidage, par exemple les poulies.

[0088] Avantageusement, le procédé comprend une étape d'équilibrage de l'assemblage final en aval de l'étape de réassemblage.

[0089] Avantageusement, le procédé comprend une étape d'entretien de la rotation de l'assemblage final autour de sa direction de défilement. On réalise cette étape d'entretien de la rotation en aval de l'étape de séparation de l'assemblage transitoire et en amont de l'étape d'équilibrage de l'assemblage final.

[0090] De préférence, le procédé est dépourvu d'étapes de préformation individuelle de chacun des éléments filaires métalliques. Dans les procédés de l'état de la technique utilisant une étape de préformation individuelle de chacun des éléments filaires métalliques, ces derniers se voient imposés une forme par des outils de préformation, par exemple des galets, ces outils créant des défauts à la surface des éléments filaires métalliques. Ces défauts réduisent notablement l'endurance des éléments filaires métalliques et donc de l'assemblage final.

[0091] De façon très préférée, le noyau transitoire est un élément filaire métallique. Dans un mode de réalisation préféré, le noyau transitoire est un monofilament métallique. Ainsi, on contrôle très précisément le diamètre de l'espace entre les éléments filaires métalliques et donc les caractéristiques géométriques de l'assemblage final au contraire d'un noyau transitoire réalisé dans un matériau textile, par exemple polymérique, dont la compressibilité peut engendrer des variations des caractéristiques géométriques de l'assemblage final.

[0092] Dans d'autres modes de réalisation également avantageux, le noyau transitoire est un élément filaire textile. Un tel élément filaire textile comprend au moins un brin textile multifilamentaires ou, en variante, est constitué d'un monofilament textile. Les filaments textiles pouvant être utilisés sont choisis parmi les polyesters, les polycétones, les polyamides aliphatiques ou aromatiques et les mélanges de filaments textiles de ces matériaux. Ainsi, on réduit les risques de casse du noyau transitoire engendrés par les frottements des éléments filaires métalliques sur le noyau transitoire ainsi que par les torsions imposées au noyau transitoire.

PRODUIT RENFORCE SELON L'INVENTION

[0093] L'invention a également pour objet un produit renforcé comprenant une matrice polymérique et au moins un câble extrait tel que défini ci-dessus.

[0094] Avantageusement, le produit renforcé comprend un ou plusieurs câbles selon l'invention noyés dans la matrice polymérique, et dans le cas de plusieurs câbles, les câbles sont agencés côte à côte selon une direction principale.

PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[0095] L'invention a également pour objet un pneumatique comprenant au moins un câble extrait tel que défini ci-dessus ou un produit renforcé tel que défini ci-dessus.

[0096] De préférence, le pneumatique comporte une armature de carcasse ancrée dans deux bourrelets et surmontée radialement par une armature de sommet elle-même surmontée d'une bande de roulement, l'armature de sommet étant réunie auxdits bourrelets par deux flancs et comportant au moins un câble tel que défini ci-dessus.

[0097] Dans un mode de réalisation préféré, l'armature de sommet comprend une armature de protection et une armature de travail, l'armature de travail comprenant au moins un câble tel que défini ci-dessus, l'armature de protection étant radialement intercalée entre la bande de roulement et l'armature de travail.

[0098] 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.

[0099] De manière préférentielle, le pneumatique est pour véhicule de type génie civil. Ainsi, le pneumatique présente une dimension dans laquelle le diamètre, en pouces, du siège de la jante sur laquelle le pneumatique est destiné à être monté est supérieur ou égal à 30 pouces.

[0100] L'invention concerne également un article de caoutchouc comprenant un assemblage selon l'invention, ou un assemblage imprégné selon l'invention. Par article de caoutchouc, on entend tout type d'article de caoutchouc tel qu'un ballon, un objet non pneumatique tel qu'un bandage non pneumatique, une bande transporteuse ou une chenille.

[0101] L'invention sera mieux comprise à la lecture des exemples qui vont suivre, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs 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 ;
- la figure 3 est une vue en coupe d'un produit renforcé selon l'invention ;
- la figure 4 illustre une partie de la courbe contrainte-allongement d'un câble (50) selon l'invention ;
- la figure 5 est une vue schématique en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos) d'un câble (50) selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 est une vue analogue à celle de la figure 5 d'un câble (60) selon un deuxième mode de réalisation l'invention ;
- la figure 7 est une représentation schématique de l'effet de la déformabilité du câble (50) de la figure 5 sous faible charge de traction grâce au jeu radial des fils ;

et les figures 8 et 9 sont des représentations schématiques du procédé selon l'invention permettant de fabriquer le câble (50) de la figure 5.

EXEMPLE DE PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[0102] Dans les figures 1 et 2, on a représenté un repère X, Y, Z correspondant aux orientations habituelles respectivement axiale (X), radiale (Y) et circonférentielle (Z) d'un pneumatique.

[0103] 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.

[0104] On a représenté sur les figures 1 et 2 un pneumatique selon l'invention et désigné par la référence générale P.

[0105] Le pneumatique P est pour véhicule lourd de type génie civil, par exemple de type « dumper ». Ainsi, le pneumatique P présente une dimension de type 53/80R63.

[0106] Le pneumatique P comporte un sommet 12 renforcé par une armature de sommet 14, deux flancs 16 et deux bourrelets 18, chacun de ces bourrelets 18 étant renforcé avec une structure annulaire, ici une tringle 20. L'armature de sommet 14 est surmontée radialement d'une bande de roulement 22 et réunie aux bourrelets 18 par les flancs 16. Une 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.

[0107] L'armature de carcasse 24 comprend au moins une nappe de carcasse 30 renforcée par des câbles de carcasse radiaux (non représentés). Les câbles de carcasse sont agencés sensiblement parallèlement les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet 18 à l'autre de manière à former un angle compris entre 80° et 90° avec le plan circonférentiel médian M (plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique qui est situé à mi-distance des deux bourrelets 18

et passe par le milieu de l'armature de sommet 14).

[0108] Le pneumatique P comprend également une nappe d'étanchéité 32 constituée d'un élastomère (communément appelée gomme intérieure) qui définit la face radialement interne 34 du pneumatique P et qui est destinée à protéger la nappe de carcasse 30 de la diffusion d'air provenant de l'espace intérieur au pneumatique P.

[0109] L'armature de sommet 14 comprend, radialement de l'extérieur vers l'intérieur du pneumatique P, une armature de protection 36 agencée radialement à l'intérieur de la bande de roulement 22, une armature de travail 38 agencée radialement à l'intérieur de l'armature de protection 36 et une armature additionnelle 40 agencée radialement à l'intérieur de l'armature de travail 38. L'armature de protection 36 est ainsi radialement intercalée entre la bande de roulement 22 et l'armature de travail 38. L'armature de travail 38 est radialement intercalée entre l'armature de protection 36 et l'armature additionnelle 40.

[0110] L'armature de protection 36 comprend des première et deuxième nappes de protection 42, 44 comprenant des câbles métalliques de protection, la première nappe 42 étant agencée radialement à l'intérieur de la deuxième nappe 44. De façon optionnelle, les câbles métalliques de protection font un angle au moins égal à 10°, de préférence allant de 10° à 35° et préférentiellement de 15° à 30° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique.

[0111] L'armature de travail 38 comprend des première et deuxième nappes de travail 46, 48, la première nappe 46 étant agencée radialement à l'intérieur de la deuxième nappe 48. Chaque nappe 46, 48 comprend au moins un câble 50. De façon optionnelle, les câbles métalliques 50 de travail sont croisés d'une nappe de travail à l'autre et font un angle au plus égal à 60°, de préférence allant de 15° à 40° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique.

[0112] L'armature additionnelle 40, également appelée bloc limiteur, dont la fonction est de reprendre en partie les sollicitations mécaniques de gonflage, comprend, par exemple et de façon connue en soi, des éléments de renfort métalliques additionnels, par exemple tels que décrits dans FR 2 419 181 ou FR 2 419 182 faisant un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique P.

EXEMPLE DE PRODUIT RENFORCE SELON L'INVENTION

[0113] On a représenté sur la figure 3 un produit renforcé selon l'invention et désigné par la référence générale R. Le produit renforcé R comprend au moins un câble 50', en l'espèce plusieurs câbles 50', noyés dans la matrice polymérique Ma.

[0114] Sur la figure 3, on a représenté la matrice polymérique Ma, les câbles 50' dans un repère X, Y, Z dans lequel la direction Y est la direction radiale et les directions X et Z sont les directions axiale et circonférentielle. Sur la figure 3, le produit renforcé R comprend plusieurs câbles 50 agencés côte à côte selon la direction principale X et s'étendant parallèlement les uns aux autres au sein du produit renforcé R et noyés collectivement dans la matrice polymérique Ma. Ici, la matrice polymérique Ma est une matrice élastomérique à base d'une composition élastomérique.

CABLE SELON UN PREMIER MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0115] On a représenté sur la figure 5 le câble 50 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0116] Chaque élément de renfort de protection 43, 45 et chaque élément de renfort de fretage 53, 55 est formé, après extraction du pneumatique 10, par un câble extrait 50' tel que décrit ci-dessous. Le câble 50 est obtenu par noyage dans une matrice polymérique, en l'espèce dans une matrice polymérique formant respectivement chaque matrice polymérique de chaque nappe de protection 42, 44 et de chaque couche de fretage 52, 54 dans laquelle sont noyés respectivement les éléments de renfort de protection 43, 45 et de fretage 53, 55.

[0117] Le câble 50 et le câble extrait 50' sont métalliques à une seule couche.

[0118] Le câble 50 ou le câble 50' comprend une couche de structure 1xN comprenant une unique couche 52 de N = 3 torons 54 enroulés en hélice autour d'un axe principal (A), chaque toron 54 étant à une couche 56 de fils métalliques F1 et comprenant M>1 fils métalliques enroulés en hélice autour d'un axe (B), avec ici M=5.

[0119] Comme décrit précédemment, on détermine la valeur At en traçant une courbe contrainte-allongement du câble 50 en appliquant la norme ASTM D2969-04 de 2014.

[0120] Le câble 50 présente un allongement total At > 8,10 %, de préférence At ≥ 8,30 % et plus préférentiellement At ≥ 8,50% et l'allongement total At ≤ 20,00 % et de préférence At ≤ 16,00%.ici At=13,4%.

[0121] Comme décrit précédemment, de cette courbe contrainte allongement, on en déduit l'aire sous cette courbe. On a représenté sur la figure 4 la méthode des rectangles pour déterminer l'indicateur d'énergie à rupture du câble 50.

[0122] L'indicateur d'énergie à rupture Er du câble 50 est tel que
$$Er = \int_0^{At} \sigma(Ai) \times dAi$$
 qui est sensiblement

égal à
$$\sum_{0\%}^{13,4\%} 1/2 (\sigma(Ai) + \sigma(Ai + 1)) \times 0,025\% = 89 \text{ MJ/m}^3$$
 qui est strictement supérieur à 52 MJ/m³, de préférence supérieur ou égal à 55 MJ/m³ et inférieur ou égal à 200 MJ/m³ et de préférence inférieur ou égal à 150 MJ/m³.

[0123] Le câble 50 présente un allongement structural A_s tel que $A_s > 4,30\%$, de préférence $A_s \geq 4,50\%$ et plus préférentiellement $A_s \geq 4,60\%$ et tel que $A_s \leq 10,0\%$ et de préférence $A_s \leq 9,50\%$. Ici $A_s = 9,3\%$.

[0124] Le câble 50 présente un module sécant E_1 allant de 3,0 à 10,0 GPa et de préférence allant de 3,5 à 8,5 GPa. Ici $E_1 = 4,0$ GPa

Le câble 50 présente un module tangent E_2 allant de 50 à 180 GPa et de préférence de 55 à 150 GPa. Ici $E_2 = 73$ GPa.

[0125] Le câble extrait 50' présente un allongement total $A_{t'} > 5,00\%$ et de préférence $A_{t'} \geq 5,20\%$. Ici $A_{t'} = 10,0\%$.

[0126] L'indicateur d'énergie à rupture E_r' du câble extrait 50' est tel que $E_r' = \int_0^{A_{t'}} \sigma(A_i) \times dA_i$ qui est sensiblement

égal à $\sum_{0\%}^{10,0\%} 1/2 (\sigma(A_i) + \sigma(A_i + 1)) \times 0,025\% = 82$ MJ/m³ qui est strictement supérieur à 35 MJ/m³, de préférence supérieur ou égal à 40 MJ/m³.

[0127] Les torons 54 définissent une voûte interne 59 des câbles 50 ; 50' de diamètre D_v , chaque toron 54 présentant un diamètre D_t et un rayon de courbure d'hélice R_t défini par $R_t = P_e / (\pi \times \sin(2\alpha_e)) = 80 / (\pi \times \sin(2 \times 5,3 \times \pi / 180)) = 138$ mm.

$$R_t / D_t = 138 / 2,03 = 68 \leq 180 \text{ et } 68 \geq 25.$$

$$D_v / D_t = 0,32 / 2,03 = 0,16 \leq 0,50 \text{ et } 0,16 \geq 0,10.$$

[0128] Les éléments filaires métalliques F1 de chaque toron 52 définissent une voûte interne 58 du toron 52 de diamètre D_{vt} , chaque élément filaire métallique F1 présente un diamètre D_f et un rayon de courbure d'hélice R_f défini par $R_f = P / (\pi \times \sin(2\alpha)) = 10,4 / (\pi \times \sin(2 \times 25,8 \times \pi / 180)) = 4,2$ mm.

$$R_f / D_f = 4,2 / 0,46 = 9 \leq 30.$$

$$D_{vt} / D_f = 1,12 / 0,46 = 2,46 \leq 4,50 \text{ et } 2,46 \geq 1,30.$$

PROCEDE DE FABRICATION DU CABLE SELON L'INVENTION

[0129] Nous allons maintenant décrire un exemple de procédé de fabrication du câble multi-torons 50 tel que représenté sur les figures 8 et 9.

[0130] Tout d'abord, on déroule les éléments filaires F1 et le noyau transitoire 16 depuis les moyens d'alimentation.

[0131] Puis, le procédé comprend une étape 100 de fourniture de l'assemblage transitoire 22 comprenant d'une part une étape d'assemblage par retordage des M' éléments filaires métalliques F1 en une unique couche de M' éléments filaires métalliques F1 autour du noyau transitoire 16 et d'autre part, une étape d'équilibrage de l'assemblage transitoire 22 réalisée grâce à un finiister.

[0132] Le procédé comprend une étape 110 de séparation de l'assemblage transitoire 22 entre le premier assemblage fractionné 25, le deuxième assemblage fractionné 27 et le noyau transitoire 16 ou un ou plusieurs ensembles comprenant le noyau transitoire 16, ici le noyau transitoire 16.

[0133] En aval des moyens de fourniture 11, l'étape de séparation 110 de l'assemblage transitoire 22 entre le premier assemblage fractionné 25, le deuxième assemblage fractionné 27 et le noyau transitoire 16 comprend une étape 120 de séparation de l'assemblage transitoire 22 entre l'ensemble précurseur, le deuxième assemblage fractionné 27 et enfin le noyau transitoire 16.

[0134] En aval de l'étape de séparation 122, l'étape de séparation 120 de l'assemblage transitoire entre l'ensemble précurseur et l'ensemble fractionné comprend une étape 124 de séparation de l'ensemble fractionné entre le deuxième assemblage fractionné 27 et le noyau transitoire 16. Ici, l'étape de séparation 124 comprend une étape de fractionnement de l'ensemble fractionné en le deuxième assemblage fractionné 27, le noyau transitoire 16 et l'ensemble complémentaire.

[0135] En aval de l'étape de fourniture 100, l'étape de séparation 110 de l'assemblage transitoire entre le premier assemblage fractionné 25, le deuxième assemblage fractionné 27 et le noyau transitoire 16 comprend une étape 130 de séparation de l'ensemble précurseur entre le premier assemblage fractionné 25 et l'ensemble complémentaire.

[0136] En aval des étapes de séparation 110, 120, 124 et 130, le procédé comprend une étape 140 de réassemblage du premier assemblage fractionné 25 avec le deuxième assemblage fractionné 27 pour former le toron 54. Dans ce mode de réalisation, l'étape de réassemblage 140 est une étape de réassemblage du premier assemblage fractionné 25 avec le deuxième assemblage fractionné 27 pour former le toron 54 et comprenant M>1 fils métalliques F1, avec M

va de 3 à 18 et de préférence de 4 à 15, ici $M=5$.

[0137] Dans ce mode de réalisation, l'étape de fourniture 100, l'étape de séparation 110 et l'étape de réassemblage 140 sont réalisées de sorte que tous les M' éléments filaires métalliques F1 présentent le même diamètre D_f , sont enroulés en hélice selon le même pas P et présentent le même rayon de courbure d'hélice R_f décrits précédemment.

[0138] Dans ce mode de réalisation permettant un réassemblage partiel des M' éléments filaires métalliques, l'étape de séparation 110 et l'étape réassemblage 140 sont réalisées de sorte que $M1'+M2'<M'$. Ici $M1'=1$ et $M2'=4$, $M1'+M2'=5<8$. On notera enfin que $M1' \leq 0,70 \times M' = 0,70 \times 8 = 5,6$ et $M2' \leq 0,70 \times M' = 0,70 \times 8 = 5,6$.

[0139] On réalise une étape d'équilibrage final.

[0140] Enfin, on stocke le toron 54 sur une bobine de stockage. On fabrique de la même façon N torons 54.

[0141] Concernant le noyau transitoire 16, le procédé comprend une étape de recyclage du noyau transitoire 16. Durant cette étape de recyclage, on récupère le noyau transitoire 16 en aval de l'étape de séparation 110, ici en aval de l'étape de séparation 124, et on introduit le noyau transitoire 16 récupéré précédemment en amont de l'étape d'assemblage. Cette étape de recyclage est continue.

[0142] On notera que le procédé ainsi décrit est dépourvu d'étapes de préformation individuelle de chacun des éléments filaires métalliques F1.

[0143] On réalise une étape 300 d'assemblage des N torons 54 par câblage pour former le câble 50. Ici $N=3$.

[0144] On notera que le procédé ainsi décrit est dépourvu d'étapes de préformation individuelle de chacun des torons 54.

CABLE SELON UN DEUXIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0145] On a représenté sur la figure 6 le câble 60 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0146] A la différence du premier mode de réalisation décrit précédemment, le câble 60 selon le deuxième mode de réalisation est tel que $N=4$.

[0147] On a résumé dans les tableaux 1, 2 et 3 ci-dessous les caractéristiques pour les différents câbles 50, 50', 60, 60', 51, 52, 53, 53', 54 selon l'invention et pour les câbles de l'état de la technique EDT1, EDT1', EDT2 et EDT2'.

TESTS COMPARATIFS

Evaluation de l'allongement total et de l'indicateur d'énergie à rupture des câbles

[0148] On a tracé les courbes contrainte-allongement des câbles en appliquant la norme ASTM D2969-04 de 2014 et on a déterminé l'allongement total et l'indicateur d'énergie à rupture pour les différents câbles 50, 50', 60, 60', 51, 52, 53, 53', 54 selon l'invention et pour les câbles de l'état de la technique EDT1, EDT1', EDT2 et EDT2'.

[0149] Dans le tableau 3, la mention « NA » signifie que la grandeur n'a pas été mesurée.

[Tableau 1]

Câbles	50	50'	60	60'
N/ sens câble	3/S	3/S	4/Z	4/Z
sens toron 54	S	S	S	S
M'	8	8	8	8
M	5	5	5	5
R_f (mm)	4,2	4,2	4,2	4,2
P (mm)	10,4	10,4	10,4	10,4
α (°)	25,8	25,8	25,8	25,8
D_f (mm)	0,46	0,46	0,46	0,46
D_{vt} (mm)	1,12	1,12	1,12	1,12
R_f/D_f	9	9	9	9
D_{vt}/D_f	2,46	2,46	2,46	2,46
R_t (mm)	138	138	113	113
P_e (mm)	80	80	80	80

EP 4 087 970 B1

(suite)

Câbles	50	50'	60	60'
αe (°)	5,3	5,3	6,5	6,5
Dt(mm)	2,03	2,03	2,03	2,03
Dv(mm)	0,32	0,32	0,86	0,86
Rt/Dt	68	68	56	56
Dv/Dt	0,16	0,16	0,42	0,42
E1 (GPa)	4,0	-	3,8	-
ML (g/m)	21,3	21,3	28,5	28,5
E2 (GPa)	73	39	59	33
At %	13,4	-	13,8	-
At' %	-	10,0	-	10,1
Er (MJ/m ³)	89	-	88	-
Er' (MJ/m ³)	-	82	-	83
As %	9,3	-	9,4	-
D (mm)	4,38	4,38	4,92	4,92

[Tableau 2]

Câbles	51	52	53	53'	54
N/sens câble	3/Z	3/Z	3/Z	3/Z	3/Z
sens toron 54	S	S	S	S	S
M'	8	8	8	8	7
M	6	7	8	8	5
Rf(mm)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,8
P (mm)	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
α (°)	25,8	25,8	25,8	25,8	21,8
Df(mm)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Dvt(mm)	1,12	1,12	1,12	1,12	0,84
Rf/Df	9	9	9	9	10
Dvt/Df	2,46	2,46	2,46	2,46	1,85
Rt(mm)	138	138	138	138	159
Pe (mm)	80	80	80	80	80
αe (°)	5,3	5,3	5,3	5,3	4,6
Dt(mm)	2,03	2,03	2,03	2,03	1,75
Dv(mm)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,28
Rt/Dt	68	68	68	68	91
Dv/Dt	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
E1 (GPa)	3,9	4,3	8,0	-	7,1
ML (g/m)	25,5	29,4	33,4	33,4	20,4

EP 4 087 970 B1

(suite)

Câbles	51	52	53	53'	54
E2 (GPa)	85	94	106	53	95
At %	11,9	8,9	8,5	-	9,0
At' %	-	-	-	5,9	-
Er (MJ/m ³)	82	63	56	-	72
Er' (MJ/m ³)	-	-	-	48	-
As %	7,8	6,0	4,6	-	5,6
D (mm)	4,38	4,38	4,38	4,38	3,78

[Tableau 3]

Câbles	EDT1	EDT1'	EDT2	EDT2'
N/sens câble	4/S	4/S	4/S	4/S
sens torons	S	S	S	S
M'	-	-	-	-
M	3	3	4	4
V	8	8	9	9
Rf(mm)	NA	NA	NA	NA
P1 (mm)	6,7	6,7	5,1	5,1
P2 (mm)	10	10	7,5	7,5
α (°)	NA	NA	NA	NA
Df(mm)	0,35	0,35	0,26	0,26
Dvt(mm)	NA	NA	NA	NA
Rf/Df	NA	NA	NA	NA
Dvt/Df	NA	NA	NA	NA
Rt(mm)	9	9	6,3	6,3
Pe (mm)	20	20	15	15
α_e (°)	22,5	22,5	24,8	24,8
Dt(mm)	1,48	1,48	1,15	1,15
Dv(mm)	0,84	0,84	0,80	0,80
Rt/Dt	6,1	6,1	5,4	5,4
Dv/Dt	0,57	0,57	0,70	0,70
E1 (GPa)	1,0	-	1,0	-
ML (g/m)	35,8	35,8	23,1	23,1
E2 (GPa)	104	81	81	68
At %	6,0	-	8,1	-
At' %	-	3,4	-	4,7
Er (MJ/m ³)	44	-	52	-
Er' (MJ/m ³)	-	30	-	31

(suite)

Câbles	EDT1	EDT1'	EDT2	EDT2'
As %	2,8	-	4,3	-
D (mm)	3,80	3,80	3,10	3,10

[0150] Les tableaux 1, 2 et 3 montrent que, les câbles 50, 50', 60, 60', 51, 52, 53, 53', 54 selon l'invention présentent à la fois un indicateur d'énergie à rupture amélioré et présentent une meilleure déformabilité par rapport aux câbles de l'état de la technique EDT1, EDT1', EDT2 et EDT2'.

[0151] Ainsi, les câbles selon l'invention permettent de résoudre les problèmes évoqués en préambule.

[0152] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation précédemment décrits.

Revendications

1. Câble (50) multi-torons présentant une structure 1xN comprenant une unique couche (52) de N torons (54) enroulés en hélice autour d'un axe principal (A), chaque toron (54) étant à une couche (56) de fils métalliques (F1) et comprenant M>1 fils métalliques enroulés en hélice autour d'un axe (B), dans lequel :

- le câble (50) présente un allongement total $At > 8,10 \%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014 ; et **caractérisé en ce que** :

- l'indicateur d'énergie à rupture Er du câble (50) défini par $Er = \int_0^{At} \sigma(Ai) \times dAi$ avec $\sigma(Ai)$ étant la contrainte de traction en MPa mesurée à l'allongement Ai et dAi étant l'allongement tel que Er est strictement supérieur à 52 MJ/m^3 .

2. Câble (50) selon la revendication précédente, dans lequel l'allongement total $At \geq 8,30 \%$ et de préférence $At \geq 8,50 \%$.

3. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'indicateur d'énergie à rupture Er du câble (50) est supérieur ou égal à 55 MJ/m^3 .

4. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant un allongement structural As déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014 tel que $As > 4,30 \%$, de préférence $As \geq 4,50 \%$ et plus préférentiellement $As \geq 4,60 \%$.

5. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant un module sécant $E1$ allant de 3,0 à 10,0 GPa et de préférence allant de 3,5 à 8,5 GPa.

6. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant un module tangent $E2$ allant de 50 à 180 GPa et de préférence de 55 à 150 GPa.

7. Câble extrait (50') d'une matrice polymérique, le câble extrait (50') présentant structure 1xN comprenant une unique couche (52) de N torons (54) enroulés en hélice autour d'un axe principal (A), chaque toron (54) étant à une couche (56) de fils métalliques (F1) et comprenant M>1 fils métalliques enroulés en hélice autour d'un axe (B), dans lequel :

- le câble extrait (50') présente un allongement total $At' \geq 5,00 \%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014, et **caractérisé en ce que** :

- l'indicateur d'énergie à rupture Er' du câble extrait (50') défini par $Er' = \int_0^{At'} \sigma(Ai) \times dAi$ avec $\sigma(Ai)$ étant la contrainte de traction en MPa mesurée à l'allongement Ai et dAi étant l'allongement tel que Er' est strictement supérieur à 35 MJ/m^3 .

8. Câble extrait (50') selon la revendication précédente, dans lequel l'allongement total At' est tel que $At' \geq 5,20 \%$.

9. Câble extrait (50') selon la revendication 7 ou 8, dans lequel l'indicateur d'énergie à rupture Er' du câble (50) est supérieur ou égal à 40 MJ/m^3 .

10. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou câble extrait(50') selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel les torons (54) définissent une voûte interne (59) du câble (50) ou du câble extrait(50') de diamètre D_v , chaque toron (54) présentant un diamètre D_t et un rayon de courbure d'hélice R_t défini par $R_t = P_e / (\pi \times \sin(2\alpha_e))$ avec P_e le pas de chaque toron exprimé en millimètres et α_e l'angle d'hélice de chaque toron (54), D_v , D_t et R_t étant exprimés en millimètres, le câble (50) ou le câble extrait(50') satisfaisant les relations suivantes : $25 \leq R_t / D_t \leq 180$ et $0,10 \leq D_v / D_t \leq 0,50$.

11. Câble (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou câble extrait(50') selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel les éléments filaires métalliques (F1) définissant une voûte interne (58) du toron (52) de diamètre D_{vt} , chaque élément filaire métallique (F1) présentant un diamètre D_f et un rayon de courbure d'hélice R_f défini par $R_f = P / (\pi \times \sin(2\alpha))$ avec P le pas de chaque élément filaire métallique exprimé en millimètres et α l'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique (F1), D_{vt} , D_f et R_f étant exprimés en millimètres, le câble (50) ou le câble extrait(50') satisfaisant les relations suivantes : $9 \leq R_f / D_f \leq 30$, et $1,30 \leq D_{vt} / D_f \leq 4,50$.

12. Procédé de fabrication d'un câble (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 et 10 et 11, **caractérisé en ce qu'il comprend** :

- une étape de fabrication (200) de N torons (54) par :

- une étape (100) de fourniture d'un assemblage transitoire (22) comprenant une couche constituée de $M' > 1$ fils métalliques (F1) enroulés en hélice autour d'un noyau transitoire (16) ;
- une étape (110) de séparation de l'assemblage transitoire (22) entre :

- un premier assemblage fractionné (25) comprenant une couche (26) constituée de $M_1' \geq 1$ fil(s) métallique(s) (F1) enroulé(s) en hélice, le ou les M_1' fil(s) métallique(s) (F1) étant issu(s) de la couche constituée de $M' > 1$ fils métalliques (F1) de l'assemblage transitoire (22),

- un deuxième assemblage fractionné (27) comprenant une couche (28) constituée de $M_2' > 1$ fils métalliques (F1) enroulés en hélice, les M_2' fils métalliques (F1) étant issus de la couche constituée de $M' > 1$ fils métalliques (F1) de l'assemblage transitoire (22),

- le noyau transitoire (16) ou un ou plusieurs ensembles (83) comprenant le noyau transitoire (16),

- une étape (140) de réassemblage du premier assemblage fractionné (25) avec le deuxième assemblage fractionné (27) pour former un toron (52) à une couche de fils métalliques (F1) et comprenant $M > 1$ fils métalliques (F1) ;

- une étape d'assemblage (300) des N torons (54) par câblage pour former le câble (50).

13. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel M va de 3 à 18 et de préférence de 4 à 15.

14. Produit renforcé (R), **caractérisé en ce qu'il** comprend une matrice polymérique (Ma) et au moins un câble extrait (50') selon l'une quelconque des revendications 7 à 11.

15. Pneumatique (P), **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un câble extrait (50') selon l'une quelconque des revendications 7 à 11 ou un produit renforcé selon la revendication 14.

Patentansprüche

1. Seil (50) mit mehreren Litzen, das eine 1xN-Struktur aufweist, die eine einzige Lage (52) aus N Litzen (54) beinhaltet, die schraubenförmig um eine Hauptachse (A) gewickelt sind, wobei jede Litze (54) eine Lage (56) aus Metalldrähten (F1) aufweist und $M > 1$ schraubenförmig um eine Achse (B) gewickelte Metalldrähte beinhaltet, wobei:

- das Seil (50) eine durch die Norm ASTM D2969-04 von 2014 bestimmte Gesamtdehnung $A_t > 8,10\%$ aufweist; und **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- der Bruchenergieindikator E_r des Seils (50), der durch
$$E_r = \int_0^{A_t} \sigma(A_i) \times dA_i$$
 definiert ist, wobei $\sigma(A_i)$ die bei der Dehnung A_i gemessene Zugspannung in MPa ist und dA_i die Dehnung ist, sodass E_r strikt größer als 52 MJ/m^3 ist.

2. Seil (50) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Gesamtdehnung $A_t \geq 8,30\%$ ist und bevorzugt $A_t \geq 8,50\%$ ist.

3. Seil (50) nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bruchenergieindikator E_r des Seils (50) größer als oder gleich 55 MJ/m^3 ist.

4. Seil (50) nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, das eine durch die Norm ASTM D2969-04 von 2014 bestimmte strukturelle Dehnung A_s aufweist, derart, dass $A_s > 4,30\%$ ist, bevorzugt $A_s \geq 4,50\%$ ist und bevorzugt $A_s \geq 4,60\%$ ist.

5. Seil (50) nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, das einen Sekantenmodul E_1 aufweist, der von 3,0 bis 10,0 GPa und bevorzugt von 3,5 bis 8,5 GPa reicht.

6. Seil (50) nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, das einen Tangentenmodul E_2 aufweist, der von 50 bis 180 GPa und bevorzugt von 55 bis 150 GPa reicht.

7. Aus einer Polymermatrix extrahiertes Seil (50'), wobei das extrahierte Seil (50') eine 1xN-Struktur aufweist, die eine einzige Lage (52) aus N Litzen (54) beinhaltet, die schraubenförmig um eine Hauptachse (A) gewickelt sind, wobei jede Litze (54) eine Lage (56) aus Metalldrähten (F1) aufweist und $M > 1$ schraubenförmig um eine Achse (B) gewickelte Metalldrähte beinhaltet, wobei:

- das extrahierte Seil (50') eine durch die Norm ASTM D2969-04 von 2014 bestimmte Gesamtdehnung $A_t' \geq 5,00\%$ aufweist und **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- der Bruchenergieindikator E_r' des extrahierten Seils (50'), der durch $E_r' = \int_0^{A_t'} \sigma(A_i) \times dA_i$ definiert ist, wobei $\sigma(A_i)$ die bei der Dehnung A_i gemessene Zugspannung in MPa ist und dA_i die Dehnung ist, sodass E_r' strikt größer als 35 MJ/m^3 ist.

8. Extrahiertes Seil (50') nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Gesamtdehnung A_t' derart ist, dass $A_t' \geq 5,20\%$ ist.

9. Extrahiertes Seil (50') nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Bruchenergieindikator E_r' des Seils (50) größer als oder gleich 40 MJ/m^3 ist.

10. Seil (50) nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6 oder extrahiertes Seil (50') nach einem beliebigen der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Litzen (54) ein inneres Gewölbe (59) des Seils (50) oder des extrahierten Seils (50') mit einem Durchmesser D_v definieren, wobei jede Litze (54) einen Durchmesser D_t und einen Schraubenkrümmungsradius R_t aufweist, der durch $R_t = P_e / (\pi \times \sin(2\alpha_e))$ definiert ist, wobei P_e die in Millimetern ausgedrückte Steigung jeder Litze ist und α_e der Steigungswinkel jeder Litze (54) ist, wobei D_v , D_t und R_t in Millimetern ausgedrückt sind, wobei das Seil (50) oder das extrahierte Seil (50') die folgenden Gleichungen erfüllt: $25 \leq R_t / D_t \leq 180$ und $0,10 \leq D_v / D_t \leq 0,50$.

11. Seil (50) nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6 oder extrahiertes Seil (50') nach einem beliebigen der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Metalldrahtelemente (F1) ein inneres Gewölbe (58) der Litze (52) mit einem Durchmesser D_{vt} definieren, wobei jedes Metalldrahtelement (F1) einen Durchmesser D_f und einen Schraubenkrümmungsradius R_f aufweist, der durch $R_f = P / (\pi \times \sin(2\alpha))$ definiert ist, wobei P die in Millimetern ausgedrückte Steigung jedes Metalldrahtelements ist und α der Steigungswinkel jedes Metalldrahtelements (F1) ist, wobei D_{vt} , D_f und R_f in Millimetern ausgedrückt sind, wobei das Seil (50) oder das extrahierte Seil (50') die folgenden Gleichungen erfüllt: $9 \leq R_f / D_f \leq 30$ und $1,30 \leq D_{vt} / D_f \leq 4,50$.

12. Verfahren zur Herstellung eines Seils (50) nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6 und 10 und 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Folgendes beinhaltet:

- einen Schritt (200) des Herstellens von N Litzen (54) durch Folgendes:

- einen Schritt (100) des Bereitstellens eines Übergangsverbands (22), beinhaltend eine Lage, die aus $M > 1$ spiralförmig um einen Übergangskern (16) gewickelten Metalldrähten (F1) besteht;

- einen Schritt (110) des Trennens des Übergangsverbands (22) in:

- einen ersten fraktionierten Verband (25), beinhaltend eine Lage (26), die aus $M1' \geq 1$ spiralförmig gewickelten Metalldrähten (F1) besteht, wobei der oder die $M1'$ Metalldrähte (F1) aus der aus $M' > 1$ Metalldrähten (F1) bestehenden Lage des Übergangsverbands (22) stammen,
- einen zweiten fraktionierten Verband (27), beinhaltend eine Lage (28), die aus $M2' > 1$ spiralförmig gewickelten Metalldrähten (F1) besteht, wobei die $M2'$ Metalldrähte (F1) aus der aus $M' > 1$ Metalldrähten (F1) bestehenden Lage des Übergangsverbands (22) stammen,
- den Übergangskern (16) oder eine oder mehrere Anordnungen (83), die den Übergangskern (16) umfassen,
- einen Schritt (140) des Wiederaussetzens des ersten fraktionierten Verbands (25) mit dem zweiten fraktionierten Verband (27), um eine Litze (52) mit einer Lage aus Metalldrähten (F1) und beinhaltend $M > 1$ Metalldrähte (F1) zu bilden;
- einen Schritt des Zusammensetzens (300) der N Litzen (54) durch Verseilung, um das Seil (50) zu bilden.

13. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei M von 3 bis 18 und bevorzugt von 4 bis 15 reicht.

14. Verstärktes Produkt (R), **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Polymermatrix (Ma) und mindestens ein extrahiertes Seil (50') nach einem beliebigen der Ansprüche 7 bis 11 beinhaltet.

15. Reifen (P), **dadurch gekennzeichnet, dass** er mindestens ein extrahiertes Seil (50') nach einem beliebigen der Ansprüche 7 bis 11 oder ein verstärktes Produkt nach Anspruch 14 beinhaltet.

Claims

1. Multi-strand cord (50) having a 1xN structure comprising a single layer (52) of N strands (54) wound in a helix about a main axis (A), each strand (54) having one layer (56) of metal filaments (F1) and comprising $M > 1$ metal filaments wound in a helix about an axis (B), in which :

- the cord (50) has a total elongation $A_t > 8.10\%$ determined by the standard ASTM D2969-04 of 2014; and **characterized in that**

- the energy-at-break indicator E_r of the cord (50), defined by $E_r = \int_0^{A_t} \sigma(A_i) \times dA_i$ where $\sigma(A_i)$ is the tensile stress in MPa measured at the elongation A_i and dA_i is the elongation such that E_r is strictly greater than 52 MJ/m^3 .

2. Cord (50) according to the preceding claim, wherein the total elongation $A_t \geq 8.30\%$ and preferably $A_t \geq 8.50\%$.

3. Cord (50) according to either one of the preceding claims, wherein the energy-at-break indicator E_r of the cord (50) is greater than or equal to 55 MJ/m^3 .

4. Cord (50) according to any one of the preceding claims, having a structural elongation A_s determined by the standard ASTM D2969-04 of 2014 such that $A_s > 4.30\%$, preferably $A_s \geq 4.50\%$ and more preferentially $A_s \geq 4.60\%$.

5. Cord (50) according to any one of the preceding claims, having a secant modulus E_1 ranging from 3.0 to 10.0 GPa, and preferably ranging from 3.5 to 8.5 GPa.

6. Cord (50) according to any one of the preceding claims, having a tangent modulus E_2 ranging from 50 to 180 GPa, and preferably from 55 to 150 GPa.

7. Cord (50') extracted from a polymer matrix, the extracted cord (50') having a 1xN structure comprising a single layer (52) of N strands (54) wound in a helix about a main axis (A), each strand (54) having one layer (56) of metal filaments (F1) and comprising $M > 1$ metal filaments wound in a helix about an axis (B), in which :

- the extracted cord (50') has a total elongation $A_t' \geq 5.00\%$ determined by the standard ASTM D2969-04 of 2014, and **characterized in that** :

- the energy-at-break indicator E_r' of the extracted cord (50'), defined by $E_r' = \int_0^{At'} \sigma(A_i) \times dA_i$ where $\sigma(A_i)$ is the tensile stress in MPa measured at the elongation A_i and dA_i is the elongation such that E_r' is strictly greater than 35 MJ/m³.

8. Extracted cord (50') according to the preceding claim, wherein the total elongation At' is such that $At' \geq 5.20\%$.
9. Extracted cord (50') according to Claim 7 or 8, wherein the energy-at-break indicator E_r' of the cord (50) is greater than or equal to 40 MJ/m³.
10. Cord (50) according to any one of claims 1 to 6 or extracted cord (50') to any one of claims 7 to 9, wherein the strands (54) define an internal enclosure (59) of the cord (50) or the extract cord (50') of diameter D_v , each strand (54) having a diameter D_t and a helix radius of curvature R_t defined by $R_t = P_e / (\pi \times \sin(2\alpha_e))$ where P_e is the pitch of each strand expressed in millimetres and α_e is the helix angle of each strand (54), D_v , D_t and R_t being expressed in millimetres, the cord (50) or the extract cord (50') satisfying the following relationships: $25 \leq R_t / D_t \leq 180$ and $0.10 \leq D_v / D_t \leq 0.50$.
11. Cord (50) according to any one of claims 1 to 6 or extracted cord (50') to any one of claims 7 to 9, wherein the metal filamentary elements (F1) define an internal enclosure (58) of the strand (52) of diameter D_{vt} , each metal filamentary element (F1) having a diameter D_f and having a helix radius of curvature R_f defined by $R_f = P / (\pi \times \sin(2\alpha))$ where P is the pitch of each metal filamentary element expressed in millimetres and α is the helix angle of each metal filamentary element (F1), D_{vt} , D_f and R_f being expressed in millimetres, the cord (50) or the extracted cord (50') satisfying the following relationships:
 $9 \leq R_f / D_f \leq 30$, and $1.30 \leq D_{vt} / D_f \leq 4.50$.
12. Method for manufacturing a cord (50) according to any one of Claims 1 to 6 and 10 and 11, **characterized in that** it comprises:
 - a step (200) of manufacturing N strands (54) via:
 - a step (100) of supplying a transitory assembly (22) comprising a layer made up of $M' > 1$ metal filaments (F1) wound in a helix around a transitory core (16);
 - a step (110) of separating the transitory assembly (22) into:
 - a first split assembly (25) comprising a layer (26) made up of $M_1' \geq 1$ metal filament(s) (F1) wound in a helix, the M_1' metal filament(s) (F1) originating from the layer made up of $M' > 1$ metal filaments (F1) of the transitory assembly (22),
 - a second split assembly (27) comprising a layer (28) made up of $M_2' > 1$ metal filament(s) (F1) wound in a helix, the M_2' metal filaments (F1) originating from the layer made up of $M' > 1$ metal filaments (F1) of the transitory assembly (22),
 - the transitory core (16) or one or more ensembles (83) comprising the transitory core (16),
 - a step (140) of reassembling the first split assembly (25) with the second split assembly (27) to form a strand (52) having one layer of metal filaments (F1) and comprising $M > 1$ metal filaments (F1);
 - a step (300) of assembling the N strands (54) by cabling to form the cord (50).
13. Method according to the preceding claim, wherein M ranges from 3 to 18 and preferably from 4 to 15.
14. Reinforced product (R), **characterized in that** it comprises a polymer matrix (Ma) and at least one extracted cord (50') according to any one of Claims 7 to 11.
15. Tyre (P), **characterized in that** it comprises at least one extracted cord (50') according to any one of Claims 7 to 11 or a reinforced product according to Claim 14.

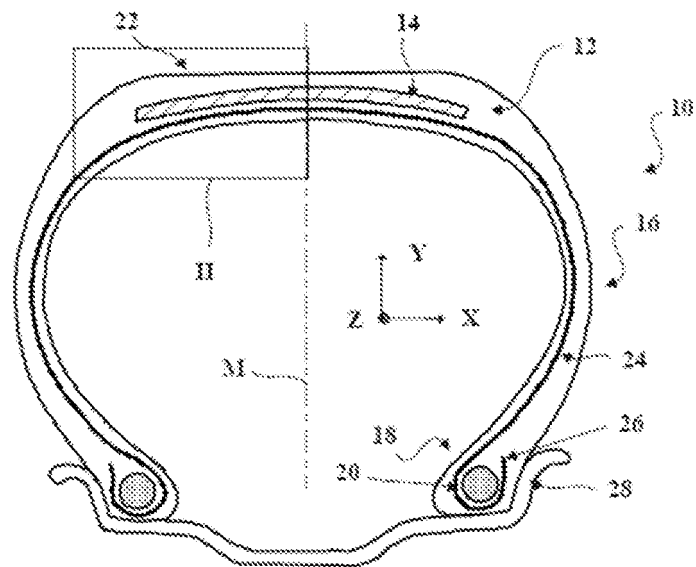


Fig.1

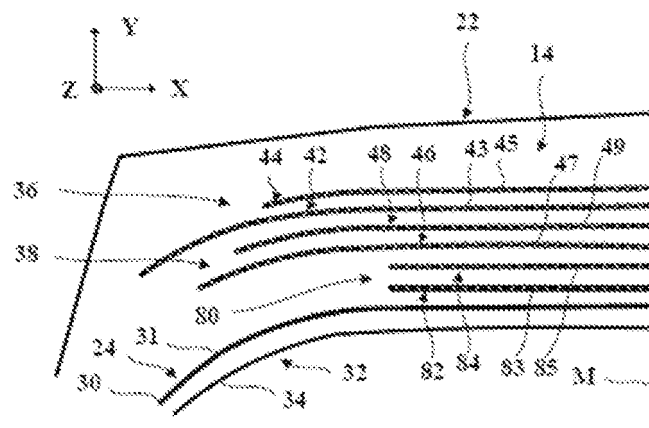


Fig.2

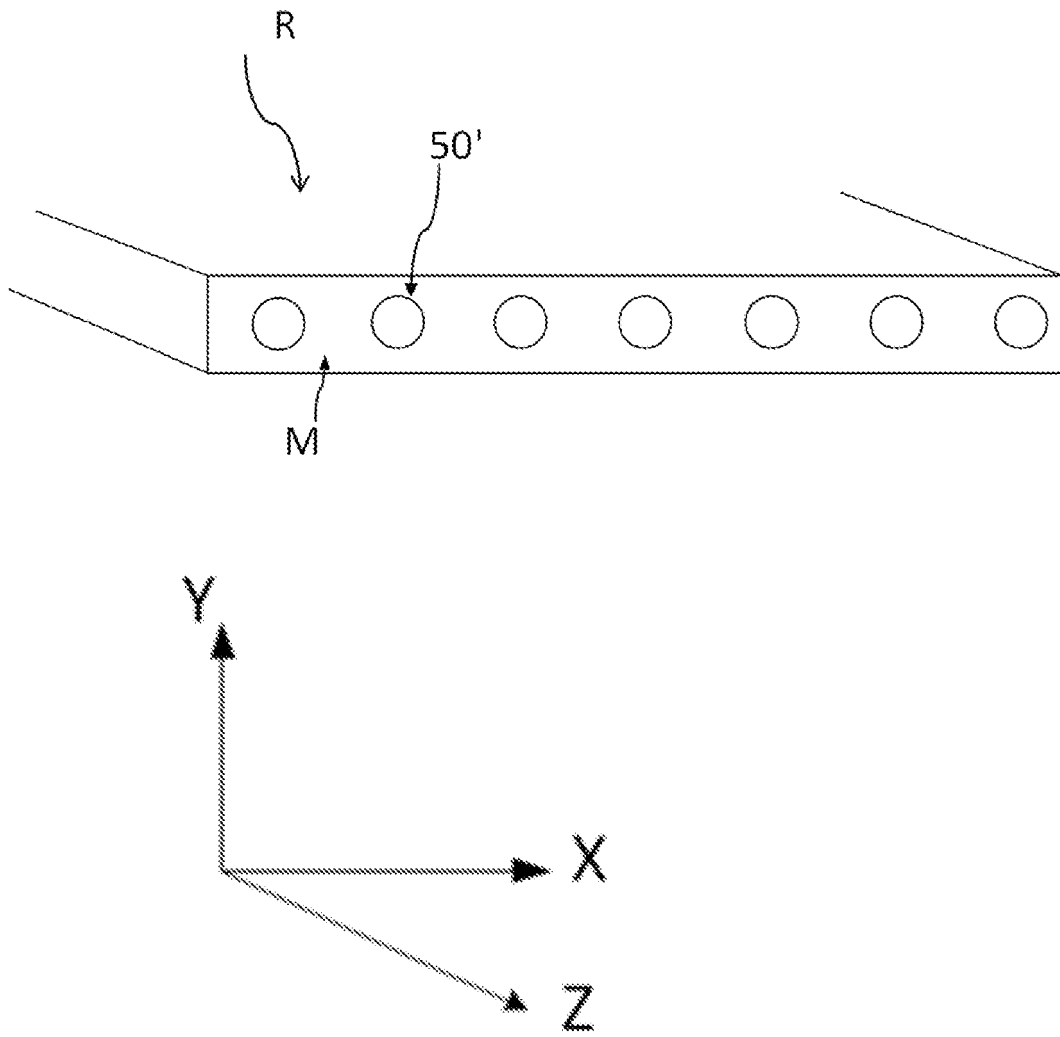
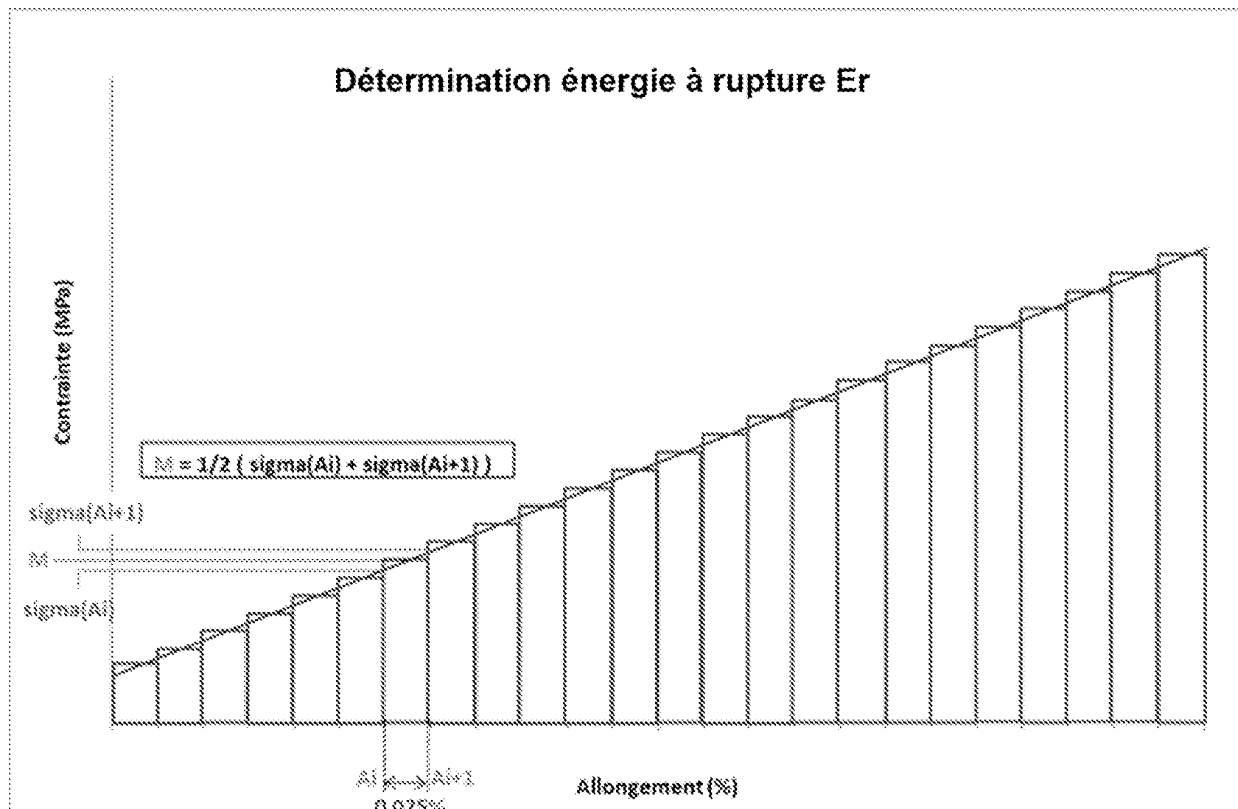


Fig.3

**Fig.4**

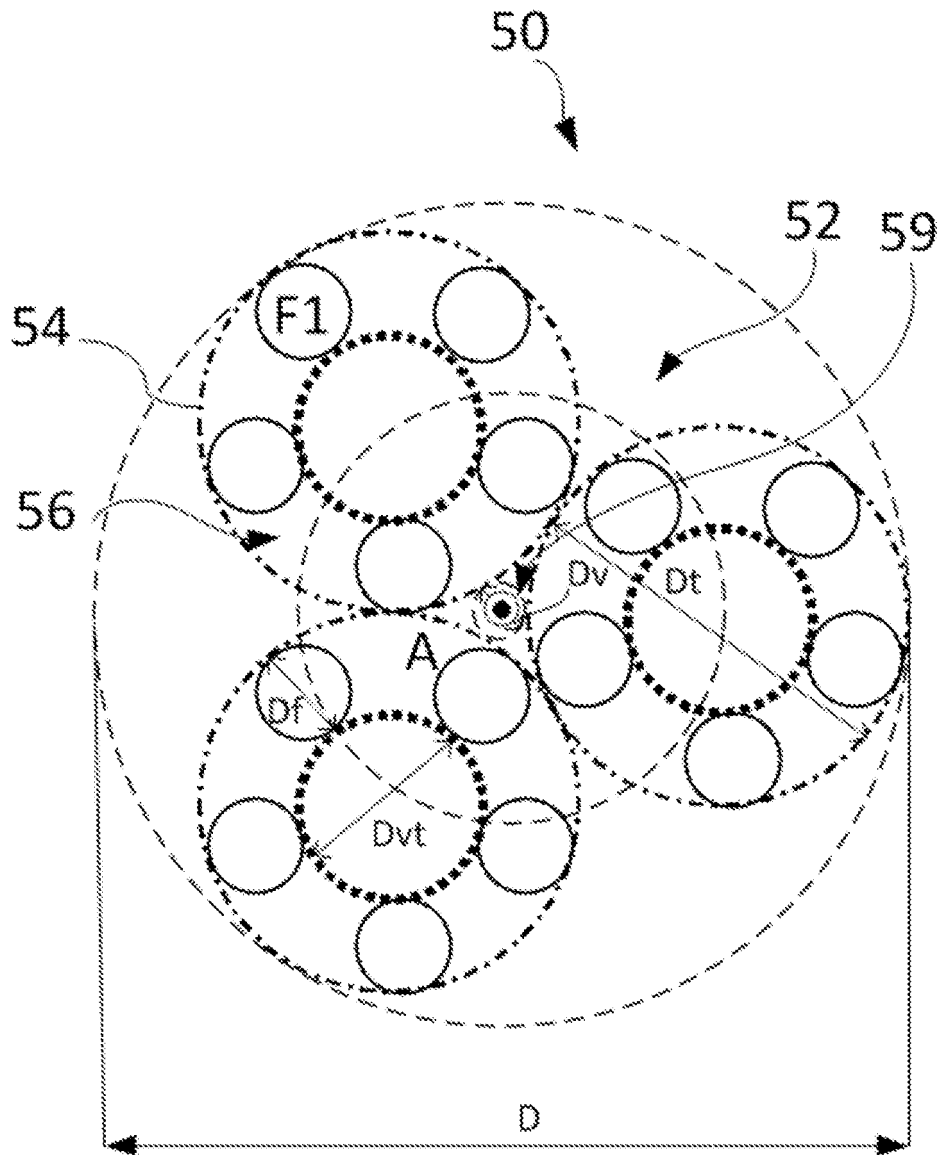


Fig.5

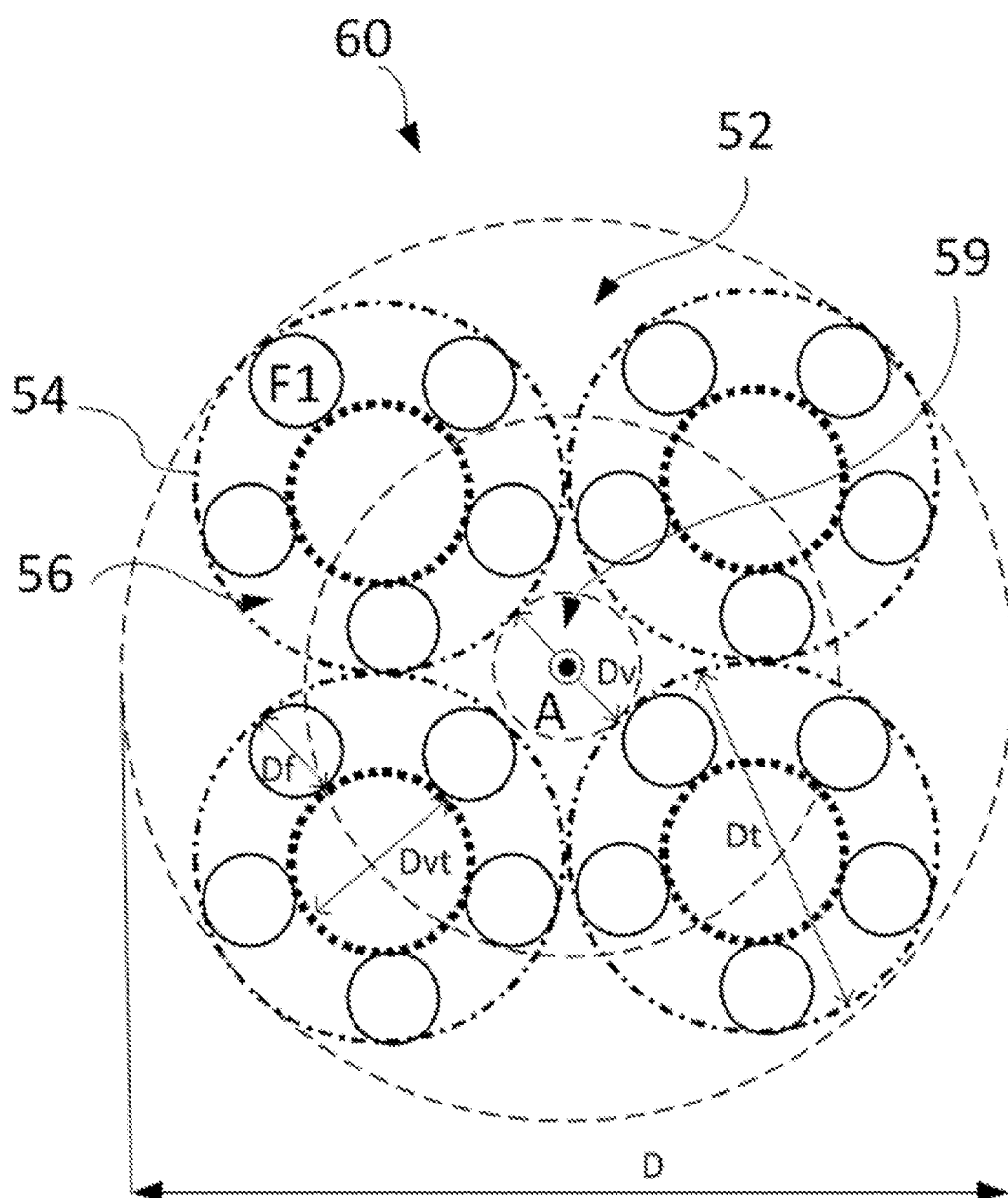
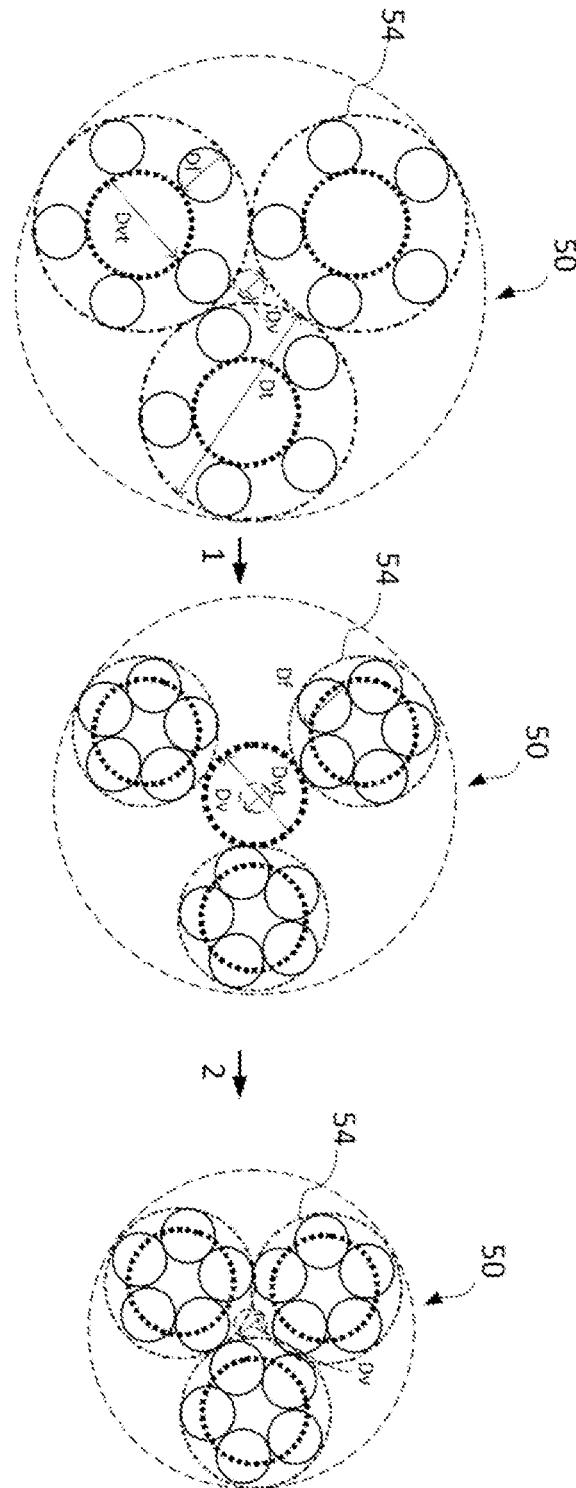


Fig.6

Fig.7



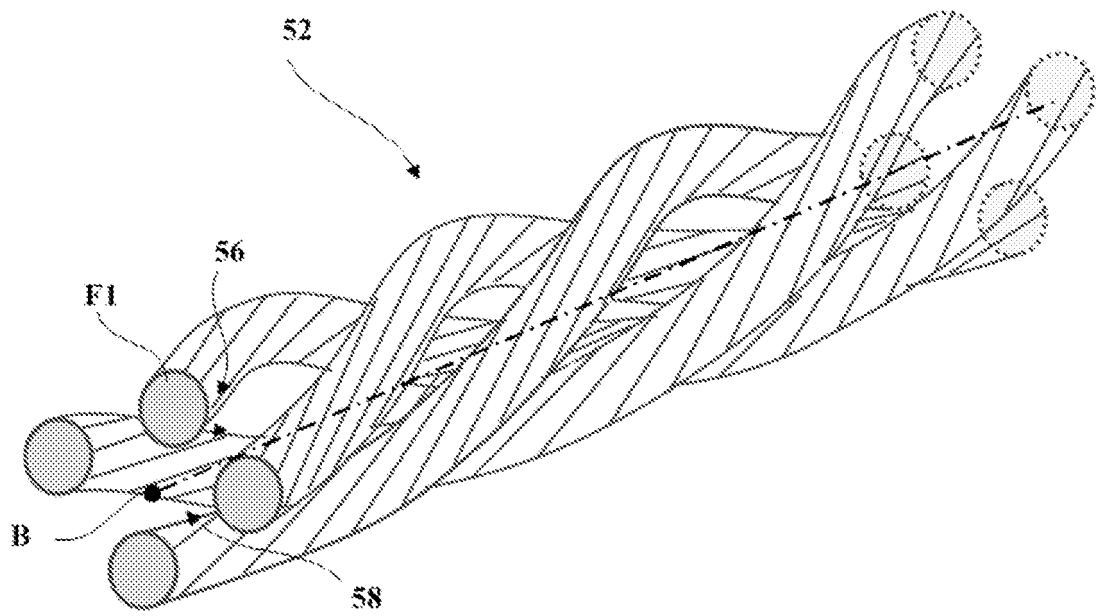


Fig.8

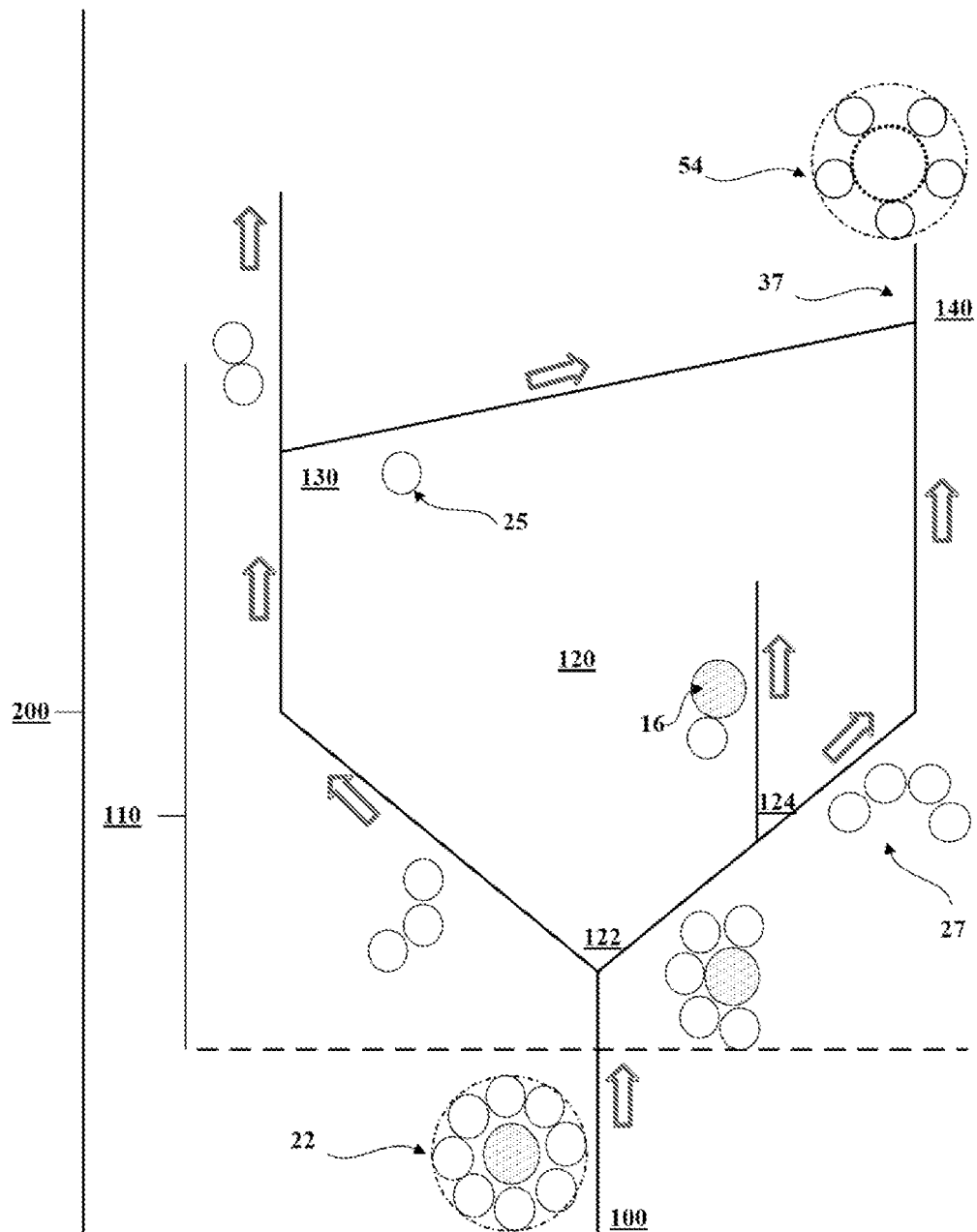


Fig.9

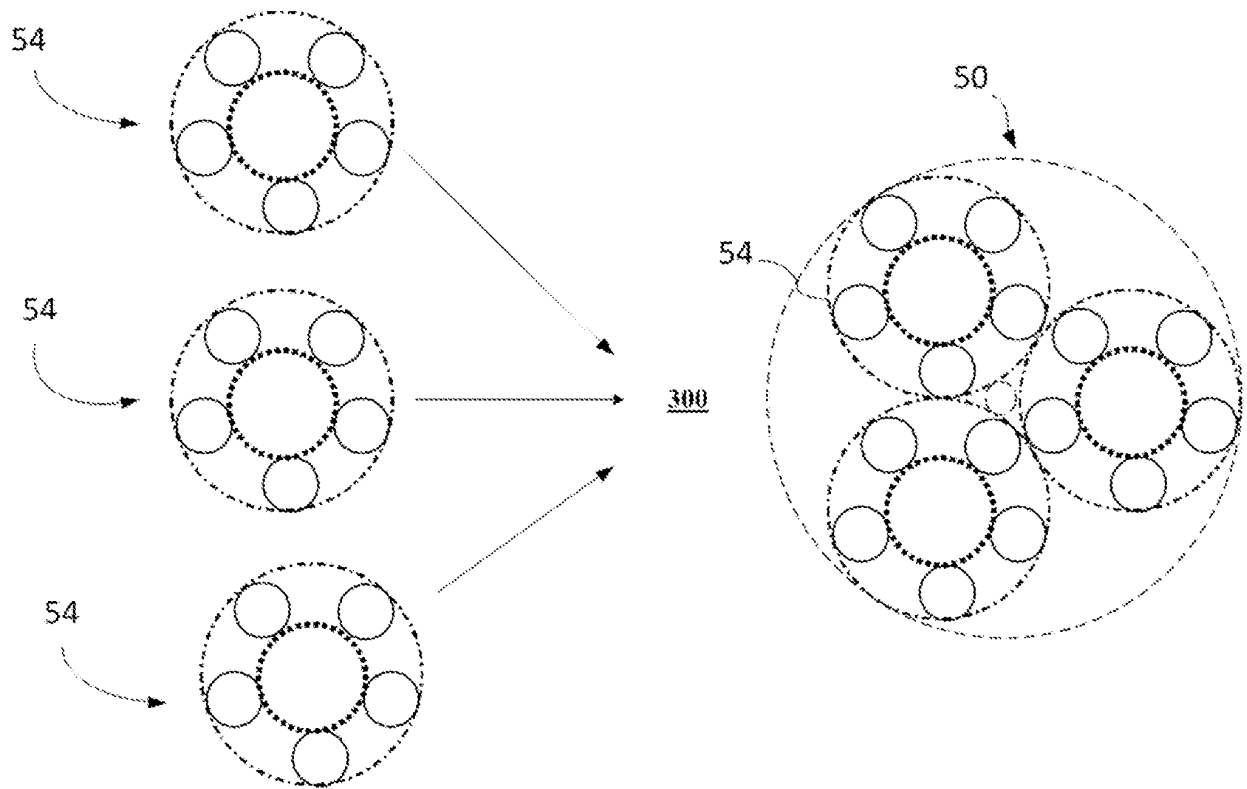


Fig.10

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2016131862 A [0002]
- EP 0376272 A [0003]
- WO 2016083265 A [0072] [0073]
- WO 2016083267 A [0072] [0073]
- EP 0548539 A [0072]
- EP 1000194 A [0072]
- EP 0622489 A [0072]
- WO 2012055677 A [0072]
- JP 2007092259 B [0072]
- WO 2007128335 A [0072]
- EP 0143767 A [0072]
- FR 2419181 [0112]
- FR 2419182 [0112]