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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
09 janvier 2025 (09.01.2025)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2025/008147 A1

(51) Classification internationale des brevets :
D07B 1/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2024/066322

(22) Date de dépôt international :
13 juin 2024 (13.06.2024)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2307218 06 juillet 2023 (06.07.2023) FR

(71) Déposant : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR] ; 23 Place des Carmes-Dechaux, 63000 CLERMONT-FERRAND (FR).

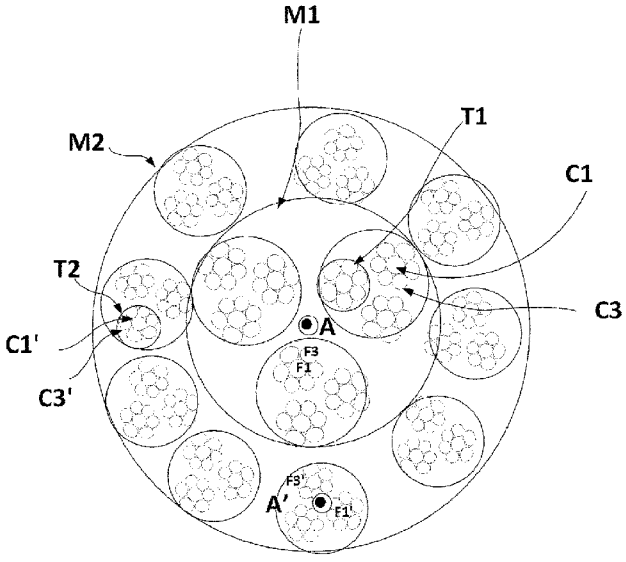
(72) Inventeurs : **LAURENT, Stéphane** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - 23, Place des Carmes-Déchaux -DCJ/PI - F35 - LADOUX, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09 (FR). **BARBAT, Romain** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - 23, Place des Carmes-Déchaux -DCJ/PI - F35 - LADOUX, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09 (FR). **CHEVALLEY, Marianna** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - 23, Place des Carmes-Déchaux -DCJ/PI - F35 - LADOUX, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09 (FR). **GIANETTI, Alexandre** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - 23, Place des Carmes-Déchaux -DCJ/PI - F35 - LADOUX, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09 (FR). **PINAUT, Rémi** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - 23, Place

(54) **Title:** MULTI-STRAND CABLE WITH TWO MULTI-STRAND LAYERS

(54) **Titre :** CÂBLE MULTI-TORONS À DEUX COUCHES DE MULTI-TORONS

50

Fig.4



(57) **Abstract:** The invention relates to a multi-strand cable (50) with two multi-strand layers, the cable (50) comprising: - a cable inner layer (CI) made up of X = 3 or 4 multi-strands (M1) that have a diameter DM1 and comprise K = 2, 3 or 4 strands (T1) helically wound about an axis (B), each strand (T1) having at least two layers (C1, C3); and - a cable outer layer (CE) made up of Y > 1 multi-strands (M2) that have a diameter DM2 and are wound about the cable inner layer (CI), each multi-strand (M2) comprising L = 2, 3 or 4 strands (T2) helically wound about an axis (A'), each strand (T2) having at least two layers (C1'; C3'), with the multi-strands of the inner layer (M1) and of the outer layer (M2) being helically wound about a main axis (A). The cable (50) has a structural elongation As such that As ≥ 1.0%, and has a saturation ratio π x (2 x ReM1 + DM1+DM2)/(Y x DM2) greater than or equal to 1.11.

WO 2025/008147 A1

[Suite sur la page suivante]

des Carmes-Déchaux -DCJ/PI - F35 - LADOUX, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09 (FR).

(74) **Mandataire : SANTIANO, Céline** ; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - 23, Place des Carmes-Déchaux -DCJ/PI - F35 - LADOUX, 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 9 (FR).

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

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

Publiée:

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

— *en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.*

(57) Abrégé : L'invention a pour objet un câble (50) multi-torons à deux couches de multi-torons, le câble (50) comprenant : - une couche interne (CI) du câble constituée de X=3 ou 4 multi-torons M1 de diamètre DM1 comprenant K=2, 3 ou 4 torons (T1) enroulés en hélice autour d'un axe (B), chaque toron (T1) étant à au moins deux couches (C1, C3); - une couche externe (CE) du câble constituée de Y>1 multi-torons M2 de diamètre DM2 enroulés autour de la couche interne (CI) du câble, chaque multi-torons M2 comprenant L=2, 3 ou 4 torons (T2) enroulés en hélice autour d'un axe (A'), chaque toron (T2) étant à au moins deux couches (C1'; C3') avec les multi-torons de la couche interne (M1) et de la couche externe (M2) étant enroulés en hélice autour d'un axe principal (A). Le câble (50) présente un allongement structural As tel que As $\geq$ 1,0% et avec un rapport de saturation π x (2 x ReM1 + DM1+DM2)/(Y x DM2) supérieur ou égal à 1,11.

Câble multi-torons à deux couches de multi-torons

[001] L'invention concerne des câbles et un pneumatique comprenant ces câbles.

[002] On connait de l'état de la technique, des câbles présentant une structure (1+6)x (3+8) tel que décrit dans le document FR2969181 lettre B. Ces câbles comprennent 6 torons enroulés en hélice autour d'un toron à un pas de 60 mm. Chaque toron comprend, d'une part, une couche interne de 3 fils internes enroulés en hélice à un pas 7,7 mm et une couche externe de 8 fils externes enroulés en hélice autour de la couche interne à un pas 15,4 mm. L'allongement structural du câble est inférieur à 2% et la force à rupture est de 19 600 N.

[003] Ces câbles sont des câbles rigides, ils ont l'avantage de soulager en tension les nappes de travail mais d'accroître très substantiellement la rigidité circonférentielle de la structure, amenant une sensibilité accrue du bloc sommet aux agressions au centre de la bande de roulement lorsqu'ils sont placés au niveau de l'armature additionnelle.

[004] On connait également de l'état de la technique des câbles tels que décrits dans US2792868.

[005] Aujourd'hui, un besoin se dessine pour le développement de nouveaux câbles pour des applications en nappes sommets, en particulier des nappes avec des angles de pose inférieurs à 10° telles que l'armature additionnelle. Cette armature a pour but de soulager en tension les nappes de travail, d'accroître la performance d'endurance du pneumatique, tout spécialement la résistance au clivage.

[006] L'invention a pour but un câble ayant un bon compromis de rigidité : assez souple pour diminuer la rigidité du bloc sommet avec une force à rupture suffisante pour tenir les sollicitations en extension.

[007] A cet effet l'invention a pour objet un câble multi-torons à deux couches de multi-torons, dans lequel le câble comprend :

- une couche interne du câble constituée de X=3 ou 4 multi-torons M1 de diamètre DM1 comprenant K=2, 3 ou 4 torons enroulés en hélice autour d'un axe au pas pi, chaque toron étant à au moins deux couches comprenant :
- une couche interne constituée de Q1 fil(s) métallique(s) interne(s) de diamètre d1, et
- une couche externe constituée de Q3 fils métalliques externes de diamètre d3 enroulés autour de la couche interne ; et
- une couche externe du câble constituée de Y>1 multi-torons M2 de diamètre DM2 enroulés autour de la couche interne du câble, chaque multi-torons M2 comprenant L=2, 3 ou 4 torons enroulés en hélice autour d'un axe, chaque toron étant à au moins deux couches comprenant :
- une couche interne constituée de Q1' fil(s) métallique(s) interne(s) de diamètre d1', et
- une couche externe constituée de Q3' fils métalliques externes de diamètre d3' enroulés

autour de la couche interne,

avec les multi-torons de la couche interne et de la couche externe étant enroulés en hélice autour d'un axe principal,

le câble présente un allongement structural As tel que As ≥ 1,0%, l'allongement structural As étant déterminé selon la norme ASTM D2969-04 de 2014 au câble de façon à obtenir une courbe force-allongement, l'allongement structural As étant égal à l'allongement, en %, correspondant à l'intersection entre la tangente à la partie élastique de la courbe force-allongement en un point quelconque de sa partie élastique et l'axe des allongements de la courbe force-allongement ; et

avec un rapport de saturation π x (2 x ReM1 + DM1+DM2)/(Y x DM2) supérieur ou égal à 1,11 avec ReM1 étant le rayon d'enroulement de la couche interne du multi-torons M1 déterminé par

$$Re_{M1} = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{X}\right)}{\left(\frac{DM1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{X}\right) * \left(\frac{2\pi}{pi}\right)^2\right)^{1/2}}$$

[008] Grâce à cette configuration de câble multi-torons à deux couches de multi-torons désaturée, le câble selon l'invention permet d'obtenir un câble avec suffisamment d'allongement structural apportant une souplesse en extension et suffisamment de masse métal, tout en gardant des fils fins pour la souplesse en flexion, pour améliorer le compromis entre les cisaillements dans la matrice polymérique, la souplesse et la résistance du bloc sommet et ainsi améliorer le compromis de performance agression et clivage.

[009] L'allongement structural As, 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'As sur la courbe obtenue comme l'allongement, en %, correspondant à l'intersection entre la tangente à la partie élastique de la courbe force-allongement et l'axe des allongements 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 un allongement structural du câble résultant du rapprochement des différents torons et fils métalliques constituants 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 fils métalliques. La partie plastique correspond à l'allongement plastique résultant de la plasticité (déformation irréversible au-delà de la limite d'élasticité) des fils métalliques.

[010] Dans l'invention, le câble comprend deux couches de multi-torons, c'est-à-dire qu'il comprend un assemblage constitué d'une couche de Y>1 multi-torons enroulé autour d'une seule couche de multi-torons, ni plus ni moins, c'est-à-dire que l'assemblage possède deux couches de multi-torons, pas une, pas trois, mais uniquement deux.

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

[012] Dans un mode de réalisation, les multi-torons internes du câble sont entourés d'une composition polymérique puis de la couche externe.

[013] Avantageusement, chaque toron est à couches cylindriques.

[014] Avantageusement, chaque toron dans le multi-torons est à deux couches, c'est-à-dire qu'il comprend un assemblage constitué de deux couches de fils métalliques, ni plus ni moins, c'est-à-dire que l'assemblage a deux couches de fils métalliques, pas une, pas trois, mais uniquement deux. La couche externe de chaque toron est enroulée autour de la couche interne de ce toron au contact de la couche interne de ce toron.

[015] De façon très avantageuse, chaque toron de la couche interne et chaque toron de la couche externe sont à couches cylindriques. On rappelle que de telles couches cylindriques sont obtenues lorsque les différentes couches de torons sont enroulées à des pas différents et/ou lorsque les sens d'enroulement de ces couches sont distincts d'une couche à l'autre. Un toron à couches cylindriques est très fortement pénétrable contrairement à un toron à couches compactes dans lequel les pas de toutes les couches sont égaux et les sens d'enroulement de toutes les couches sont identiques qui présente une pénétrabilité bien plus faible.

[016] Avantageusement, chaque toron de la couche interne et chaque toron de la couche externe sont désaturés, c'est-à-dire qu'il existe un espace entre les fils de couche externe, permettant à la composition élastomérique d'imprégner chaque toron.

[017] De préférence, les torons ne subissent pas de préformation.

[018] Par définition, le diamètre des multi-torons de la couche interne DM1 ou externe DM2 est le diamètre du plus petit cercle dans lequel est circonscrit le multi-torons.

[019] Par définition, le diamètre des torons de la couche interne DT1 ou externe DT2 est le diamètre du plus petit cercle dans lequel est circonscrit le toron.

[020] Le diamètre DM1 du multi-torons M1 se calcule comme suit : On calcule d'abord le diamètre du toron T1: DT1 = 2 x Re1 + d1 + 2 x d2 + 2 x d3 avec Re1 est le rayon d'enroulement de la couche interne du toron interne, avec

- si la couche interne du toron externe contient 1 seul fil métallique interne : Re1=0: ;
- Sinon,

$$Re1 = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{Q1}\right)}{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{Q1}\right) * \left(\frac{2\pi}{p1}\right)^2\right)^{1/2}}$$

avec p1 le pas de la couche interne dans le toron T1

DM1 = 2 x ReT1 + DT1

avec ReT1 est le rayon d'enroulement du toron,

$$ReT1 = \frac{2}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{K}\right)}{\left(\frac{DT_1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{K}\right) * \left(\frac{2\pi}{P1}\right)^2\right)^{1/2}}$$

avec P1 est le pas d'assemblage du multi-torons M1.

[021] Le diamètre DM2 du multi-torons M2 se calcule de la même manière : On calcule d'abord le diamètre du toron T2 : DT2 = 2 x Re1' + d1' + 2 x d2' + 2 x d3'

avec Re1' est le rayon d'enroulement de la couche interne du toron externe, avec

- si la couche interne du toron externe contient 1 seul fil métallique interne: Re1'=0
- Sinon,

$$Re1' = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{Q1'}\right)}{\left(\frac{d_{1'}}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{Q1'}\right) * \left(\frac{2\pi}{p1'}\right)^2\right)^{1/2}}$$

avec p1' le pas de la couche interne dans le toron T2

DM2 = 2 x ReT2 + DT2

avec ReT2 est le rayon d'enroulement du toron,

$$ReT2 = \frac{2}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{L}\right)}{\left(\frac{DT_2}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{L}\right) * \left(\frac{2\pi}{P2}\right)^2\right)^{1/2}}$$

avec P2 est le pas d'assemblage du multi-torons M2.

[022] Le rapport de saturation se définit par le périmètre formé par le centre des multi-torons de la couche externe divisé par la somme des diamètres des multi-torons de la couche externe.

[023] Il se calcule de la façon suivante : π x (2 x ReM1 + DM1+DM2) /(Y x DM2) avec ReM1 étant le rayon d'enroulement de la couche interne du multi-torons M1 déterminé par

$$Re_{M1} = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{X}\right)}{\left(\frac{DM1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{X}\right) * \left(\frac{2\pi}{pi}\right)^2\right)^{1/2}}$$

[024] Ce rapport de saturation supérieur ou égal à 1,11 permet de désaturer les multi-torons pour garantir une pénétration de la matrice polymérique jusqu'aux couches internes du câble pour améliorer la performance corrosion et endurance du pneumatique.

[025] Avantageusement, le câble tel que défini ci-dessus est nu c'est-à-dire dépourvu de toute composition polymérique, notamment le câble est dépourvu de toute composition élastomérique.

[026] Par fil métallique, on entend un monofilament métallique comprenant une âme constituée majoritairement (c'est-à-dire pour plus de 50% de sa masse) ou intégralement (pour 100% de sa masse) d'un matériau métallique, par exemple en acier au carbone. Le fil métallique peut avantageusement comprendre une couche d'un revêtement métallique revêtant l'âme, le revêtement métallique étant choisi parmi le zinc, le cuivre, l'étain et les alliages de ces métaux, par exemple le laiton. Chaque fil est préférentiellement en acier perlitique ou ferrito-perlitique au carbone.

[027] Les valeurs des caractéristiques décrites dans la présente demande pour le câble nu sont mesurées sur ou déterminées à partir des câbles directement après fabrication, c'est-à-dire avant toute étape de noyage dans une matrice polymérique, notamment élastomérique.

[028] Dans la présente demande, 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 ».

[029] Avantageusement, As ≥ 1,5% et de préférence As ≥ 2,0%.

[030] L'invention a également pour objet un câble extrait d'une matrice polymérique dans lequel le câble extrait comprend :

- une couche interne du câble constituée de X=3 ou 4 multi-torons M1 de diamètre DM1 comprenant K=2, 3 ou 4 torons enroulés en hélice autour d'un axe principal au pas pi, chaque toron étant à au moins deux couches comprenant :
- une couche interne constituée de Q1 fil(s) métallique(s) interne(s) de diamètre d1, et
- une couche externe constituée de Q3 fils métalliques externes de diamètre d3 enroulés autour de la couche interne ; et
- une couche externe du câble constituée de Y>1 multi-torons M2 de diamètre DM2 enroulés autour de la couche interne du câble, chaque multi-torons M2 comprenant L=2, 3 ou 4 torons enroulés en hélice autour d'un axe, chaque toron étant à au moins deux couches comprenant :
- une couche interne constituée de Q1' fil(s) métallique(s) interne(s) de diamètre d1', et
- une couche externe constituée de Q3' fils métalliques externes de diamètre d3' enroulés autour de la couche interne,

avec les multi-torons de la couche interne et de la couche externe étant enroulés en hélice autour d'un axe principal,

le câble présente un allongement structural As' tel que As' ≥ 0,3%, l'allongement structural As' étant déterminé selon la norme ASTM D2969-04 de 2014 au câble de façon à obtenir une courbe force-allongement, l'allongement structural As' étant égal à l'allongement, en %, correspondant à l'intersection entre la tangente à la partie élastique de la courbe force-allongement en un point quelconque de sa partie élastique et l'axe des allongements de la courbe force-allongement ; et

avec un rapport de saturation π x (2 x ReM1 + DM1+DM2)/(Y x DM2) supérieur ou égal à 1,11 avec ReM1 étant le rayon d'enroulement de la couche interne du multi-torons M1 déterminé par

$$Re_{M1} = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{X}\right)}{\left(\frac{DM1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{X}\right) * \left(\frac{2\pi}{pi}\right)^2\right)^{1/2}}$$

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

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

polymérique, de préférence élastomérique.

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

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

[035] 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.

[036] 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.

[037] 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.

[038] Les valeurs des caractéristiques décrites dans la présente demande pour le câble extrait sont mesurées sur ou déterminées à partir de câbles extrait 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.

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

[040] De façon préférée, le câble présente un diamètre du câble tel que le diamètre D du câble va de 4 mm à 10 mm, de préférence de 5 mm à 8 mm.

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

[042] De façon préférée, les diamètres des fils métalliques vont indépendamment les uns des autres, de 0,15 mm à 0,50 mm, de préférence de 0,18 mm à 0,35 mm et plus préférentiellement de 0,20 mm à 0,30 mm.

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

[044] Avantageusement, Y est égal à 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, de préférence Y=8 ou 9.

[045] Avantageusement, K= 2, 3 ou 4, de préférence K=3 ou 4.

[046] Avantageusement, L= 2,3 ou 4 et de préférence L =3 ou 4.

[047] Dans un premier mode de réalisation, chaque toron de la couche interne est à deux couches.

[048] Avantageusement, chaque toron de la couche externe est à deux couches.

[049] Avantageusement, dans ce premier mode de réalisation, dans une variante préférée, chaque toron des couches interne et externe est à deux couches.

[050] Dans un deuxième mode de réalisation, chaque toron de la couche interne est à trois couches et comprend :

une couche intermédiaire constituée de Q2 fils métalliques intermédiaires enroulés autour de la couche interne, et

une couche externe constituée de Q3 fils métalliques externes enroulés autour de la couche intermédiaire.

[051] Avantageusement, chaque toron de la couche externe est à trois couches (et comprend :

une couche intermédiaire constituée de Q2' fils métalliques intermédiaires enroulés autour de la couche interne, et

une couche externe constituée de Q3' fils métalliques externes enroulés autour de la couche intermédiaire.

[052] Avantageusement, dans ce deuxième mode de réalisation, dans une variante préférée, chaque toron des couches interne et externe est à trois couches.

[053] Avantageusement, chaque toron est du type non gommé in situ. Par non gommé in

situ, on entend qu'avant assemblage des torons entre eux, chaque toron est constitué des fils des différentes couches et dépourvu de composition polymérique, notamment de composition élastomérique.

[054] Torons des multi-torons internes M1 du câble selon l'invention

[055] Avantageusement, Q1=1, 2, 3 ou 4, de préférence Q1=1, 2 ou 3 et plus préférentiellement Q1= 1 ou 3.

[056] Avantageusement, Q3=5, 6, 7, 8, 9 ou 10, de préférence Q3=6, 7, 8 ou 9 et plus préférentiellement Q3 = 6 ou 8.

[057] Dans un mode de réalisation, Q1=1.

[058] Avantageusement, Q3 =5, 6 ou 7 et de préférence Q3=6.

[059] Dans un autre mode de réalisation préféré, Q1>1, de préférence Q1=2, 3 ou 4.

[060] Avantageusement, Q3 =7, 8, 9 ou 10 et de préférence Q3=7, 8 ou 9.

[061] Dans une première variante, Q1=2 et Q3=7 ou 8, de préférence Q1=2, Q3=7.

[062] Dans une deuxième variante, Q1=3 et Q3=7, 8 ou 9, de préférence Q1=3, Q3=8.

[063] Dans une troisième variante, Q1=4 et Q3=7, 8, 9 ou 10, de préférence Q1=4, Q3=9.

[064] Torons des multi-torons externes M2 du câble selon l'invention

[065] Avantageusement, Q1'=1, 2, 3 ou 4, de préférence Q1'=1, 2 ou 3 et plus préférentiellement Q1'= 1 ou 3.

[066] Avantageusement, Q3'=5, 6, 7, 8, 9 ou 10, de préférence Q3'= 6, 7, 8 ou 9 et plus préférentiellement Q3' = 6 ou 8.

[067] Dans un mode de réalisation, Q1'=1.

[068] Avantageusement, Q3' = 5, 6 ou 7 et de préférence Q3'=6.

[069] Dans un autre mode de réalisation préféré, Q1'>1, de préférence Q1'=2, 3 ou 4.

[070] Avantageusement, Q3' =7, 8, 9 ou 10 et de préférence Q3'=7, 8 ou 9.

[071] Dans une première variante, Q1'=2 et Q3'=7 ou 8, de préférence Q1'=2, Q3'=7.

[072] Dans une deuxième variante, Q1'=3 et Q3'=7, 8 ou 9, de préférence Q1'=3, Q3'=8.

[073] Dans une troisième variante, Q1'=4 et Q3'=7, 8, 9 ou 10, de préférence Q1'=4, Q3'=9.

[074] Avantageusement, Q1=1 et Q3=6, Q1'= 1 et Q3'=6.

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

[076] Un autre objet de l'invention est un produit renforcé comprenant une matrice polymérique et au moins un câble ou câble extrait tel que défini précédemment.

[077] 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.

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

[079] Un autre objet de l'invention est un pneumatique comprenant au moins un câble extrait ou un produit renforcé tel que défini ci-dessus.

[080] Par pneumatique comprenant un câble extrait, on entend un pneumatique comprenant un câble dont les propriétés, mesurées après extraction du pneumatique, sont celles du câble extrait, ce câble étant, préalablement à son incorporation au pneumatique, un câble tel que le câble décrit précédemment.

[081] 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.

[082] Dans un mode de réalisation préféré, l'armature de sommet comprend une armature de protection, une armature de travail et une armature additionnelle, l'armature additionnelle comprenant au moins un câble tel que défini ci-dessus, l'armature additionnelle faisant un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique et étant radialement intercalée entre l'armature de travail et l'armature de carcasse.

[083] 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.

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

[085] 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.

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 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 ; et
- la figure 5 est une vue schématique en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos) d'un câble extrait (50') selon un premier mode de réalisation de

l'invention .

[086] EXEMPLE DE PNEUMATIQUE SELON L'INVENTION

[087] 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.

[088] 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.

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

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

[091] Le pneumatique 10 comporte un sommet 12 renforcé par une armature de sommet 14, deux flancs 16 et deux bourrelets 18, chacun de ces bourrelets 18 étant renforcé avec une structure annulaire, ici une tringle 20. L'armature de sommet 14 est surmontée radialement d'une bande de roulement 22 et réunie aux bourrelets 18 par les flancs 16. Une 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.

[092] 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).

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

[094] L'armature de sommet 14 comprend, radialement de l'extérieur vers l'intérieur du pneumatique 10, une armature de protection 36 agencée radialement à l'intérieur de la bande de roulement 22, une armature de travail 38 agencée radialement à l'intérieur de l'armature de protection 36 et une armature additionnelle 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.

[095] 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 35° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique.

[096] 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.

[097] L'armature additionnelle 40, également appelée bloc limiteur, dont une fonction est de reprendre en partie les sollicitations mécaniques de gonflage, comprend au moins un câble 50 et l'armature additionnelle fait un angle au plus égal à 10°, de préférence allant de 5° à 10° avec la direction circonférentielle Z du pneumatique 10.

[098] EXEMPLE DE PRODUIT RENFORCE SELON L'INVENTION

[099] On a représenté sur la figure 3 un produit renforcé selon l'invention et désigné par la référence générale 100. Le produit renforcé 100 comprend au moins un câble 50, en l'espèce plusieurs câbles 50, noyés dans la matrice polymérique 102.

[0100] Sur la figure 3, on a représenté la matrice polymérique 102, 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 100 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 100 et noyés collectivement dans la matrice polymérique 102.

Ici, la matrice polymérique 102 est une matrice élastomérique à base d'une composition élastomérique.

[0101] CABLE SELON UN PREMIER MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0102] On a représenté sur la figure 4 le câble 50 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0103] En référence à la figure 5, chaque élément de renfort de l'armature additionnelle 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 travail.

[0104] Le câble 50 et le câble extrait 50' sont métalliques et du type multi-torons de multi-torons à deux couches cylindriques. Ainsi, on comprend que les couches de multi-torons constituant le câble 50 ou 50' sont au nombre de deux, ni plus, ni moins.

[0105] Au moins 50% des fils métalliques, de préférence au moins 60%, plus préférentiellement au moins 70% des fils métalliques, et très préférentiellement chaque fil

métallique du câble comprend une âme en acier présentant une composition conforme à la norme NF EN 10020 de septembre 2000 et un taux de carbone C > 0,80% et de préférence C ≥ 0,82 % et au moins 50% des fils métalliques, de préférence au moins 60%, plus préférentiellement au moins 70% des fils métalliques, et très préférentiellement chaque fil métallique du câble comprend une âme en acier présentant une composition conforme à la norme NF EN 10020 de septembre 2000 et un taux de carbone C ≤ 1,20% et de préférence C ≤ 1,10%. Ici chaque fil métallique comprend une âme en acier présentant une composition conforme à la norme NF EN 10020 de septembre 2000 et un taux de carbone C= 0,86%.

[0106] Chaque fil présente une résistance à la rupture, notée Rm, telle que 2500 ≤ Rm ≤ 3100 MPa. On dit de l'acier de ces fils qu'il est de grade SHT (« Super High Tensile »). D'autres fils peuvent être utilisés, par exemple des fils de grade inférieur, par exemple de grade NT (« Normal Tensile ») ou HT (« High Tensile »), comme des fils de grade supérieur, par exemple de grade UT (« Ultra Tensile ») ou MT (« Mega Tensile »).

[0107] PROCEDE DE FABRICATION DU CABLE SELON L'INVENTION

[0108] Nous allons maintenant décrire un exemple de procédé de fabrication du câble multi-torons de multi-torons 50.

[0109] Chaque toron interne T1 précédemment décrit est fabriqué selon des procédés connus comportant les étapes suivantes, opérées préférentiellement en ligne et en continu :

- tout d'abord, une première étape d'assemblage par câblage ou retordage des 6 fils externes F3 autour du fil interne F1 de la couche interne C1 au pas p3 et dans le sens S pour former la couche externe C3 en un premier point d'assemblage ;
- préférentiellement une étape d'équilibrage final des torsions.

Chaque toron externe T2 précédemment décrit est fabriqué selon des procédés connus comportant les étapes suivantes, opérées préférentiellement en ligne et en continu :

- tout d'abord, une première étape d'assemblage par câblage ou retordage des 6 fils externes F3' autour du fil interne F1' de la couche interne C1' au pas p3' et dans le sens S pour former la couche externe C3' en un premier point d'assemblage ;
- préférentiellement une étape d'équilibrage final des torsions.

[0110] Par « équilibrage de torsion », on entend ici de manière bien connue de l'homme du métier l'annulation des couples de torsion résiduels (ou du retour élastique de torsion) s'exerçant sur chaque fil du toron, dans la couche externe.

[0111] Après cette étape ultime d'équilibrage de la torsion, la fabrication du toron est terminée. Chaque toron est enroulé sur une ou plusieurs bobines de réception, pour stockage, avant l'opération ultérieure d'assemblage par retordage des torons élémentaires pour l'obtention du câble multi-torons.

[0112] Pour la fabrication des multi-torons de l'invention, on procède de manière bien connue

de l'homme du métier, par retordage des torons précédemment obtenus, à l'aide de machines de retordage dimensionnées pour assembler des torons.

[0113] Dans une étape de fabrication d'un multi-torons M1, on assemble par câblage les K=3 torons internes T1 au pas P1 et dans le sens S pour former un multi-torons M1 de la couche interne CI en un premier point d'assemblage.

[0114] Dans une étape de fabrication de la couche interne CI, on assemble par câblage les X=3 multi-torons M1 au pas pi et dans le sens Z pour former la couche interne CI en un premier point d'assemblage.

[0115] Dans une étape de fabrication des multi-torons M2 la couche externe CE, on assemble par câblage les L=3 torons externes T2 au pas P2 et dans le sens S pour former les multi-torons M2 de la couche externe CE en un premier point d'assemblage.

[0116] Puis, dans une étape de fabrication ultérieure, on assemble par câblage les Y=9 multi-torons externes M2 autour de la couche interne CI au pas pe et dans le sens Z pour former l'assemblage des couches CI et CE. Eventuellement, dans une dernière étape d'assemblage, on enroule la frette F au pas pf dans le sens S autour de l'assemblage précédemment obtenu.

[0117] Le câble 50 est ensuite incorporé par calandrage à des tissus composites formés d'une composition connue à base de caoutchouc naturel et de noir de carbone à titre de charge renforçante, utilisée conventionnellement pour la fabrication des armatures de sommet de pneumatiques radiaux. Cette composition comporte essentiellement, en plus de l'élastomère et de la charge renforçante (noir de carbone), un antioxydant, de l'acide stéarique, une huile d'extension, du naphténate de cobalt en tant que promoteur d'adhésion, enfin un système de vulcanisation (soufre, accélérateur, ZnO).

[0118] Les tissus composites renforcés par ces câbles comportent une matrice de composition élastomérique formée de deux couches fines de composition élastomérique qui sont superposées de part et d'autre des câbles et qui présentent respectivement une épaisseur allant de 1 et 4 mm. Le pas de calandrage (pas de pose des câbles dans le tissu de composition élastomérique) va de 4 mm à 8 mm.

[0119] Ces tissus composites sont ensuite utilisés en tant que nappe de travail dans l'armature de sommet lors du procédé de fabrication du pneumatique, dont les étapes sont par ailleurs connues de l'homme du métier.

[0120] CABLE SELON UN DEUXIEME MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0121] A la différence du premier mode de réalisation décrit précédemment, le câble 60 selon le deuxième mode de réalisation est tel que Y=8 d1= 0,26 et d3=0,23, d1'=0,30 et d3'=0,26.

[0122] On a résumé dans le tableau 1 ci-dessous les caractéristiques pour les différents câbles 50, 50' et 60.

[0123] Pour déterminer la force à rupture d'un câble, on extrait un câble puis on extrait les multi-torons M1 et M2 et on tractionne chacun des multi-torons indépendamment. On somme

la force rupture de tous les multi-torons et on multiplie par un coefficient correctif de 90% pour prendre en compte la perte de rendement de la mise en assemblage.

[0124] [Tableau 1]

Câbles			50	50'	60
X			3	3	3
M1	T1	K	3	3	3
		Q1/Q2/Q3	1/-/6	1/-/6	1/-/6
		d1/d2/d3	0,30/-/0,26	0,30/-/0,26	0,26/-/0,23
		sens C1/pas p1 (mm)	S/inf	S/inf	S/inf
		sens C2/pas p2 (mm)	-	-	-
		sens C3/pas p3 (mm)	S/13,7	S/13,7	S/13,7
	Sens T1/P1 (mm)		S/7,5	S/7,5	S/7,5
Y			9	9	8
M2	T2	L	3	3	3
		Q1'/Q2'/Q3'	1/-/6	1/-/6	1/-/6
		d1'/d2'/ d3'	0,26/-/0,23	0,26/-/0,23	0,30/-/0,26
		sens C1'/pas p1' (mm)	S/inf	S/inf	S/inf
		sens C2'/pas p2' (mm	-	-	-
		sens C3'/pas p3' (mm)	S/13,7	S/13,7	S/13,7
	Sens T2/P2 (mm)		S/7,5	S/7,5	S/7,5
Sens câble/pi/pe			ZZ/50/80	ZZ/50/80	ZZ/50/80
DM1 (mm)			1,84	1,84	1,63
DM2 (mm)			1,63	1,63	1,84
Rapport de saturation			1,20	1,20	1,14
As (%)			2	-	2
As'(%)			-	0,5	-
At (%)			3,6	-	4
D (mm)			7,2	7,2	7,2
Force à rupture(daN)			24546	23319	23877

[0125] Et on a résumé dans le tableau 2 ci-dessous les caractéristiques pour le câble de l'état de la technique décrit dans le document FR2969181 lettre B.

[0126] [Tableau 2]

Câble	EDT
(1+6)/sens câble	(1+6)/S

sens torons	S
Q1	3
Q3	8
p1 (mm)	7,7
p2 (mm)	15,4
Pi (mm)	inf
Pe (mm)	60
At %	2
As %	0,1
DM1 (mm)	1,44
DM2(mm)	1,44
Rapport de saturation	1,05
Force à rupture (daN)	19600

[0127] On constate que les câbles 50, 50' et 60 selon l'invention permettent d'obtenir un câble avec une force à rupture suffisante par rapport au câble de l'état de la technique dans le but d'obtenir un câble avec un bon compromis de rigidité : assez souple pour diminuer la rigidité du bloc sommet avec une force à rupture suffisante pour tenir les sollicitations en extension tout en ayant un rapport de saturation supérieur ou égal à 1,11 ce qui permet de désaturer les multi-torons pour garantir une pénétration de la matrice polymérique jusqu'aux couches internes du câble pour améliorer la performance corrosion et endurance.

[0128] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation précédemment décrits.

REVENDICATIONS

1. Câble (50) multi-torons à deux couches de multi-torons, **caractérisé en ce que** le câble (50) comprend :
- une couche interne (CI) du câble constituée de X=3 ou 4 multi-torons M1 de diamètre DM1 comprenant K=2, 3 ou 4 torons (T1) enroulés en hélice autour d'un axe (B) au pas pi, chaque toron (T1) étant à au moins deux couches (C1, C3) comprenant :
- une couche interne (C1) constituée de Q1 fil(s) métallique(s) interne(s) (F1) de diamètre d1, et
- une couche externe (C3) constituée de Q3 fils métalliques externes (F3) de diamètre d3 enroulés autour de la couche interne (C1); et
- une couche externe (CE) du câble constituée de Y>1 multi-torons M2 de diamètre DM2 enroulés autour de la couche interne (CI) du câble, chaque multi-torons (M2) comprenant L=2, 3 ou 4 torons (T2) enroulés en hélice autour d'un axe (A'), chaque toron (T2) étant à au moins deux couches (C1'; C3') comprenant :
- une couche interne (C1') constituée de Q1' fil(s) métallique(s) interne(s) (F1') de diamètre d1', et
- une couche externe (C3') constituée de Q3' fils métalliques externes (F3') de diamètre d3' enroulés autour de la couche interne (C1'),
avec les multi-torons de la couche interne (M1) et de la couche externe (M2) étant enroulés en hélice autour d'un axe principal (A),
le câble (50) présente un allongement structural As tel que As ≥ 1,0%, l'allongement structural As étant déterminé selon la norme ASTM D2969-04 de 2014 au câble (50) de façon à obtenir une courbe force-allongement, l'allongement structural As étant égal à l'allongement, en %, correspondant à l'intersection entre la tangente à la partie élastique de la courbe force-allongement en un point quelconque de sa partie élastique et l'axe des allongements de la courbe force-allongement ; et
avec un rapport de saturation π x (2 x ReM1 + DM1+DM2)/(Y x DM2) supérieur ou égal à 1,11 avec ReM1 étant le rayon d'enroulement de la couche interne du multi-torons M1 déterminé par

$$Re_{M1} = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{X}\right)}{\left(\frac{DM1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{X}\right) * \left(\frac{2\pi}{pi}\right)^2\right)^{1/2}}$$

2. Câble (50) selon la revendication précédente, dans lequel As ≥ 1,5% et de préférence As ≥ 2,0%.

3. Câble (50') multi-torons à deux couches de multi-torons extrait d'une matrice polymérique (102), **caractérisé en ce que** le câble extrait (50') comprend :
- une couche interne (CI) du câble constituée de X=3 ou 4 multi-torons M1 de diamètre DM1 comprenant K=2, 3 ou 4 torons (T1) enroulés en hélice autour d'un axe principal (B) au pas pi, chaque toron (T1) étant à au moins deux couches (C1, C3) comprenant :
- une couche interne (C1) constituée de Q1 fil(s) métallique(s) interne(s) (F1) de diamètre d1, et
- une couche externe (C3) constituée de Q3 fils métalliques externes (F3) de diamètre d3 enroulés autour de la couche interne (C1); et
- une couche externe (CE) du câble constituée de Y>1 multi-torons M2 de diamètre DM2 enroulés autour de la couche interne (CI) du câble, chaque multi-torons (M2) comprenant L=2, 3 ou 4 torons (T2) enroulés en hélice autour d'un axe (A'), chaque toron (T2) étant à au moins deux couches (C1'; C3') comprenant :
- une couche interne (C1') constituée de Q1' fil(s) métallique(s) interne(s) (F1') de diamètre d1', et
- une couche externe (C3') constituée de Q3' fils métalliques externes (F3') de diamètre d3' enroulés autour de la couche interne (C1'),
avec les multi-torons de la couche interne (M1) et de la couche externe (M2) étant enroulés en hélice autour d'un axe principal (A),
le câble (50') présente un allongement structural As' tel que As' ≥ 0,3%, l'allongement structural As' étant déterminé selon la norme ASTM D2969-04 de 2014 au câble (50') de façon à obtenir une courbe force-allongement, l'allongement structural As' étant égal à l'allongement, en %, correspondant à l'intersection entre la tangente à la partie élastique de la courbe force-allongement en un point quelconque de sa partie élastique et l'axe des allongements de la courbe force-allongement ; et
avec un rapport de saturation π x (2 x ReM1 + DM1+DM2)/(Y x DM2) supérieur ou égal à 1,11 avec ReM1 étant le rayon d'enroulement de la couche interne du multi-torons M1 déterminé par

$$Re_{M1} = \frac{1}{\left(\frac{sin^2\left(\frac{\pi}{X}\right)}{\left(\frac{DM1}{2}\right)^2} - cos^2\left(\frac{\pi}{X}\right) * \left(\frac{2\pi}{pi}\right)^2\right)^{1/2}}$$

4. Câble (50 ; 50') selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre D du câble va de 4 mm à 10 mm, de préférence de 5 mm à 8 mm.
5. Câble (50 ; 50') selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les

diamètres des fils métalliques (F1 ; F3 ; F1' ; F3') vont indépendamment les uns des autres, de 0,15 mm à 0,50 mm, de préférence de 0,18 mm à 0,35 mm et plus préférentiellement de 0,20 mm à 0,30 mm.

6. Câble (50,50') selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel Y est égal à 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, de préférence Y=8 ou 9.
7. Câble (50,50') selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel K=3 ou 4.
8. Câble (50,50') selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel L =3 ou 4.
9. Câble (50 ; 50') selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque toron (T1) de la couche interne (CI) est à deux couches (C1, C3).
10. Câble (50 ; 50') selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque toron (T2) de la couche externe (CE) est à deux couches (C1', C3').
11. Câble (60) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque toron (T1) de la couche interne (CI) est à trois couches (C1, C2, C3) et comprend : une couche intermédiaire (C2) constituée de Q2 fils métalliques intermédiaires (F2) enroulés autour de la couche interne (C1), et une couche externe (C3) constituée de Q3 fils métalliques externes (F3) enroulés autour de la couche intermédiaire (C2).
12. Câble (60) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque toron (T2) de la couche externe (CE) est à trois couches (C1', C2', C3') et comprend : une couche intermédiaire (C2') constituée de Q2' fils métalliques intermédiaires (F2') enroulés autour de la couche interne (C1'), et une couche externe (C3') constituée de Q3' fils métalliques externes (F3') enroulés autour de la couche intermédiaire (C2').
13. Câble (50 ; 50') selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel chaque toron (T1 ; T2) des couches interne et externe (CI ; CE) est à deux couches (C1, C3, C1', C3').
14. Produit renforcé (100), **caractérisé en ce qu**'il comprend une matrice polymérique (Ma) et au moins un câble (50') tel que les propriétés de ce câble, mesurées après extraction, sont celles du câble extrait (50') selon l'une quelconque des revendications 3 à 13.
15. Pneumatique (10), **caractérisé en ce qu**'il comprend au moins un câble (50') tel que les propriétés de ce câble, mesurées après extraction du pneumatique, sont celles du câble extrait (50') selon l'une quelconque des revendications 3 à 13 ou un produit renforcé selon la revendication 14.

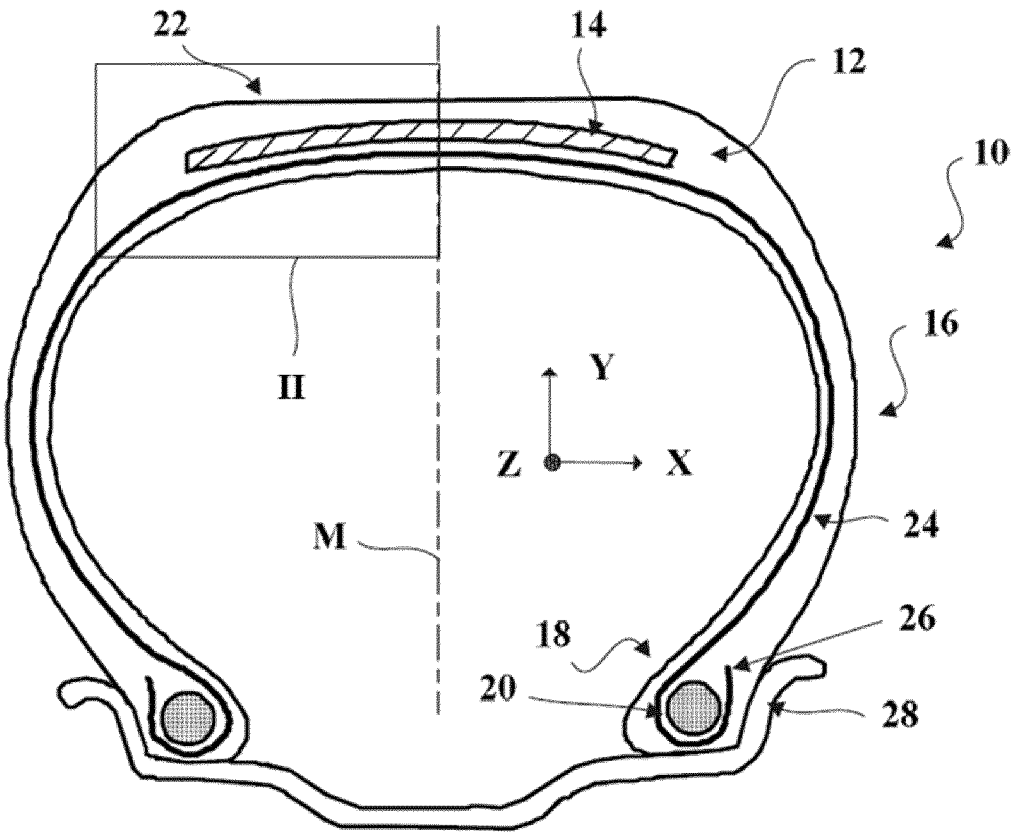


Fig.1

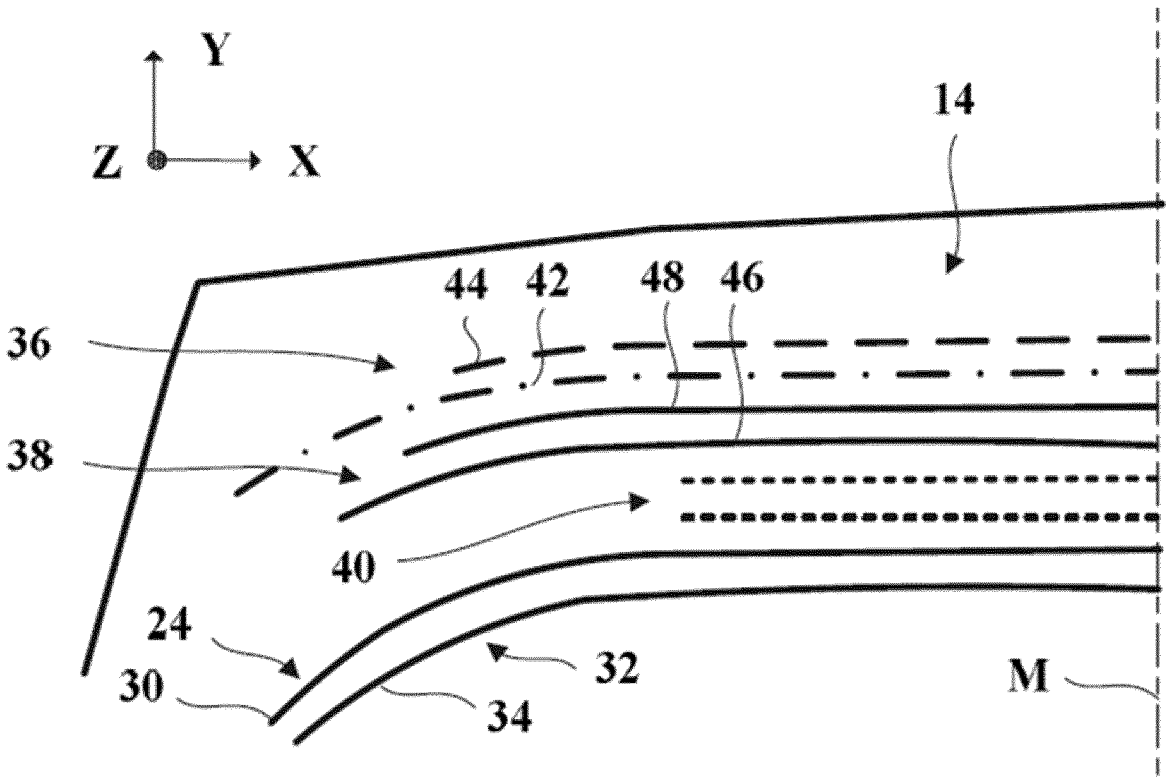


Fig.2

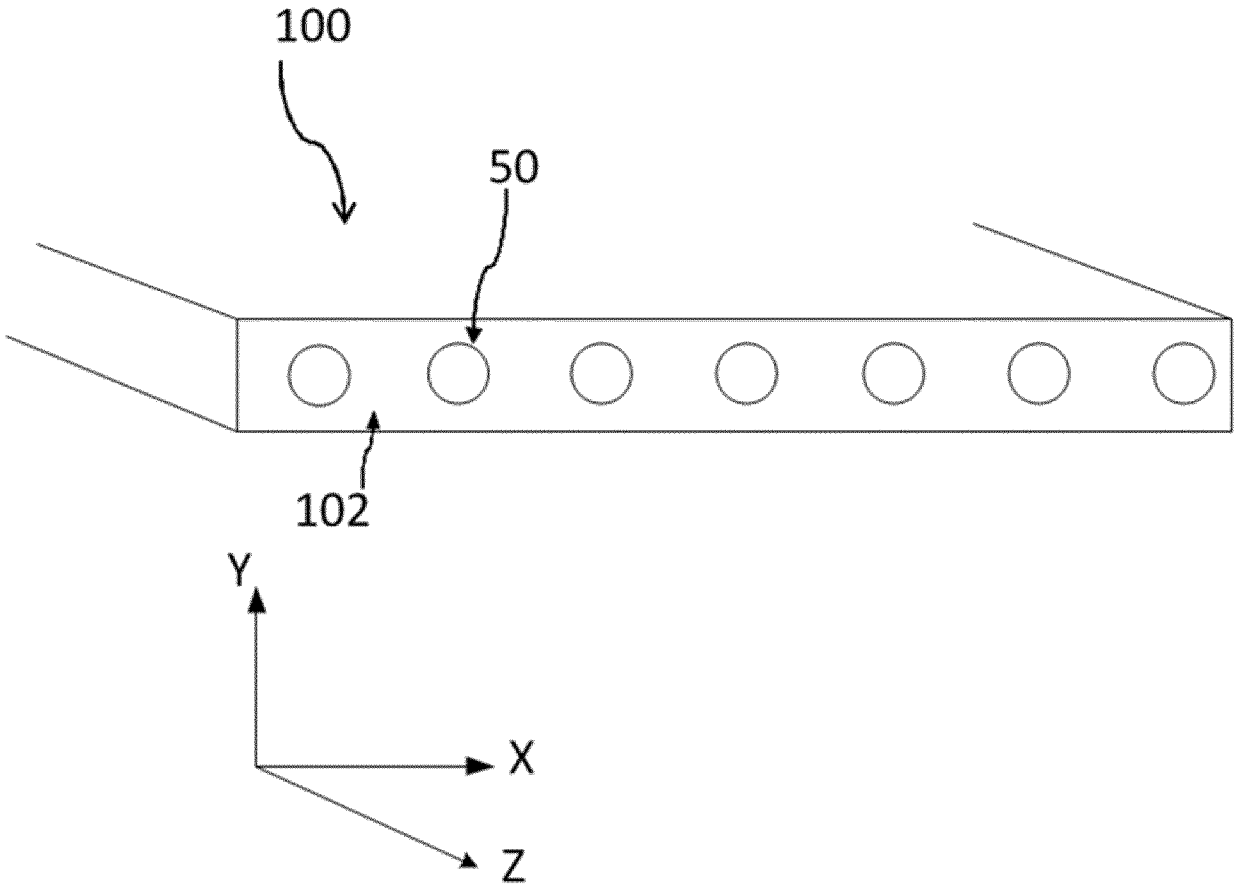


Fig.3

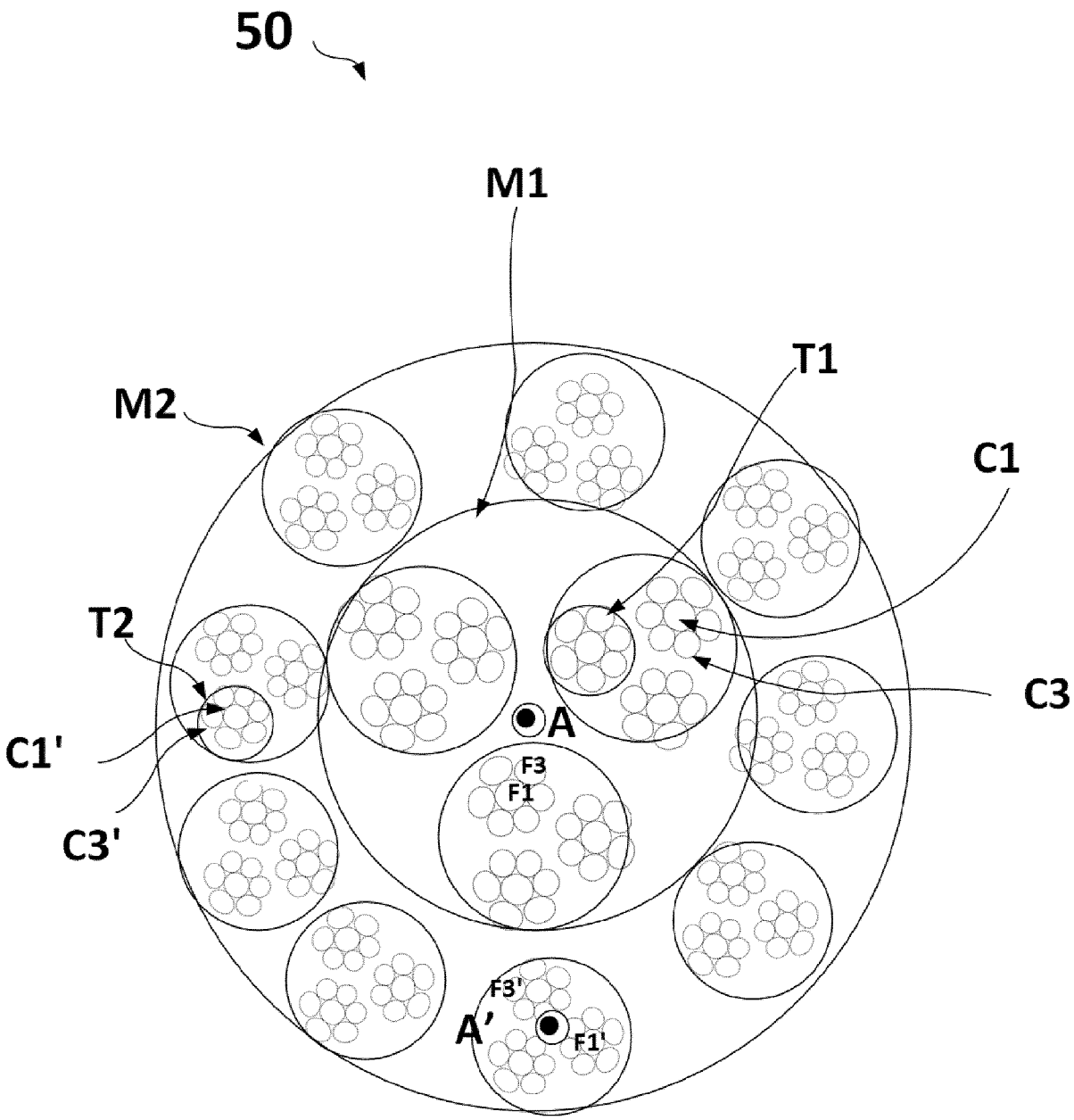


Fig.4

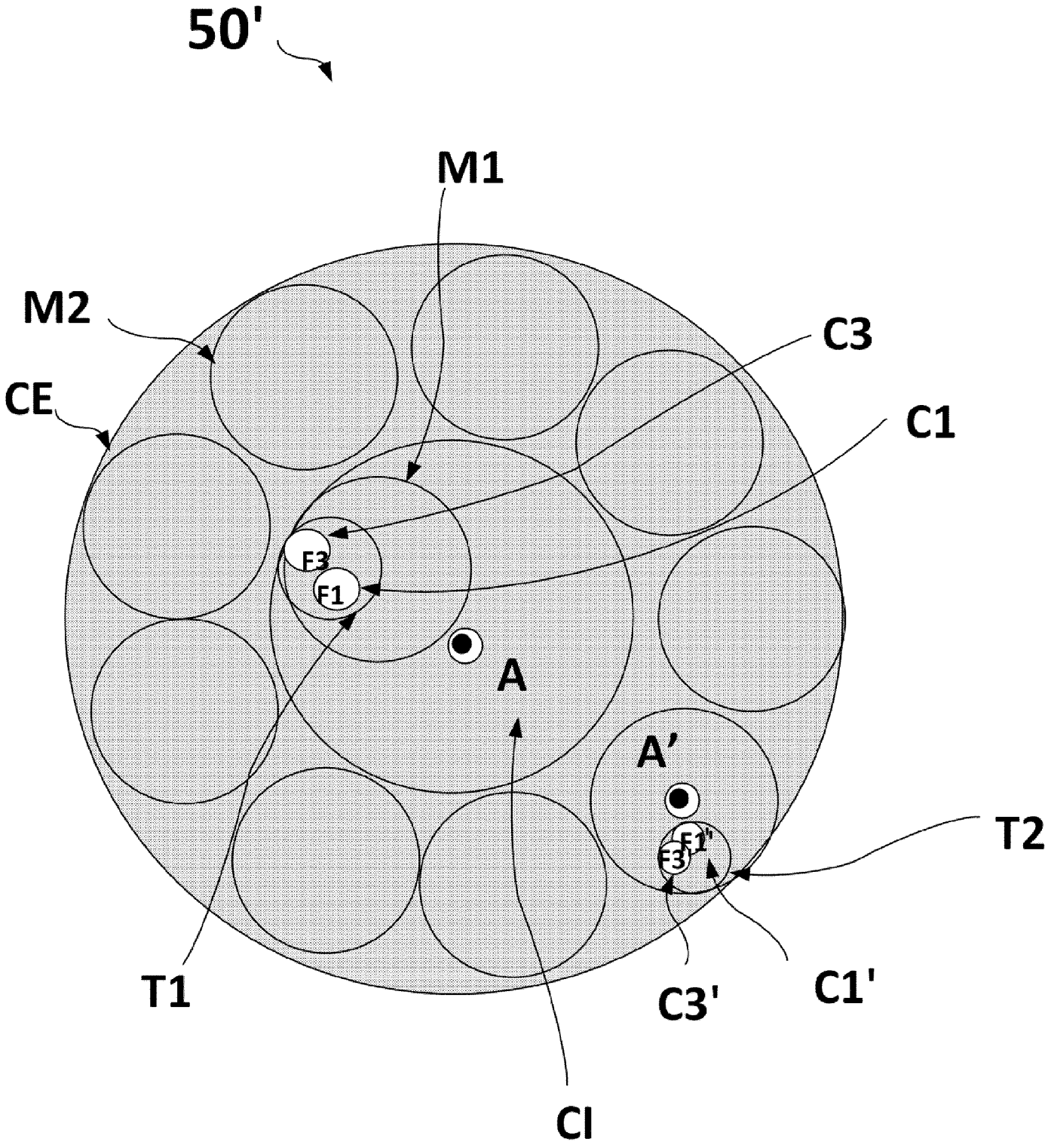


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/066322

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

D07B 1/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

D07B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2792868 A (BENSON ARTHUR E) 21 May 1957 (1957-05-21) column 2, line 20 - column 2, line 28; figure 6	1-15
A	NL 6512096 A (/) 17 March 1967 (1967-03-17) figure 2	1-15
A	JP 2011202321 A (SUMITOMO DENKO STEEL WIRE KK; TOCHIGI SUMITOMO DENKO KK) 13 October 2011 (2011-10-13) figure 6	1-15
A	WO 2013174896 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 28 November 2013 (2013-11-28) paragraph [0124]; claims 1,6; figure 1	1-15
A	FR 2897076 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 10 August 2007 (2007-08-10) claim 1; figures 1,2	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 August 2024	**17 September 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands (Kingdom of the)** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Todarello, Giovanni** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/066322

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2792868	A	21 May 1957	NONE			
NL	6512096	A	17 March 1967	NONE			
JP	2011202321	A	13 October 2011	NONE			
WO	2013174896	A1	28 November 2013	CN	104350201	A	11 February 2015
				EP	2855763	A1	08 April 2015
				FR	2990962	A1	29 November 2013
				JP	6131514	B2	24 May 2017
				JP	2015520810	A	23 July 2015
				KR	20150011840	A	02 February 2015
				US	2015159325	A1	11 June 2015
				WO	2013174896	A1	28 November 2013
FR	2897076	A1	10 August 2007	BR	PI0707478	A2	03 May 2011
				CN	101379241	A	04 March 2009
				EP	1984560	A1	29 October 2008
				FR	2897076	A1	10 August 2007
				JP	5189992	B2	24 April 2013
				JP	2009526138	A	16 July 2009
				US	2009294009	A1	03 December 2009
				WO	2007090603	A1	16 August 2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2024/066322

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. D07B1/06
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
D07B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2 792 868 A (BENSON ARTHUR E) 21 mai 1957 (1957-05-21) colonne 2, ligne 20 - colonne 2, ligne 28; figure 6 -----	1-15
A	NL 6 512 096 A (/) 17 mars 1967 (1967-03-17) figure 2 -----	1-15
A	JP 2011 202321 A (SUMITOMO DENKO STEEL WIRE KK; TOCHIGI SUMITOMO DENKO KK) 13 octobre 2011 (2011-10-13) figure 6 -----	1-15

-/--

[x] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[x] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
30 août 2024	17/09/2024

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Todarello, Giovanni

1

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2024/066322

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2013/174896 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 28 novembre 2013 (2013-11-28) alinéa [0124]; revendications 1,6; figure 1	1-15
A	FR 2 897 076 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 10 août 2007 (2007-08-10) revendication 1; figures 1,2	1-15

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2024/066322

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2792868 A	21-05-1957	AUCUN	
NL 6512096 A	17-03-1967	AUCUN	
JP 2011202321 A	13-10-2011	AUCUN	
WO 2013174896 A1	28-11-2013	CN 104350201 A	11-02-2015
		EP 2855763 A1	08-04-2015
		FR 2990962 A1	29-11-2013
		JP 6131514 B2	24-05-2017
		JP 2015520810 A	23-07-2015
		KR 20150011840 A	02-02-2015
		US 2015159325 A1	11-06-2015
		WO 2013174896 A1	28-11-2013
FR 2897076 A1	10-08-2007	BR PI0707478 A2	03-05-2011
		CN 101379241 A	04-03-2009
		EP 1984560 A1	29-10-2008
		FR 2897076 A1	10-08-2007
		JP 5189992 B2	24-04-2013
		JP 2009526138 A	16-07-2009
		US 2009294009 A1	03-12-2009
		WO 2007090603 A1	16-08-2007