

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.12.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.06.25 Bulletin 25/24.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions — FR.

72 Inventeur(s) : NOEL Sébastien et LAUBY Lucas.

73 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions.

74 Mandataire(s) : MANUFACTURE FRANCAISE DES
PNEUMATIQUES MICHELIN.

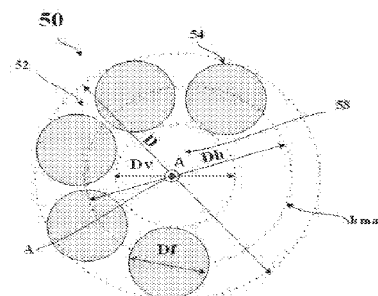
54 Câble extrait à une couche à répartition optimisée des fils.

57 L'invention a pour objet un câble extrait (50) d'une ma-
trice polymérique, le câble extrait (50) comprenant une
unique couche (52) constituée de N éléments filaires métal-
liques (54) enroulés en hélice, chaque élément filaire métal-
lique (54) de la couche (52) décrivant, lorsque le câble (50)
s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, une tra-
jectoire en forme d'hélice autour d'un axe principal (A) sen-
siblement parallèle à la direction sensiblement rectiligne, de
sorte que, dans un plan de coupe sensiblement perpendicu-
laire à l'axe principal (A), la distance entre le centre de
chaque élément filaire métallique (54) de la couche (52) et
l'axe principal (A) est égale à la moitié du diamètre d'hélice
Dh et est sensiblement constante et égale pour tous les élé-
ments filaires métalliques (54) de la couche (52), les élé-
ments filaires métalliques (54) définissant une voûte interne
(58) du câble de diamètre Dv, chaque élément filaire métal-
lique (54) présentant un diamètre Df et un rayon de cour-
bure d'hélice Rf défini par $Rf = P / (\pi \times \sin(2\alpha))$ avec P le pas
de chaque élément filaire métallique exprimé en millimètres
et α l'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique
(54), dans lequel, Dh, D, Dv, Df et Rf étant exprimés en
millimètres : $9 \leq Rf / Df \leq 30$, et $1,30 \leq Dv / Df \leq 4,5$

4,5 ; et l'espace entre les fils est le jeu relatif défini par le jeu
relatif $Jr = (\pi \times Dh) / N \times (Dh \times \sin(\pi/N) - (Df / \cos(\alpha \times \pi / 180)))$, avec α étant l'angle d'hélice, exprimé en degrés, de
chaque fil métallique (54).

L'espace maximal disponible entre les fils extrêmes $Jr_{\max}$
 $Jr_{\max} = N \times Jr$ est tel que $0,35 \times \pi \times Dh \leq Jr_{\max} \leq 0,60 \times \pi \times Dh$.

Figure pour abrégé : Fig.4



Description

Titre de l'invention : Câble extrait à une couche à répartition optimisée des fils

- [0001] La présente invention est relative aux câbles métalliques utilisables pour le renforcement d'articles tels que des pneumatiques pour véhicules et de préférence dans un pneumatique pour véhicule de génie civil. Par pneumatique, on entend un bandage destiné à former une cavité en coopérant avec un élément support, par exemple une jante, cette cavité étant apte à être pressurisée à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Un pneumatique selon l'invention présente une structure de forme sensiblement toroïdale.
- [0002] On connaît de l'état de la technique un câble de structure $n + N$ fils métalliques de diamètre 0,30 mm, avec n étant une âme textile en PVA par l'application d'un dispositif par jet d'eau chaude qui se dissout pour obtenir un câble de structure 4 fils de 0,30 mm de diamètre dont au moins 2 fils sont espacés (figure 11 et les câbles décrits en page 8 de WO2021124138). Une telle aération via un système passage du câble sur une pluralité de cylindres ayant un diamètre réduit engendre une meilleure pénétration du câble et modifie également la rigidité du câble. Un tel câble est notamment destiné à être utilisé dans des pneumatiques, par exemple des pneumatiques pour véhicule de type motocyclette.
- [0003] En plus de nécessiter une étape de dissolution de l'âme textile par jet d'eau, ce câble a des risques de subir de la corrosion et les complexités des caractéristiques de l'âme qui doit être soluble dans l'eau et en plus avoir des propriétés mécaniques en terme de rigidité et de résistance est nécessaire à la mise en œuvre du câble.
- [0004] On connaît également de l'état de la technique et notamment du document WO2016/131862, un câble comprenant 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 $P=8$ fils externes enroulés en hélice autour de la couche interne à un pas $p_2=10$ mm. Chaque fil interne et externe présente un diamètre égal à 0,35 mm et un allongement à rupture de 3,3%.
- [0005] Un tel câble est notamment utilisé dans un pneumatique pour véhicule de génie civil comprenant une armature de protection. Cette armature de protection comprend une ou plusieurs nappes de protection comprenant plusieurs câbles tel que décrit ci-dessus. L'inconvénient de ce type de câble est que son allongement structural peut être perfectible pour améliorer sa déformabilité pour sa résistance aux agressions.
- [0006] L'invention a pour but de proposer des câbles extraits comprenant une unique couche

de N éléments filaires métalliques enroulés en hélice et permettant de limiter la rigidité du câble sous faible allongement.

- [0007] A cet effet, l'invention a pour objet un câble extrait d'une matrice polymérique, le câble extrait comprenant une unique couche constituée de N éléments filaires métalliques enroulés en hélice, chaque élément filaire métallique de la couche décrivant, lorsque le câble s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, une trajectoire en forme d'hélice autour d'un axe principal (A) sensiblement parallèle à la direction sensiblement rectiligne, de sorte que, dans un plan de coupe sensiblement perpendiculaire à l'axe principal (A), la distance entre le centre de chaque élément filaire métallique de la couche et l'axe principal (A) est égale à la moitié du diamètre d'hélice D_h et est sensiblement constante et égale pour tous les éléments filaires métalliques de la couche, les éléments filaires métalliques définissant une voûte interne du câble de diamètre D_v , 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 (54), dans lequel, D_h , D_v , D_f et R_f étant exprimés en millimètres :

$$9 \leq R_f / D_f \leq 30, \text{ et}$$

$$1,30 \leq D_v / D_f \leq 4,5 ; \text{ et}$$

l'espace entre les fils est le jeu relatif défini par le jeu relatif

$$J_r = (\pi \times D_h) / N \times (D_h \times \sin(\pi/N) - (D_f / \cos(\alpha \times \pi/180))),$$

avec α étant l'angle d'hélice, exprimé en degrés, de chaque fil métallique (54) ; dans lequel

l'espace maximal disponible entre les fils extrêmes $J_{r \max} = N \times J_r$ est tel que $0,35 \times \pi \times D_h \leq J_{r \max} \leq 0,60 \times \pi \times D_h$.

- [0008] Grâce à cet espace maximal disponible entre les fils extrêmes $J_{r \max}$, 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 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.

- [0009] Le câble extrait selon l'invention présente une répartition optimisée des fils, dont l'avantage est de limiter la rigidité du câble sous faible allongement ce qui permet de maximiser l'énergie rupture.

- [0010] Les valeurs des caractéristiques D_f , D_v et R_f ainsi que des autres caractéristiques

décrites ci-dessous sont mesurées sur ou déterminées à partir des câbles extraits 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.

- [0011] Le câble selon l'invention comprend une unique couche d'éléments filaires métalliques enroulés en hélice. En d'autres termes, le câble selon l'invention comprend une seule, pas deux, ni plus de deux couches d'éléments filaires métalliques enroulés en hélice. La couche est constituée d'éléments filaires métalliques, c'est-à-dire plusieurs éléments filaires métalliques, pas d'un seul élément filaire métallique. Dans un mode de réalisation du câble, par exemple lorsque le câble est issu de son procédé de fabrication, le câble selon l'invention est constitué de la couche d'éléments filaires métalliques enroulés.
- [0012] 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 élément filaire métallique de la couche décrit une unique hélice, contrairement à un câble à double hélice dans lequel l'axe de chaque élément filaire métallique 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 d'éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice, chaque élément filaire métallique de la couche décrivant une trajectoire en forme d'hélice autour de la direction sensiblement rectiligne de sorte que la distance entre le centre de chaque élément filaire métallique de la couche et l'axe de la direction sensiblement rectiligne soit sensiblement constante et égale pour tous les éléments filaires métalliques 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 élément filaire métallique de la couche et la direction sensiblement rectiligne est différente pour tous les éléments filaires métalliques de la couche.
- [0013] 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 d'éléments filaires métalliques 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 com-

position élastomérique. On parle alors d'un câble dépourvu de matériau de remplissage.

- [0014] La voûte du câble selon l'invention est délimitée par les éléments filaires 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.
- [0015] 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 filaire métallique présente une section circulaire.
- [0016] Par métallique, on entend par définition un élément filaire 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 filaire 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).
- [0017] 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 un allongement structural du câble résultant du rapprochement des différents éléments de renforcement métallique constituant le câble. Dans certains modes de réalisation, la couche des N éléments de renforcement métallique se déstructure à l'issue de la partie structurale, du fait du jeu radial relatif J_{rmax} relativement important, occasionnant une baisse ponctuelle du module du 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 fils. 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 de renforcement métallique du produit renforcé.
- [0018] Le jeu radial relatif J_r est représentatif de la distance séparant chaque paire d'éléments filaires métalliques adjacents ramenée à la longueur disponible pour positionner les éléments filaires métalliques sur la couche. Ainsi, plus J_r est élevé, plus l'espace séparant deux éléments filaires métalliques adjacents est élevé par rapport au nombre maximal d'éléments filaires métalliques que la couche pourrait accueillir. A l'inverse, plus J_r est petit, plus l'espace séparant deux éléments filaires métalliques

adjacents est petit par rapport au nombre maximal d'éléments filaires métalliques que la couche pourrait accueillir. Dans l'intervalle selon l'invention, J_{max} permet de limiter la rigidité du câble sous faible allongement et d'autre part de maximiser l'allongement à rupture.

- [0019] L'angle d'hélice α est une grandeur bien connue de l'homme du métier et peut être déterminé par le calcul itératif suivant comprenant 3 itérations et dans lequel l'indice i indique le numéro de l'itération 1, 2 ou 3. Connaissant l'allongement structural A_s exprimé en %, l'angle d'hélice $\alpha(i)$ est tel que $\alpha(i) = \text{Arcos} [(100/(100+A_s)) \times \text{Cos} [\text{Arctan} ((\pi \times D_f) / (P \times \text{Cos}(\alpha(i-1))) \times \text{Sin}(\pi/N))]]$, formule dans laquelle P est le pas exprimé en millimètres auquel chaque élément filaire métallique est enroulé, N est le nombre d'éléments filaires métalliques de la couche, D_f est le diamètre de chaque élément filaire métallique exprimé en millimètres, Arcos, Cos, Arctan et Sin désignant respectivement les fonctions arccosinus, cosinus, arctangente et sinus. Pour la première itération, c'est-à-dire pour le calcul de $\alpha(1)$, on prend $\alpha(0)=0$. A la troisième itération, on obtient $\alpha(3)=\alpha$ avec au moins un chiffre significatif après la virgule quand α est exprimé en degrés.
- [0020] Le diamètre d'hélice D_h , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $D_h = P \times \text{Tan}(\alpha) / \pi$ 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 du câble.
- [0021] Le diamètre de voûte D_v , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $D_v = D_h - D_f$ dans laquelle D_f est le diamètre de chaque élément filaire métallique et D_h le diamètre d'hélice, tous deux exprimés en millimètres.
- [0022] Le rayon de courbure R_f , exprimé en millimètres, est calculé selon la relation $R_f = P / (\pi \times \text{Sin}(2\alpha))$ dans laquelle P est le pas exprimé en millimètres, α est l'angle d'hélice de chaque élément filaire métallique et Sin la fonction sinus.
- [0023] 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.
- [0024] Les caractéristiques optionnelles décrites ci-dessous pourront être combinées les unes avec les autres dans la mesure où de telles combinaisons sont techniquement compatibles.
- [0025] Dans un mode de réalisation avantageux, tous les éléments filaires métalliques présentent le même diamètre D_f .
- [0026] Le câble selon l'invention est fabriqué conformément à un procédé et en mettant en

œuvre une installation décrit dans les documents WO2016083265 et WO2016083267. Un tel procédé mettant en œuvre une étape de fractionnement est à distinguer d'un procédé d'assemblage 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 des éléments filaires métalliques afin notamment d'augmenter la valeur de l'allongement structural. De tels procédés et installations sont décrits dans les documents EP0548539, EP1000194, EP0622489 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 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 extension et 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.

- [0027] De préférence, la matrice polymérique est une matrice élastomérique.
- [0028] La matrice polymérique, de préférence élastomérique, est à base d'une composition polymérique, de préférence élastomérique.
- [0029] Par matrice polymérique, on entend une matrice comprenant au moins un polymère. La matrice polymérique est ainsi à base d'une composition polymérique.
- [0030] Par matrice élastomérique, on entend une matrice comprenant au moins un élastomère. La matrice élastomérique préférentielle est ainsi à base de la composition élastomérique.
- [0031] 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.
- [0032] 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 thermdurcissable, un élastomère, par exemple du caoutchouc naturel, un élastomère thermoplastique ou un mélange de ces polymères

- [0033] 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.
- [0034] 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 peut se faire par décorticage aux 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.
- [0035] De préférence, $0,40 \times \pi \times Dh \leq Jr_{max} \leq 0,55 \times \pi \times Dh$.
- [0036] Avantageusement, l'allongement structural A_s est tel que $A_s \geq 4,0\%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014.
- [0037] 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 pente maximale de la courbe force-allongement, c'est-à-dire que l' A_s obtenu par l'intersection de la pente maximale de la courbe avec l'axe des abscisses. 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 éléments filaires métalliques constituant le câble. La partie élastique correspond à un allongement élastique résultant de la construction du câble,

notamment des angles des différentes couches, des diamètres et la nature des fils. 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.

- [0038] Avantageusement, l'allongement total A_t est tel que $A_t \geq 10,0\%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014.
- [0039] Avantageusement, $9 \leq R_f / D_f \leq 17$.
- [0040] De préférence, $1,30 \leq D_v / D_f \leq 4,0$, de préférence $1,30 \leq D_v / D_f \leq 3,60$.
- [0041] Avantageusement, le rayon de courbure d'hélice R_f est tel que $2 \text{ mm} \leq R_f \leq 7 \text{ mm}$, de préférence $2 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $3 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$.
- [0042] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules de tourisme, mais également pour des véhicules deux-roues tels que des motos, et préférentiellement pour véhicules de tourisme, on a $2 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$ et de préférence $3 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$.
- [0043] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd", par exemple métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), on a $4 \text{ mm} \leq R_f \leq 6 \text{ mm}$ et de préférence $4 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$.
- [0044] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules hors-la-route, par exemple des engins agricoles ou de génie civil, on a $4 \text{ mm} \leq R_f \leq 7 \text{ mm}$ et de préférence $4,5 \text{ mm} \leq R_f \leq 6,5 \text{ mm}$.
- [0045] Avantageusement, le diamètre d'hélice D_h de chaque élément filaire métallique (54) est tel que $0,40 \text{ mm} \leq D_h \leq 2,00 \text{ mm}$, de préférence $0,50 \text{ mm} \leq D_h \leq 1,80 \text{ mm}$.
- [0046] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd", par exemple métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), on a $0,85 \text{ mm} \leq D_h \leq 1,20 \text{ mm}$ et de préférence $0,90 \text{ mm} \leq D_h \leq 1,15 \text{ mm}$.
- [0047] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules hors-la-route, par exemple des engins agricoles ou de génie civil, on a $0,95 \text{ mm} \leq D_h \leq 1,40 \text{ mm}$ et de préférence $1,00 \text{ mm} \leq D_h \leq 1,35 \text{ mm}$.
- [0048] Avantageusement, D_f est tel que $0,10 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,50 \text{ mm}$, de préférence $0,25 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,45 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $0,25 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,40 \text{ mm}$.
- [0049] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules de tourisme, mais également pour des véhicules deux-roues tels que des motos, et préférentiellement pour véhicules de tourisme, on a $0,20 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,35 \text{ mm}$ et de préférence $0,25 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,33 \text{ mm}$.
- [0050] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd", par exemple

méto, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), on a $0,22 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,40 \text{ mm}$ et de préférence $0,25 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,38 \text{ mm}$.

[0051] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules hors-la-route, par exemple des engins agricoles ou de génie civil, on a $0,32 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,50 \text{ mm}$ et de préférence $0,35 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,50 \text{ mm}$.

[0052] Avantageusement, D_v est tel que $D_v \geq 0,46 \text{ mm}$, de préférence $0,46 \text{ mm} \leq D_v \leq 1,50 \text{ mm}$.

[0053] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules de tourisme, mais également pour des véhicules deux-roues tels que des motos, et préférentiellement pour véhicules de tourisme, on a $0,46 \text{ mm} \leq D_v \leq 0,70 \text{ mm}$.

[0054] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd", par exemple méto, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), on a $0,50 \text{ mm} \leq D_v \leq 0,80 \text{ mm}$.

[0055] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules hors-la-route, par exemple des engins agricoles ou de génie civil, on a $0,55 \text{ mm} \leq D_v \leq 1,00 \text{ mm}$.

[0056] Avantageusement, chaque élément filaire métallique est enroulé à un pas P tel que $3 \text{ mm} \leq P \leq 15 \text{ mm}$, de préférence $3 \text{ mm} \leq P \leq 12 \text{ mm}$.

[0057] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules de tourisme, mais également pour des véhicules deux-roues tels que des motos, et préférentiellement pour véhicules de tourisme, on a $3 \text{ mm} \leq P \leq 9 \text{ mm}$.

[0058] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd", par exemple méto, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), on a $7 \text{ mm} \leq P \leq 15 \text{ mm}$.

[0059] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules hors-la-route, par exemple des engins agricoles ou de génie civil, on a $9 \text{ mm} \leq P \leq 15 \text{ mm}$.

[0060] Avantageusement, le diamètre D est tel que $D \leq 2,50 \text{ mm}$, de préférence $0,75 \text{ mm} \leq D \leq 2,40 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $1,00 \text{ mm} \leq D \leq 2,00 \text{ mm}$.

[0061] Le diamètre ou diamètre apparent, noté D , est mesuré au moyen d'un comparateur d'épaisseur dont le diamètre des touches est au moins égal à 1,5 fois le pas P d'enroulage des éléments filaires (on peut citer par exemple le modèle JD50 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 perpendi-

culairement à l'axe du câble et sous tension nulle) dont la seconde et la troisième de ces mesures sont réalisées selon une direction décalée angulairement de la précédente d'un tiers de tour, par la rotation de la direction de mesure autour de l'axe du câble.

- [0062] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules de tourisme, mais également pour des véhicules deux-roues tels que des motos, et préférentiellement pour véhicules de tourisme, on a $0,75 \text{ mm} \leq D \leq 1,40 \text{ mm}$ et de préférence $1,00 \text{ mm} \leq D \leq 1,30 \text{ mm}$.
- [0063] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd", par exemple métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), on a $1,15 \text{ mm} \leq D \leq 1,55 \text{ mm}$.
- [0064] Dans un mode de réalisation d'un câble destiné au renforcement d'un pneumatique pour véhicules hors-la-route, par exemple des engins agricoles ou de génie civil, on a $1,5 \text{ mm} \leq D \leq 2 \text{ mm}$.
- [0065] Dans un mode de réalisation, chaque élément filaire métallique comprend un unique monofilament métallique. Ici, chaque élément filaire métallique est avantageusement 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.
- [0066] 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.
- [0067] Avantageusement, la couche étant constituée de N éléments filaire métalliques enroulés en hélice, N va de 3 à 12.
- [0068] Avantageusement, le rapport K du pas P sur le diamètre Df de chaque élément filaire métallique, P et Df étant exprimés en millimètres, est tel que $19 \leq K \leq 44$.
- [0069] Avantageusement, l'angle d'hélice α de chaque élément filaire métallique (54) est tel que $13^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$.
- [0070] Avantageusement, chaque élément filaire métallique est dépourvu de marques de pré-

formation. En d'autres termes, le câble est obtenu par un procédé dépourvu d'étapes de préformation individuelle de chacun des éléments filaires métalliques.

[0071] Comme décrit ci-dessus, le câble selon l'invention est fabriqué conformément à un procédé et en mettant en œuvre une installation décrite dans les documents WO2016083265 et WO2016083267. Ce procédé comprend une étape d'assemblage de M éléments filaires métalliques ensemble en une couche des M éléments filaires métalliques autour d'un noyau transitoire pour former un assemblage transitoire, et une étape de fractionnement de l'assemblage transitoire en au moins des premier et deuxième assemblages de M1 éléments filaires métalliques et M2 éléments filaires métalliques. Au moins l'un des premier et deuxième assemblages forme alors le câble selon l'invention, c'est-à-dire que $M1=N$ et/ou $M2=N$.

[0072] Avantageusement, dans un premier mode de réalisation, l'étape de fractionnement de l'assemblage transitoire comprend une étape de séparation du noyau transitoire des premier et deuxième assemblages. Dans ce mode de réalisation, le premier assemblage est constitué de M1 éléments filaires métalliques enroulés ensemble et répartis en une seule couche autour de l'axe du premier assemblage. De façon analogue, le deuxième assemblage de ce mode de réalisation est constitué de M2 éléments filaires métalliques enroulés ensemble et répartis en une seule couche autour de l'axe du deuxième assemblage. En d'autres termes, dans ce premier mode de réalisation, le noyau transitoire comprenant au moins un élément filaire, chaque élément filaire du noyau transitoire n'appartient pas aux premier et deuxième assemblages de M1 éléments filaires métalliques et M2 éléments filaires métalliques. On a donc $M1+M2=M$.

[0073] Dans une première variante préférée de ce premier mode de réalisation, durant l'étape de fractionnement, on sépare le premier assemblage d'un ensemble transitoire formé par le deuxième assemblage et le noyau transitoire, puis on sépare le deuxième assemblage et le noyau transitoire l'un de l'autre. Dans une deuxième variante, durant l'étape de fractionnement, on sépare simultanément le noyau transitoire, le premier assemblage et le deuxième assemblage deux à deux les uns des autres.

[0074] Avantageusement, le procédé comprend une étape de recyclage du noyau transitoire durant laquelle :

- on récupère le noyau transitoire en aval de l'étape de fractionnement, et
- on introduit le noyau transitoire récupéré précédemment en amont de l'étape d'assemblage.

[0075] Dans un mode de réalisation préférentiel, l'étape de recyclage du noyau transitoire peut se faire en continu, c'est-à-dire dans laquelle on ré-introduit, sans étape de stockage intermédiaire du noyau transitoire, le noyau transitoire sortant de l'étape de séparation, dans l'étape d'assemblage. Dans un autre mode de réalisation, l'étape de recyclage du noyau transitoire est discontinue, c'est-à-dire avec une étape de stockage

intermédiaire du noyau transitoire.

[0076] Plus préférentiellement, on utilise un noyau transitoire textile.

[0077] Dans un deuxième mode de réalisation, l'étape de fractionnement de l'assemblage transitoire comprend une étape de fractionnement du noyau transitoire entre au moins les premier et deuxième assemblages. Ainsi, dans ce deuxième mode de réalisation, on obtient deux assemblages d'éléments filaires métalliques comprenant chacun une couche respectivement de P1, P2 éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice, et pour au moins un des assemblages, une âme centrale comprenant ou constituée d'au moins une partie du noyau transitoire autour de laquelle sont enroulés les éléments filaires métalliques de la couche. En d'autres termes, dans ce deuxième mode de réalisation, le noyau transitoire comprenant K élément(s) filaire(s) métallique(s), au moins un du ou des K élément(s) filaire(s) métallique(s) du noyau transitoire appartient à au moins l'un des premier et deuxième assemblages de M1 éléments filaires métalliques et M2 éléments filaires métalliques.

[0078] Avantageusement, durant l'étape de fractionnement, on fractionne au moins une première partie du noyau transitoire avec des premiers éléments filaires métalliques de l'assemblage transitoire de façon à former le premier assemblage.

[0079] Ainsi, le premier assemblage comprend une couche de P1 éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice et une âme centrale comprenant ou constituée par une première partie (K1 élément(s) filaire(s)) des K éléments filaires métalliques du noyau transitoire et autour de laquelle sont enroulés ensemble en hélice les P1 éléments filaires métalliques. On a $P1+K1=M1$.

[0080] Avantageusement, durant l'étape de fractionnement, on fractionne au moins une deuxième partie du noyau transitoire avec des deuxièmes éléments filaires métalliques de l'assemblage transitoire de façon à former le deuxième assemblage.

[0081] Ainsi, le deuxième assemblage comprend une couche de P2 éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice et une âme centrale comprenant ou constituée par une deuxième partie (K2 élément(s) filaire(s)) des K éléments filaires du noyau transitoire et autour de laquelle sont enroulés ensemble en hélice les P2 éléments filaires métalliques. On a $P2+K2=M2$.

[0082] De préférence, on forme simultanément les premier et deuxième assemblages.

[0083] De préférence, avant l'étape de fractionnement, les première et deuxième parties du noyau transitoire constituent le noyau transitoire. Ainsi, les première et deuxième parties du noyau transitoire sont complémentaires. On a donc $K1+K2=K$. Dans une variante, on pourrait avoir $K1+K2<K$.

[0084] Dans une variante, le premier assemblage comprend une couche de P1 éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice autour d'une âme centrale comprenant ou constituée par le noyau transitoire et le deuxième assemblage comprend une couche

de $P2=M2$ éléments filaires métalliques enroulés ensemble en hélice et dépourvu d'âme centrale.

[0085] Dans un mode de réalisation, on réalise l'étape d'assemblage par retordage. Dans un tel cas, les éléments filaires métalliques subissent à la fois une torsion collective et une torsion individuelle autour de leur propre axe, ce qui génère un couple de détorsion sur chacun des éléments filaires métalliques.

[0086] De façon préférée, dans le cas d'une étape d'assemblage par retordage, le procédé comprend une étape d'équilibrage de l'assemblage transitoire. Ainsi, l'étape d'équilibrage étant réalisée sur l'assemblage constitué des M éléments filaires métalliques et du noyau transitoire, l'étape d'équilibrage est implicitement réalisée en amont de l'étape de fractionnement.

[0087] **PRODUIT RENFORCE SELON L'INVENTION**

[0088] L'invention a également pour objet un produit renforcé comprenant une matrice polymérique et au moins un câble extrait tel que défini ci-dessus.

[0089] 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.

[0090] **PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION**

[0091] 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.

[0092] 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.

[0093] 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.

[0094] 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.

[0095] 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.

[0096] L'invention concerne également un article de caoutchouc comprenant un assemblage selon l'invention, ou un assemblage imprégné selon l'invention. Par article de ca-

outchouc, 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.

[0097] 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 [Fig.1] est une vue en coupe perpendiculaire à la direction circonférentielle d'un pneumatique selon l'invention ;
- la [Fig.2] est une vue de détails de la zone II de la [Fig.1] ;
- la [Fig.3] est une vue en coupe d'un produit renforcé selon l'invention ;
- la [Fig.4] est une vue en coupe perpendiculaire à son axe d'un câble extrait 50 de l'invention (supposé rectiligne et au repos) ;
- la [Fig.5] est une vue en coupe perpendiculaire à son axe d'un câble comparatif C1 (supposé rectiligne et au repos) et du câble 80 selon l'invention; et
- la [Fig.6] représente une photographie du câble 50 selon l'invention.

EXEMPLE DE PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[0098] 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.

[0099] 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.

[0100] On a représenté sur les figures 1 et 2 un pneumatique selon l'invention et désigné par la référence générale P.

[0101] 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.

[0102] 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.

[0103] 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 circon-

férentiel 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).

- [0104] 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.
- [0105] 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 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.
- [0106] 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.
- [0107] 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.
- [0108] L'armature additionnelle, 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.
- [0109] **EXEMPLE DE PRODUIT RENFORCE SELON L'INVENTION**
- [0110] On a représenté sur la [Fig.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.
- [0111] Sur la [Fig.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 [Fig.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.

[0112] Ici, la matrice polymérique Ma est une matrice élastomérique à base d'une composition élastomérique.

[0113] **CÂBLE SELON UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION**

[0114] Le câble extrait 50 selon le mode de réalisation de l'invention se trouve en sur la [Fig.4] et le câble comparatif C1 possédant les mêmes caractéristiques que le câble 80 sauf le J_{rmax} sur la [Fig.5].

[0115] La [Fig.6] représente une photographie du câble 50 selon l'invention.

[0116] Chaque élément de renfort de protection 43, 45 et chaque élément de renfort de frettage est formé, après extraction du pneumatique P, 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 frettage 52, 54 dans laquelle sont noyés respectivement les éléments de renfort de protection 43, 45 et de frettage.

[0117] Le câble extrait 50 est métallique à une seule couche.

[0118] Le câble 50 comprend une couche de structure 1xN comprenant une unique couche 52 de $N = 5$ éléments filaires métalliques 54 enroulés en hélice autour d'un axe principal A s'étendant sensiblement parallèlement à la direction selon laquelle le câble s'étend selon sa plus grande longueur.

[0119] Dans le mode de réalisation illustré, chaque élément filaire métallique 54 comprend un unique monofilament métallique. Chaque élément filaire métallique 54 comprend également une couche (non représentée) d'un revêtement métallique comprenant du cuivre, du zinc, de l'étain, du cobalt ou un alliage de ces métaux, ici du laiton. Chaque monofilament métallique est en acier au carbone et présente une résistance mécanique ici égale à 3100 MPa.

[0120] Comme décrit précédemment, on détermine la valeur A_s en traçant une courbe contrainte-allongement du câble extrait 50 en appliquant la norme ASTM D2969-04 de 2014.

[0121] Les caractéristiques du câble extrait 50 ainsi que des câbles extraits 60, 70 et 80 selon l'invention sont reportés dans le tableau 1 ci-dessous ainsi que les caractéristiques du câble de l'état de la technique EDT et d'un câble comparatif C1, câble comparatif par rapport au câble 80.

[0122] [Tableaux1]

Câble	EDT	50	60	70	80	C1
N/M/P	4/3/8	-	-	-	-	-
N/ sens câble	SSS	5/S	8/S	4/S	6/S	6/S
Df(mm)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30
Dh (mm)	2,47	1,53	1,55	1,10	1,53	0,93
D (mm)	3,9	1,88	1,90	1,45	1,88	1,23
α (°)	23,3	28,3	26,2	19,1	26,2	17,3
Jr	0,38	2,43	1,33	1,42	1,82	0,44
As (%)	1,17	11,88	7,2	7,2	9	2,8
Dv (mm)	1,03	1,18	1,20	0,75	1,18	0,63
Rf (mm)	7,89	3,41	3,86	5,15	3,94	5,26
P (mm)	18	8,9	9,7	9,7	9,8	9,4
Dv/Df	0,72	3,40	3,46	2 ;17	3,40	2,10
Rf/Df	5,50	9,80	11,09	14,79	11,33	17,53
$0,35 \times \pi \times Dh$	2,32	1,68	1,71	1,21	1,68	1,02
$0,60 \times \pi \times Dh$	4,65	2,89	2,93	2,08	2,83	1,75

[0123] Ainsi, les câbles selon l'invention permettent de résoudre les problèmes évoqués en préambule. Les câbles selon l'invention (50, 60, 70 et 80) grâce à cet espace maximal disponible entre les fils extrêmes Jr max, permettent bien d'améliorer l'allongement structural par rapport au câble de l'état de la technique et au câble comparatif C1.

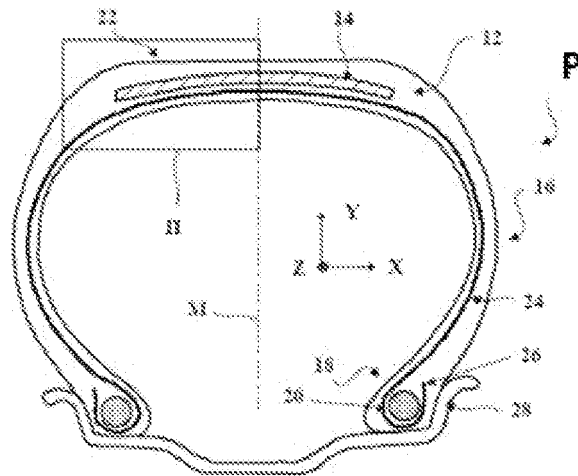
[0124] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation précédemment décrits

Revendications

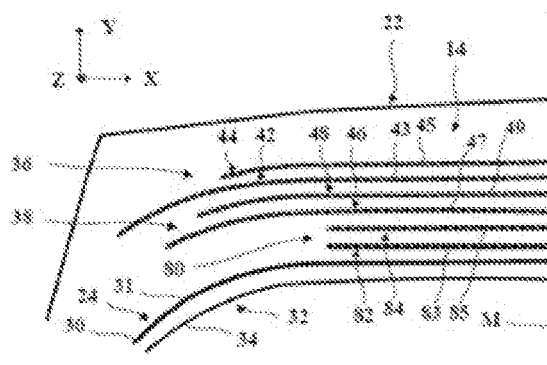
- [Revendication 1] Câble extrait (50) d'une matrice polymérique, le câble extrait (50) comprenant une unique couche (52) constituée de N éléments filaires métalliques (54) enroulés en hélice, chaque élément filaire métallique (54) de la couche (52) décrivant, lorsque le câble (50) s'étend selon une direction sensiblement rectiligne, une trajectoire en forme d'hélice autour d'un axe principal (A) sensiblement parallèle à la direction sensiblement rectiligne, de sorte que, dans un plan de coupe sensiblement perpendiculaire à l'axe principal (A), la distance entre le centre de chaque élément filaire métallique (54) de la couche (52) et l'axe principal (A) est égale à la moitié du diamètre d'hélice D_h et est sensiblement constante et égale pour tous les éléments filaires métalliques (54) de la couche (52), les éléments filaires métalliques (54) définissant une voûte interne (58) du câble de diamètre D_v , chaque élément filaire métallique (54) 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 (54), dans lequel, D_h , D_v , D_f et R_f étant exprimés en millimètres :
- $$9 \leq R_f / D_f \leq 30, \text{ et}$$
- $$1,30 \leq D_v / D_f \leq 4,5 ; \text{ et}$$
- l'espace entre les fils est le jeu relatif défini par le jeu relatif $J_r = (\pi \times D_h) / N \times (D_h \times \sin(\pi/N) - (D_f / \cos(\alpha \times \pi/180)))$, avec α étant l'angle d'hélice, exprimé en degrés, de chaque fil métallique (54) ;
- caractérisé en ce que :**
- l'espace maximal disponible entre les fils extrêmes $J_r \max = N \times J_r$ est tel que $0,35 \times \pi \times D_h \leq J_r \max \leq 0,60 \times \pi \times D_h$.
- [Revendication 2] Câble extrait (50) selon la revendication précédente, dans lequel $0,40 \times \pi \times D_h \leq J_r \max \leq 0,55 \times \pi \times D_h$.
- [Revendication 3] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'allongement structural A_s est tel que $A_s \geq 4,0\%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014.
- [Revendication 4] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'allongement total A_t est tel que $A_t \geq 10,0\%$ déterminé par la norme ASTM D2969-04 de 2014.
- [Revendication 5] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications pré-

- cédentes, dans lequel $9 \leq R_f / D_f \leq 17$.
- [Revendication 6] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel $1,30 \leq D_v / D_f \leq 4,0$, de préférence $1,30 \leq D_v / D_f \leq 3,60$.
- [Revendication 7] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rayon de courbure d'hélice R_f est tel que $2 \text{ mm} \leq R_f \leq 7 \text{ mm}$, de préférence $2 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $3 \text{ mm} \leq R_f \leq 5 \text{ mm}$.
- [Revendication 8] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre d'hélice D_h de chaque élément filaire métallique (54) est tel que $0,40 \text{ mm} \leq D_h \leq 2,00 \text{ mm}$, de préférence $0,50 \text{ mm} \leq D_h \leq 1,80 \text{ mm}$.
- [Revendication 9] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel D_f est tel que $0,10 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,50 \text{ mm}$, de préférence $0,25 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,45 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $0,25 \text{ mm} \leq D_f \leq 0,40 \text{ mm}$.
- [Revendication 10] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel D_v est tel que $D_v \geq 0,46 \text{ mm}$, de préférence $0,46 \text{ mm} \leq D_v \leq 1,50 \text{ mm}$.
- [Revendication 11] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque élément filaire métallique (54) est enroulé à un pas P tel que $3 \text{ mm} \leq P \leq 15 \text{ mm}$, de préférence $3 \text{ mm} \leq P \leq 12 \text{ mm}$.
- [Revendication 12] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant un diamètre D tel que $D \leq 2,50 \text{ mm}$, de préférence $0,75 \text{ mm} \leq D \leq 2,40 \text{ mm}$ et plus préférentiellement $1,00 \text{ mm} \leq D \leq 2,00 \text{ mm}$.
- [Revendication 13] Câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'angle d'hélice α de chaque élément filaire métallique (54) est tel que $13^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$.
- [Revendication 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 1 à 13.
- [Revendication 15] Pneumatique (P), **caractérisé en ce** qu'il comprend au moins un câble extrait (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 ou un produit renforcé selon la revendication 14.

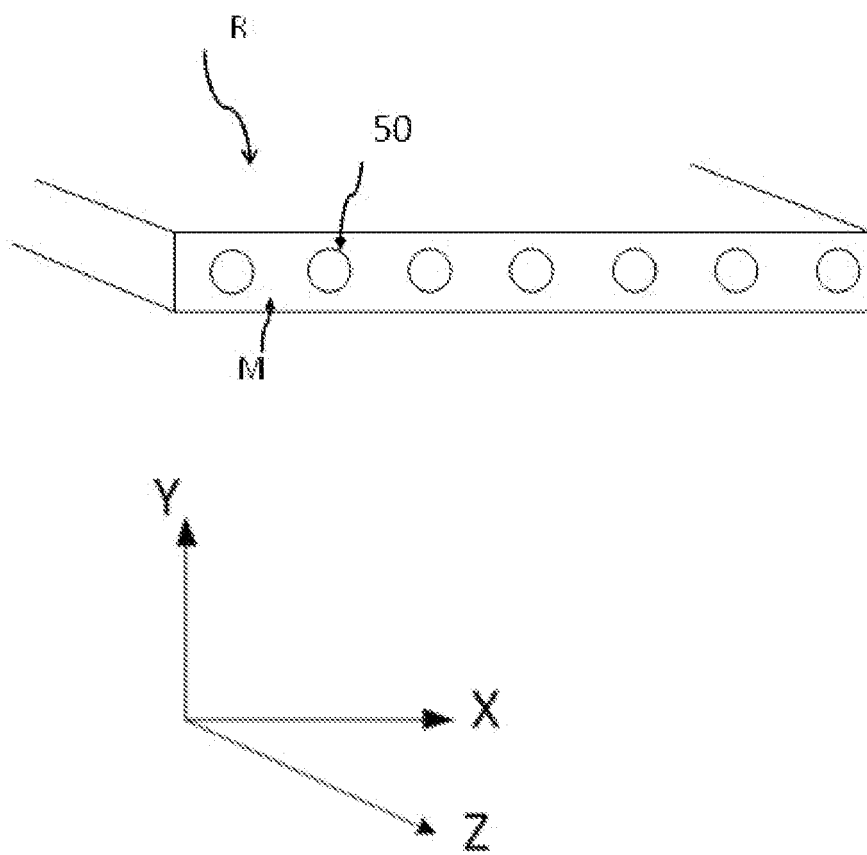
[Fig. 1]



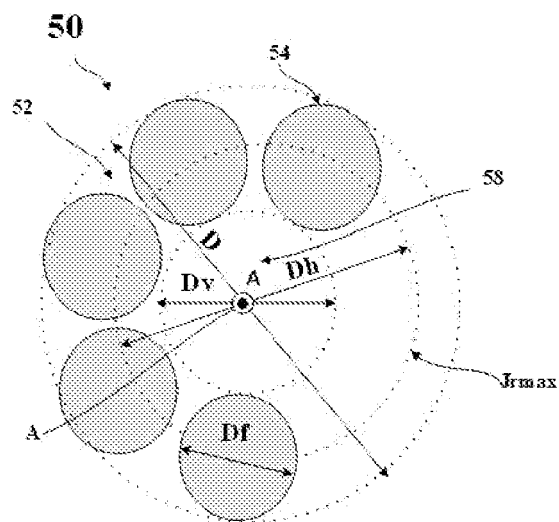
[Fig. 2]



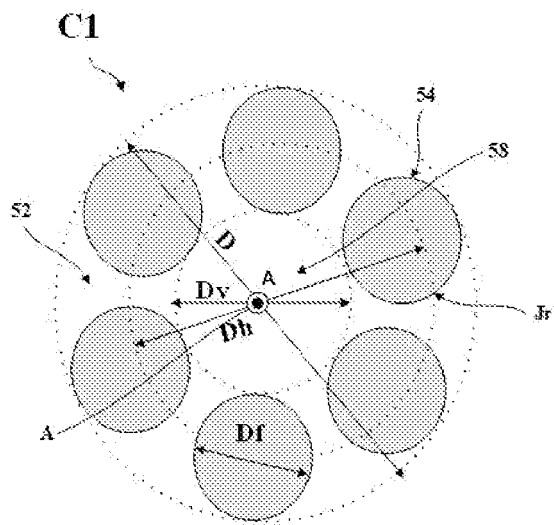
[Fig. 3]



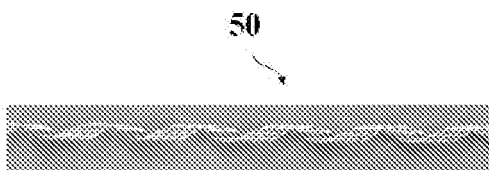
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 925268
FR 2314003

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2023/094754 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 1 juin 2023 (2023-06-01) * alinéas [0011], [0043], [0098], [0114]; revendication 1; tableau 1 * -----	1 - 15	B60C 9/00 D02G 3/48 D07B 1/06
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			D07B B60C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 juin 2024		Messai, Sonia	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2314003 FA 925268

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 07 - 06 - 2024

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2023094754 A1	01-06-2023	CA 3233208 A1	01-06-2023
		FR 3129411 A1	26-05-2023
		WO 2023094754 A1	01-06-2023
