

(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  
16 juin 2016 (16.06.2016)

WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2016/091812 A1

(51) Classification internationale des brevets :  
**D02G 3/48** (2006.01)

Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **BOSQUET, Augustin**; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2015/078841

(22) Date de dépôt international :  
7 décembre 2015 (07.12.2015)

(74) **Mandataire** : **RIBIERE, Joël**; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

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

(30) Données relatives à la priorité :  
1462105 9 décembre 2014 (09.12.2014) FR

(71) Déposants : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12, Cours Sablon, 63000 Clermont-Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, 1763 Granges-Paccot (CH).

(72) Inventeurs : **CORNILLE, Richard**; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **GUILLAUMAIN, Jérémy**; Manufacture Francaise Des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **LE CLERC, Christophe**;

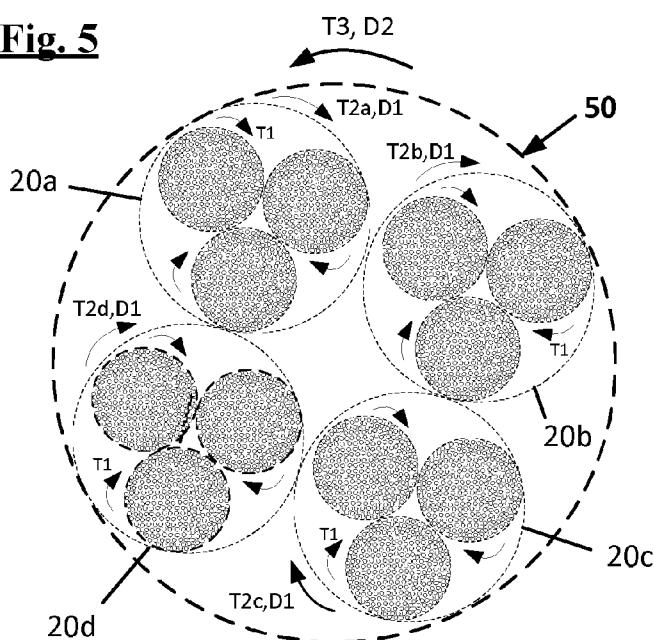
(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : HIGH MODULUS TEXTILE CORD WITH AN AT LEAST TRIPLE TWIST

(54) Titre : CÂBLÉ TEXTILE HAUT MODULE À AU MOINS TRIPLE TORSION

**Fig. 5**



(57) **Abstract** : The invention relates to a high modulus textile cord (50) having an at least triple twist (T1, T2, T3), comprising at least N strands (20a, 20b, 20c, 20d), where N is greater than 1, which strands are twisted together to a final twist T3 in a final direction D2, each strand being made up of M pre-strands (10a, 10b, 10c), where M is greater than 1, which pre-strands are in turn twisted to an intermediate twist T2 (T2a, T2b, T2c, T2d) in an intermediate direction D1 which is opposite to D2, wherein every pre-strand consists of a spun fibre (5) that has been twisted on itself to an initial twist T1 (T1a, T1b, T1c) in the direction D1 and wherein at least half the N times M spun fibres have an initial modulus of elasticity Mi greater than 2000 cN/tex. The textile cord can advantageously be used as reinforcement in vehicle pneumatic tires, especially in the belt or the carcass ply of said pneumatic tires.

(57) **Abbrégé** : Câblé textile à haut module (50) à au moins triple torsion (T1, T2, T3), comportant au moins N brins (20a, 20b, 20c, 20d), N étant supérieur à 1, retordus ensemble selon une torsion finale T3 et une direction finale D2, chaque brin étant constitué de M pré-brins (10a, 10b, 10c), M étant supérieur

[Suite sur la page suivante]



TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

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

---

à 1, eux-mêmes tordus ensemble selon une torsion intermédiaire T2 (T2a, T2b, T2c, T2d) et une direction intermédiaire D1 opposée à D2, chaque pré-brin consistant lui-même en un filé (5) qui a été tordu préalablement sur lui-même selon une torsion initiale Tl (Tla, Tlb, Tic) et la direction Dl, dans lequel au moins la moitié des N fois M filés présente un module initial en extension noté Mi qui est supérieur à 2000 cN/tex. Ce câblé textile est avantageusement utilisable comme renfort dans les pneumatiques pour véhicules, en particulier dans la ceinture ou dans l'armature de carcasse de ces pneumatiques.

## CÂBLÉ TEXTILE HAUT MODULE À AU MOINS TRIPLE TORSION

### 1. DOMAINE DE L'INVENTION

5 La présente invention est relative aux éléments de renforcement ou « renforts » textiles utilisables pour le renforcement d'articles en matière plastique ou d'articles en caoutchouc tels que des pneumatiques pour véhicules.

10 Elle se rapporte plus particulièrement à des câblés ou retors textiles utilisables notamment pour le renforcement de tels pneumatiques.

### 2. ETAT DE LA TECHNIQUE

15 Le textile est utilisé comme renfort depuis les origines du pneu.

Les câblés textiles, fabriqués à partir de fibres textiles continues telles que des fibres en polyester, nylon, cellulose ou aramide, jouent un rôle important dans les pneus, y compris dans les pneus haute performance homologués pour rouler à très haute vitesse. Pour 20 répondre aux exigences des pneus, ils doivent présenter une forte résistance à la rupture, un module en extension élevé, une bonne endurance en fatigue et enfin une bonne adhésion aux matrices de caoutchouc ou autres polymères qu'ils sont susceptibles de renforcer.

25 On appellera simplement ici que ces retors ou câblés textiles, traditionnellement à double torsion (T1, T2), sont préparés par un procédé dit de retordage (« *twisting* ») dans lequel :

- au cours d'une première étape, chaque filé ou fibre multifilamentaire (en anglais « *yarn* ») constitutive du câblé final est tout d'abord individuellement tordue sur elle-même (selon une torsion initiale T1) dans une direction donnée D1 (respectivement sens S ou Z), pour former un brin (en anglais « *strand* ») dans lequel les filaments élémentaires se voient imposés une déformation en hélice autour de l'axe de fibre (ou axe du brin) ;
- puis, au cours d'une seconde étape, plusieurs brins, généralement au nombre de deux, trois ou quatre, de natures identiques ou différentes dans le cas de câblés dits hybrides ou composites, sont ensuite retordus ensemble selon une torsion finale T2 (pouvant être égale à ou différente de T1) en direction opposée D2 (respectivement sens Z ou S, selon une nomenclature reconnue désignant l'orientation des spires selon la barre transversale d'un S ou d'un Z), pour l'obtention du câblé (en anglais « *cord* ») ou assemblage final à plusieurs brins.

Le rôle du retordage est d'adapter les propriétés du matériau afin de créer la cohésion transversale du renfort, d'accroître sa tenue en fatigue et aussi d'améliorer l'adhésion avec la matrice renforcée.

- 5 De tels câblés textiles, leurs constructions et procédés de fabrication sont bien connus de l'homme du métier. Ils ont été décrits en détail dans un grand nombre de documents, pour ne citer que quelques exemples dans les documents brevet EP 021 485, EP 220 642, EP 225 391, EP 335 588, EP 467 585, US 3 419 060, US 3 977 172, US 4 155 394, US 5 558, 10 144, WO97/06294 ou EP 848 767, ou plus récemment WO2012/104279, WO2012/146612, WO2014/057082.

Pour pouvoir renforcer des articles en caoutchouc tels que des pneumatiques, la résistance à la fatigue (endurance en extension, flexion, compression) de ces câblés textiles est primordiale. On sait que de manière générale, pour un matériau donné, elle est d'autant plus 15 élevée que les torsions employées sont importantes, mais qu'en contrepartie, leur force à la rupture en extension (appelée ténacité lorsqu'elle est ramenée à l'unité de poids) diminue inexorablement lorsqu'augmente la torsion, ce qui bien entendu est pénalisant du point de vue du renforcement.

- 20 Aussi, les concepteurs de câblés textiles, comme les fabricants de pneumatiques, sont en permanence à la recherche de câblés textiles dont les propriétés mécaniques, particulièrement force rupture et ténacité, pour un matériau et une torsion donnés, pourraient être améliorées.

25 **3. BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION**

Or, au cours de leurs recherches, les Demandeur·ses ont précisément trouvé un câblé textile nouveau de type à haut module dont l'architecture et la construction spécifiques permettent de manière inattendue, pour une torsion finale donnée, d'améliorer non seulement les 30 propriétés de force-rupture et de ténacité, mais encore les propriétés d'endurance en compression ou flexion-compression.

Ainsi, selon un premier objet, la présente invention concerne un câblé textile à au moins triple torsion (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>), comportant au moins N brins, N étant supérieur à 1, retordus ensemble selon une torsion T<sub>3</sub> et une direction D<sub>2</sub>, chaque brin étant constitué de M pré-brins, M étant supérieur à 1, eux-mêmes tordus ensemble selon une torsion T<sub>2</sub> et une direction D<sub>1</sub> opposée à D<sub>2</sub>, chaque pré-brin consistant lui-même en un filé qui a été tordu préalablement sur lui-même selon une torsion T<sub>1</sub> et la direction D<sub>1</sub>, dans lequel au moins la moitié des N fois M filés présente un module initial en extension noté M<sub>i</sub> qui est supérieur à 40 2000 cN/tex.

5 L'invention concerne également l'utilisation d'un tel câblé textile comme élément de renforcement d'articles ou produits semi-finis en matière plastique ou en caoutchouc tels que des tuyaux, des courroies, des bandes transporteuses, des pneumatiques pour véhicules, ainsi que ces articles, produits semi-finis en caoutchouc et pneumatiques eux-mêmes, tant à l'état cru (c'est-à-dire avant cuisson ou vulcanisation) qu'à l'état cuit (après cuisson).

10 Les pneumatiques de l'invention, en particulier, peuvent être destinés à des véhicules à moteur du type tourisme, 4x4, "SUV" (*Sport Utility Vehicles*), mais également à des véhicules deux-roues tels que motos, ou à des véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourd" - i.e., métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), véhicules hors-la-route -, engins agricoles ou de Génie civil, avions, autres véhicules de transport ou de manutention.

15 Le câblé textile de l'invention est tout particulièrement destiné à être utilisé dans des armatures de sommet (ou ceintures) ou dans des armatures de carcasse de pneumatiques pour les véhicules décrits ci-dessus.

20 L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description détaillée et des exemples de réalisation qui suivent, ainsi que des figures 1 à 7 relatives à ces 25 exemples qui schématisent (sauf indication contraire, sans respect d'une échelle spécifique) :

- en coupe transversale, une fibre textile multifilamentaire conventionnelle (ou filé), tout d'abord à l'état initial (5) c'est-à-dire dépourvu de torsion, puis après une première opération de torsion T1 dans la direction D1, pour formation d'un filé tordu sur lui-même ou « pré-brin » (10) (Fig. 1) ;
- en coupe transversale, l'assemblage de 3 filés (10a, 10b, 10c) tels que ci-dessus remplissant la fonction de pré-brins (tordus préalablement selon T1a, T1b, T1c dans la même direction D1) qui sont assemblés par une deuxième opération de torsion T2 toujours dans la même direction D1, pour formation d'un brin (20) destiné au câblé selon l'invention (Fig. 2) ;
- en coupe transversale, l'assemblage de 3 brins (20a, 20b, 20c) tels que ci-dessus (tordus préalablement selon T2a, T2b, T2c dans la même direction D1) qui sont assemblés par une troisième opération de torsion T3 cette fois dans la direction D2 opposée à la direction D1, pour formation d'un câblé textile final (30) à triple torsion (T1, T2, T3) conforme à l'invention (Fig. 3) ;
- en coupe transversale, l'assemblage conventionnel de 3 filés (10a, 10b, 10c) tels que ci-dessus remplissant cette fois directement la fonction de brins (tous tordus préalablement selon T1a, T1b, T1c dans la direction D1) qui sont assemblés par une deuxième opération de torsion T2 dans la direction D2 opposée à la direction D1,

pour formation d'un câblé textile selon l'art antérieur (40) à double torsion (T1, T2) (Fig. 4) ;

- en coupe transversale, l'assemblage de 4 brins (20a, 20b, 20c, 20d) (tordus préalablement selon T2a, T2b, T2c, T2d dans la même direction D1) qui sont assemblés par une troisième opération de torsion T3 dans la direction D2 opposée à la direction D1, pour formation d'un câblé textile final (50) à triple torsion (T1, T2, T3) conforme à l'invention (Fig. 5) ;
- en coupe transversale, une autre représentation du câblé (50) ci-dessus, moins schématique que la précédente, illustrant le fait que la section finale d'un câblé textile (qu'il soit d'ailleurs conforme ou non à l'invention), une fois formé et sous une tension minimale, s'approche plus dans les faits d'une section à contour circulaire, en raison de la forte plasticité latérale apportée par la nature multifilamentaire du matériau de départ (Fig. 6) ;
- enfin, en coupe radiale (c'est-à-dire selon un plan contenant l'axe de rotation du pneu), un exemple de pneu conforme à l'invention, incorporant un câblé textile selon l'invention (Fig. 7).

#### 4. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Dans la présente demande, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des pourcentages en masse.

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 a jusqu'à b (c'est-à-dire incluant les bornes strictes a et b).

Le câblé ou retors textile à haut module de l'invention est donc (en référence aux figures 1 à 3, et 5 annexées) un câblé textile (30, 50) de construction très spécifique, qui a pour caractéristiques essentielles de comporter :

- au moins une triple (c'est-à-dire trois ou plus de trois) torsion (T1, T2, T3) ;
- au moins N brins (20, 20a, 20b, 20c, 20d), N étant supérieur à 1, qui sont retordus ensemble selon une torsion finale T3 et une même direction finale D2 ;
- chaque brin étant constitué de M pré-brins (10, 10a, 10b, 10c), M étant supérieur à 1, eux-mêmes tordus ensemble selon une torsion intermédiaire T2 (T2a, T2b, T2c, T2d) et une direction intermédiaire D1 opposée à D2 ;
- chaque pré-brin consistant en un filé (5) qui a été tordu préalablement sur lui-même selon une torsion initiale T1 (T1a, T1b, T1c) et la direction initiale D1.

Par câblé ayant au moins une triple torsion (c'est-à-dire trois torsions ou plus), l'homme du métier comprendra immédiatement qu'au moins trois opérations consécutives de détorsion (ou torsion en sens inverse) sont donc nécessaires pour « déconstruire » le câblé de l'invention et « remonter » aux filés initiaux le constituant, c'est-à-dire retrouver les filés (fibres multifilamentaires) de départ dans leur état initial c'est-à-dire dépourvu de torsion. Dit autrement, il y a au moins trois (trois ou plus) opérations de torsion successives pour constituer le câblé de l'invention, et non deux comme c'est le cas habituellement.

Une autre caractéristique essentielle est qu'au moins la moitié des filés constitutifs du câblé présente un module initial en extension noté  $M_i$  qui est supérieur à 2000 cN/tex.

La structure du câblé textile de l'invention ainsi que ses étapes de fabrication vont être maintenant décrites en détail.

Tout d'abord, la figure 1 schématisé, en coupe transversale, une fibre textile multifilamentaire conventionnelle (5), encore appelé « filé » (en anglais « *yarn* »), à l'état initial c'est-à-dire dépourvu de torsion ; de manière bien connue, un tel filé est formé d'une pluralité de filaments élémentaires (50), typiquement plusieurs dizaines à plusieurs centaines, de diamètre très fin généralement inférieur à 25  $\mu\text{m}$ .

Après une opération de torsion  $T_1$  (première torsion) dans une direction  $D_1$  (S ou Z), le filé initial (5) est transformé en un filé tordu sur lui-même appelé « pré-brin » (10). Dans ce pré-brin, les filaments élémentaires se voient ainsi imposés une déformation en hélice autour de l'axe de fibre (ou axe du pré-brin).

Puis, comme illustré à titre d'exemple à la figure 2,  $M$  pré-brins (par exemple ici au nombre de trois ; 10a, 10b, 10c) sont ensuite eux-mêmes tordus ensemble, dans la même direction  $D_1$  que précédemment, selon une torsion intermédiaire  $T_2$  (deuxième torsion) pour formation d'un « brin » (20). Chaque pré-brin est caractérisé par une première torsion  $T_1$  spécifique (par exemple ici, T1a, T1b, T1c) qui peut être égale (dans le cas général, c'est-à-dire qu'ici on a par exemple T1a = T1b = T1c) ou différente d'un pré-brin à l'autre.

Enfin, comme schématisé à la figure 3,  $N$  brins (par exemple ici au nombre de trois ; 20a, 20b, 20c) sont ensuite eux-mêmes tordus ensemble, dans la direction  $D_2$  opposée à  $D_1$ , selon une torsion finale  $T_3$  (troisième torsion) pour formation du câblé textile final (30) conforme à l'invention. Chaque brin est caractérisé par une deuxième torsion  $T_2$  spécifique (par exemple ici, T2a, T2b, T2c) qui peut être égale (dans le cas général, c'est-à-dire qu'ici on a par exemple T2a = T2b = T2c) ou différente d'un brin à l'autre.

Le câblé textile final (30) ainsi obtenu, comportant N fois M (ici, par exemple neuf) pré-brins, se caractérise donc par (au moins) une triple torsion (T1, T2, T3).

L'invention s'applique bien entendu aux cas où plus de trois torsions successives, par exemple au nombre de quatre (T1, T2, T3, T4) ou cinq (T1, T2, T3, T4, T5), seraient appliquées aux filés (5) de départ. Toutefois, l'invention est préférentiellement mise en œuvre avec seulement trois opérations successives de torsion (T1, T2, T3), notamment pour des raisons de coût.

La figure 4, comparativement à la figure 3, illustre un mode conventionnel de préparation de câblés textiles à double torsion. M pré-brins (par exemple ici au nombre de trois, 10a, 10b, 10c) – remplissant en fait directement la fonction de brins – sont retordus ensemble, dans une (deuxième) direction D2 opposée à la (première) direction de torsion D1, pour formation directe d'un câblé textile (40) à double torsion (T1, T2) selon l'art antérieur.

La figure 5 schématisse, en coupe transversale, l'assemblage de 4 brins (20a, 20b, 20c, 20d) (tordus préalablement selon T2a, T2b, T2c, T2d dans la même direction D1) qui sont assemblés par une troisième opération de torsion T3 dans la direction D2 opposée à la direction D1, pour formation d'un autre exemple de câblé final (50) à triple torsion (T1, T2, T3) conforme à l'invention. Chaque brin est caractérisé par une deuxième torsion T2 spécifique (ici, T2a, T2b, T2c, T2d) qui peut être égale ou différente d'un brin à l'autre.

Pour rappel, la figure 6 représente, toujours en coupe transversale, une autre représentation du câblé (50) précédent, moins schématique que la précédente, rappelant le fait bien connu que la section d'un câblé textile, qu'il soit d'ailleurs conforme ou non à l'invention, une fois formé et sous une tension minimale, s'approche plus dans les faits d'une structure cylindrique à section à contour essentiellement circulaire, en raison de la forte plasticité radiale, latérale des brins (20a, 20b, 20c, 20d) et pré-brins (10a, 10b, 10c), apportée par la nature multifilamentaire des fibres (filés) de départ.

Dans la présente demande, on entend par « textile » ou « matériau textile », de manière très générale, tout matériau en une matière autre que métallique, qu'elle soit naturelle comme synthétique, susceptible d'être transformée en fil, fibre ou film par tout procédé de transformation approprié. On peut citer par exemple, sans que les exemples ci-après soient limitatifs, un procédé de filage de polymère tel que par exemple filage au fondu, filage en solution ou filage de gel.

Bien que des matériaux en matière non polymérique (par exemple en matière minérale telle que du verre ou en matière organique non polymérique telle que carbone) soient compris dans la définition de matériau textile, l'invention est préférentiellement mise en œuvre avec

des matériaux en matière polymérique, tant du type thermoplastique que du type non thermoplastique.

A titre d'exemples de filés textiles à haut module (ici par définition, présentant un module Mi supérieur à 2000 cN/tex), on citera notamment les fibres cellulosiques « Lyocell » à haut module commercialisées par la société Hyosung, les fibres cellulosiques à haut module en formiate de cellulose ou en cellulose régénérée telles que décrites dans les demandes WO 85/05115 ou WO 97/06294, les fibres en alcool polyvinyle (en abrégé « PVA »), les fibres aramides (en polyamide aromatique), les fibres en polyester aromatique, les fibres en polybenzazole (en abrégé « PBO »), les fibres en polyéthylène haute densité (« HDPE ») telles que les fibres « Dyneema » commercialisées par la société DSM.

Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, les filés à haut module du câblé textile de l'invention sont des filés en aramide. Par « aramide », on entend de manière bien connue un polymère constitué de macromolécules linéaires formées de groupes aromatiques liés entre eux par des liaisons amides dont au moins 85 % sont directement liées à deux noyaux aromatiques, et plus particulièrement de fibres en poly(p-phénylène téraphthalamide) (ou PPTA), fabriquées depuis fort longtemps à partir de compositions de filage optiquement anisotropes. A titre d'exemples de tels filés aramides, on citera par exemple les fibres commercialisées par la société DuPont sous la dénomination « Kevlar », par la société Teijin sous les dénominations « Twaron » ou « Technora ».

Bien entendu, l'invention s'applique aux cas où le câblé textile de l'invention est formé de plusieurs filés de matériaux différents pour constituer un câblé hybride ou composite, par exemple dont au moins un filé (c'est-à-dire un ou plusieurs) ne présente pas un module Mi supérieur à 2000 cN/tex, bien entendu au moins la moitié des N fois M filés présentant un module Mi supérieur à 2000 cN/tex. A titre d'exemples particuliers de tels câblés hybrides, on peut citer notamment ceux à base de filés d'au moins aramide et nylon, aramide et polyester (par exemple PET ou PEN), aramide et cellulose, ou aramide et polycétone.

Dans le câblé de l'invention, N varie de préférence dans un domaine de 2 à 6, plus préférentiellement de 2 à 4. Selon un autre mode de réalisation préférentiel, M varie dans un domaine de 2 à 6, plus préférentiellement de 2 à 4. Selon un autre mode de réalisation préférentiel, le nombre total de filés (égal à N fois M), est compris dans un domaine de 4 à 25, plus préférentiellement de 4 à 16.

De manière bien connue de l'homme du métier, les torsions peuvent être mesurées et exprimées de deux manières différentes, soit et de manière simple en nombre de tours par mètre (t/m), soit et ce qui est plus rigoureux lorsqu'on souhaite comparer des matériaux de

natures (masses volumiques) et/ou de titres différents, en angle d'hélice des filaments ou ce qui est équivalent sous forme d'un facteur de torsion K.

Le facteur de torsion K est lié à la torsion T (ici, par exemple, respectivement T1, T2 et T3) selon la relation connue qui suit :

$$K = (\text{Torsion } T) \times [(\text{Titre} / (1000 \cdot \rho)]^{1/2}$$

dans laquelle la torsion T des filaments élémentaires (constitutifs du pré-brin, brin ou retors) est exprimée en tours par mètre, le titre est exprimé en tex (poids en gramme de 1000 mètres de pré-brin, brin ou retors), et enfin  $\rho$  est la densité ou masse volumique (en g/cm<sup>3</sup>) du matériau constitutif du pré-brin, brin ou retors (par exemple, environ 1,50 g/cm<sup>3</sup> pour la cellulose, 1,44 g/cm<sup>3</sup> pour l'aramide, 1,38 g/cm<sup>3</sup> pour un polyester tel que PET, 1,14 g/cm<sup>3</sup> pour le nylon) ; dans le cas d'un câblé hybride,  $\rho$  est bien entendu une moyenne des densités pondérée par les titres respectifs des matériaux constitutifs des pré-brins, brins ou retors.

Dans le câblé de l'invention, préférentiellement, la torsion T1 exprimée en tours par mètre (t/m) est comprise entre 10 et 350, plus préférentiellement entre 20 et 200. Selon un autre mode de réalisation préférentiel, chaque pré-brin présente un coefficient de torsion K1 qui est compris entre 2 et 80, plus préférentiellement entre 6 et 70.

Selon un autre mode de réalisation préférentiel, la torsion T2 exprimée en tours par mètre est de préférence comprise entre 25 et 470, plus préférentiellement entre 35 et 400. Selon un autre mode de réalisation préférentiel, chaque brin présente un coefficient de torsion K2 qui est compris entre 10 et 150, plus préférentiellement entre 20 et 130.

Selon un autre mode de réalisation préférentiel, la torsion T3 exprimée en tours par mètre est de préférence comprise entre 30 et 600, plus préférentiellement entre 80 et 500. Selon un autre mode de réalisation préférentiel, le câblé de l'invention présente un coefficient de torsion K3 qui est compris entre 50 et 500, plus préférentiellement entre 80 et 230.

De préférence, T2 est supérieure à T1 (T1 et T2 étant notamment exprimées en t/m). Selon un autre mode préférentiel, combiné ou non au précédent, T2 est inférieure à T3 (T2 et T3 étant notamment exprimées en t/m), T2 étant plus préférentiellement comprise entre 0,2 et 0,95 fois T3, en particulier entre 0,4 et 0,8 fois T3.

Selon un autre mode de réalisation préférentiel, la somme T1+T2 est comprise entre 0,8 et 1,2 fois T3, plus préférentiellement entre 0,9 et 1,1 fois T3 (T1, T2 et T3 étant notamment exprimées en t/m), T1+T2 étant en particulier égale à T3.

Dans le câblé de l'invention, de préférence la majorité (en nombre), plus préférentiellement la totalité des N fois M filés (à l'état initial, c'est-à-dire sans la torsion T1) présente un module Mi qui est supérieur à 2000 cN/tex, plus préférentiellement supérieur à 2500 cN/tex. Le module initial en extension Mi, ou module d'Young, est bien entendu le module en extension longitudinal c'est-à-dire selon l'axe du filé.

Plus préférentiellement encore, au moins la moitié, en particulier la majorité (en nombre), des N fois M filés présente un module Mi supérieur à 3000 cN/tex, plus particulièrement supérieur à 3500 cN/tex. Encore plus préférentiellement, c'est la totalité des N fois M filés qui présente un module Mi supérieur à 3000 cN/tex, plus particulièrement supérieur à 3500 cN/tex.

Toutes les propriétés (titre, module initial des filés, force à la rupture et ténacité) indiquées précédemment sont déterminées à 20°C sur des câblés écrus (c'est-à-dire non encollés) ou encollés (c'est-à-dire prêts à l'emploi ou extraits de l'article qu'ils renforcent) qui ont été soumis à un conditionnement préalable ; par "conditionnement préalable", on entend le stockage des câblés (après séchage) pendant au moins 24 heures, avant mesure, dans une atmosphère standard selon la norme européenne DIN EN 20139 (température de 20 ± 2°C ; hygrométrie de 65 ± 2 %).

Le titre (ou densité linéique) des pré-brins, brins ou des câblés est déterminé sur au moins trois échantillons, chacun correspondant à une longueur d'au moins 5 m par pesée de cette longueur ; le titre est donné en tex (poids en grammes de 1000 m de produit - rappel: 0,111 tex égal à 1 denier).

Les propriétés mécaniques en extension (ténacité, module initial, allongement à la rupture) sont mesurées de manière connue à l'aide d'une machine de traction « INSTRON » munie de pinces à embarrage du type « 4D » (pour force rupture inférieure à 100 daN) ou « 4E » (pour force rupture au moins égale à 100 daN), sauf indications différentes selon la norme ASTM D885 (2010). Les échantillons testés subissent une traction sur une longueur initiale de 400 mm pour les pinces 4D et 800 mm pour les pinces 4E, à une vitesse nominale de 200 mm/min, sous une prétension standard de 0,5 cN/tex. Tous les résultats donnés sont une moyenne de 10 mesures. Lorsque les propriétés sont mesurées sur des filés, ces derniers subissent de manière bien connue une très faible torsion préalable, dite « torsion de protection », correspondant à un angle d'hélice d'environ 6 degrés, avant positionnement et traction dans les pinces.

La ténacité (force-rupture divisée par le titre) et le module initial en extension (ou module d'Young) sont indiqués en cN/tex ou centinewton par tex (pour rappel, 1 cN/tex égal à 0,111 g/den (gramme par denier)). Le module initial est représenté par la tangente à l'origine

de la courbe Force-Allongement, défini comme la pente de la partie linéaire de la courbe Force-Allongement qui intervient juste après une prétension standard de 0,5 cN/tex. L'allongement à la rupture est indiqué en pourcentage.

5

## 5. EXEMPLES DE REALISATION DE L'INVENTION

Le câblé textile de l'invention est avantageusement utilisable pour le renforcement de pneus de tous types de véhicules, en particulier de motos, véhicules tourisme ou véhicules industriels tels que Poids-lourd, Génie civil, avions, autres véhicules de transport ou de manutention.

A titre d'exemple, la figure 7 représente de manière très schématique (sans respect d'une échelle spécifique), une coupe radiale d'un pneu conforme à l'invention par exemple pour véhicule du type tourisme.

Ce pneumatique 100 comporte un sommet 102 renforcé par une armature de sommet ou ceinture 106, deux flancs 103 et deux bourrelets 104, chacun de ces bourrelets étant renforcé avec une tringle 105. Le sommet 102 est surmonté d'une bande de roulement non représentée sur cette figure schématique. Une armature de carcasse 107 est enroulée autour des deux tringles dans chaque bourrelet, le retournement 108 de cette armature 107 étant par exemple disposé vers l'extérieur du pneumatique 100 qui est ici représenté monté sur sa jante 109.

L'armature de carcasse 107 est de manière connue en soi constituée d'au moins une nappe de caoutchouc renforcée par des câblés textiles dits "radiaux", c'est-à-dire que ces câblés sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet à l'autre de manière à former un angle compris entre 80° et 90° avec le plan circonférentiel médian (plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique qui est situé à mi-distance des deux bourrelets 104 et passe par le milieu de l'armature de sommet 106).

30

La ceinture 106 est par exemple constituée, de manière connue en soi, par au moins deux nappes de caoutchouc dites "nappes de travail" ou "nappes de triangulation", superposées et croisées, renforcées de câbles métalliques disposés sensiblement parallèlement les uns par rapport aux autres et inclinés par rapport au plan circonférentiel médian, ces nappes de travail pouvant être associées ou non à d'autres nappes et/ou tissus de caoutchouc. Ces nappes de travail ont pour fonction première de donner au bandage pneumatique une rigidité de dérive élevée. La ceinture 106 comporte en outre dans cet exemple une nappe de caoutchouc dite "nappe de fretage" renforcée par des fils de renforcement dits "circonférentiels", c'est-à-dire que ces fils de renforcement sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent sensiblement circonférentiellement autour du bandage pneumatique de manière à

former un angle préférentiellement compris dans un domaine de 0 à 10° avec le plan circonférentiel médian. Ces fils de renforcement circonférentiels ont pour fonction première, on le rappelle, de résister à la centrifugation du sommet à haute vitesse.

5 Ce pneumatique 100 de l'invention a par exemple pour caractéristique essentielle qu'au moins la nappe de frettage de sa ceinture (106) et/ou son armature de carcasse (107) comporte un câblé textile selon l'invention. Selon un autre exemple de mode de réalisation possible de l'invention, ce sont par exemple les tringles (105) qui pourraient être constituées, en tout ou partie, d'un câblé textile selon l'invention.

10 Les compositions de caoutchouc utilisées pour ces nappes sont des compositions conventionnelles pour calandrage de renforts textiles, typiquement à base de caoutchouc naturel ou autre élastomère diénique, d'une charge renforçante telle que du noir de carbone, d'un système de vulcanisation et des additifs usuels. L'adhésion entre le câblé textile composite de l'invention et la couche de caoutchouc qui l'enrobe est assurée par exemple par une composition adhésive usuelle, par exemple une colle du type RFL ou colle équivalente.

### 5.1. Essais de traction

20 Grâce à sa construction spécifique, le câblé textile de l'invention présente des propriétés en traction notamment améliorées, comme le démontrent les exemples de réalisation qui suivent.

25 Cinq essais de traction différents (Essais N°1 à N°5) ont été conduits avec fabrication au total de 11 câblés textiles de constructions différentes, conformes ou non conformes à l'invention, à base soit de filés en nylon soit de filés à haut module Mi (dans ces exemples des filés aramides).

30 La nature de chaque exemple de câblé (« T » pour témoin, « C » pour comparatif et « I » pour conforme à l'invention), le matériau utilisé (« N » pour nylon, « A » pour aramide), sa construction et ses propriétés finales sont résumés dans le tableau 1 annexé.

35 Les filés de départ sont bien entendu disponibles commercialement, par exemple pour le nylon vendus par la société Kordsa sous la dénomination « T728 », ou par la société PHP sous les dénominations « Enka 140HRT ou « Enka 444HRST », pour l'aramide par la société DuPont sous la dénomination « Kevlar » ou par la société Teijin sous la dénomination « Twaron ».

Comme déjà indiqué, la ténacité est la force à la rupture rapportée au titre, elle est exprimée en cN/tex. Est également indiquée la ténacité apparente (en daN/mm<sup>2</sup>), dans ce cas la force à la rupture est rapportée au diamètre apparent noté Ø qui est mesuré selon la méthode qui suit.

5 On utilise un appareil qui, à l'aide d'un récepteur composé d'un système optique collecteur, d'une photodiode et d'un amplificateur, permet de mesurer l'ombre d'un fil éclairé par un faisceau LASER de lumière parallèle avec une précision de 0,1 micromètre. Un tel appareil est commercialisé par exemple par la société Z-Mike, sous la référence « 1210 ». La méthode consiste à fixer sur une table mobile motorisée, sous une prétension standard de 0,5 cN/tex,  
10 un échantillon du fil à mesurer, ayant subi un conditionnement préalable. Solidaire de la table mobile, le fil est déplacé perpendiculairement au système de mesure d'ombre portée à une vitesse de 25 mm/s et coupe orthogonalement le faisceau LASER. Au moins 200 mesures d'ombres portées sont effectuées sur une longueur de 420 mm de fil ; la moyenne de ces mesures d'ombre portée représente le diamètre apparent Ø.  
15

Pour chaque essai, force rupture, ténacité et ténacité apparente ont été également indiquées en valeurs relatives, la base 100 étant retenue pour le câblé témoin de chacun des cinq essais.

20 Les câblés témoins (notés « T » dans le tableau 1) se caractérisent tous par une construction conventionnelle à double torsion T1, T2 ; les autres câblés (comparatifs non conformes à l'invention, ou conformes à l'invention) se caractérisent tous par une construction non conventionnelle à triple torsion T1, T2, T3. Seuls les câblés C8, C9 et C11 sont conformes à l'invention et cumulent la caractéristique de triple torsion et le fait d'être constitués de filés à haut module (dans ces exemples, filés aramides).  
25

30 Pour aider à la lecture de ce tableau 1, on notera ici que par exemple que la construction notée « N47/-/3/4 » du câblé C1 témoin signifie que ce câblé est un câblé à double torsion (T1, T2) qui est issu simplement d'une opération de torsion (T2, D2 ou S) de 4 brins différents qui ont été chacun préparés préalablement par une opération de torsion en sens inverse (T1, D1 ou Z) individuelle de 3 filés de nylon (N) de titre 47 tex.

35 La construction notée « N47/1/3/4 » du câblé C2 signifie que ce câblé est un câblé à triple torsion (T1, T2, T3) qui est issu d'une opération de torsion finale (T3, D2 ou S) de 4 brins différents qui ont été chacun préparés préalablement par une opération de torsion intermédiaire (T2) en sens inverse (D1 ou Z) de 3 pré-brins, chacun de ces 3 pré-brins consistant en 1 filé unique de nylon (N) de titre 47 tex qui a été tordu préalablement sur lui-même au cours d'une première opération de torsion T1 dans la même direction (D1 ou Z) que pour les pré-brins.

Les 5 exemples de câblés témoins (« T ») C1, C3, C5, C7 et C10 se caractérisent tous par une construction à double torsion ; ils ont été fabriqués par assemblage de 2, 3 ou 4 brins selon une (deuxième) torsion finale (T2) variant selon les cas de 150 à 300 t/m, correspondant à un coefficient de torsion K2 variant de 175 à 215 et une direction D2 (sens S). De manière conventionnelle, chacun de ces brins avait été préalablement fabriqué par une (première) torsion initiale (notée T1) de 150 à 300 t/m, selon les cas, d'un filé sur lui-même selon la direction opposée D1 (sens Z).

Les 3 exemples de câblés selon l'invention C8, C9 et C11 (aussi notés « I » et en gras dans le tableau 1) se caractérisent par une construction à triple torsion T1, T2, T3 (dans ces exemple, Z/Z/S) ; ils ont été fabriqués par assemblage de 3 ou 4 brins selon une torsion finale (notée T3) de 150 ou 300 t/m (K3 de 203 ou 215) et une direction D2 (sens S). Conformément à l'invention, chacun de ces brins avait été préalablement fabriqué par assemblage de 3 pré-brins selon une torsion T2 (110, 180 ou 240 t/m) et une direction opposée D1 (sens Z), chacun de ces pré-brins ayant été lui-même préparé préalablement par une torsion T1 (respectivement 40, 120 ou 60 t/m) d'un filé sur lui-même, selon la direction D1 (sens Z).

Quant aux 3 exemples comparatifs (notés « C » dans le tableau 1) de câblés non conformes à l'invention C2, C4 et C6, ils se caractérisent tous par une construction à triple torsion T1, T2, T3. A la différence des câblés conformes à l'invention, les filés constitutifs de ces câblés étaient tous des filés en nylon et non des filés à haut module.

Il est important de noter que tous les câblés textiles de ces exemples se caractérisent, quels que soient le matériau (nylon ou aramide) et le titre (47, 94, 140, 55 ou 330 tex) de leurs filés de départ, par des coefficients de torsion finaux (respectivement K2 ou K3 selon que le câblé présente une construction à double torsion T1, T2, ou à triple torsion T1, T2, T3) qui sont très proches, de valeur moyenne égale à environ 195 (variant de 175 à 215).

A la lecture détaillée de ce tableau 1, on note tout d'abord, pour les essais 1 à 3, tous conduits avec des filés en nylon (Mi de 440 cN/tex environ), que le passage de la double torsion (C1, C3 et C5) à la triple torsion (C2, C4 et C6) ne s'accompagne d'aucune modification notable de la force rupture ni des autres propriétés ( $\emptyset$ , titre, ténacité).

Par contre, pour les essais 4 et 5, conduits avec des filés haut module (filés aramides), plus précisément des filés en « Kevlar » de 55 tex ou de 330 tex (Mi de 4000 cN/tex environ), on peut observer que le passage de la construction double torsion (respectivement C7 et C10) à la construction triple torsion (respectivement C8 et C9 d'une part, C11 d'autre part), toutes choses égales par ailleurs, s'accompagne de manière inattendue :

- d'une amélioration de 6% (câblé C9) à 16% (câblé C11) de la force à la rupture et de 8% (câblé C9) à 17% (câblé C11) de la ténacité, ce qui est très significatif pour l'homme du métier ;
- combinée à une diminution notable du diamètre apparent  $\phi$  et du titre, indicateurs clairs d'une meilleure compacité des câblés selon l'invention et *in fine* de la qualité de ces renforts, grâce à leur construction très spécifique ;
- le tout se traduisant finalement par une augmentation variant de 12% (câblé C9) à 26% (câblé C11) de la ténacité apparente.

En résumé, l'invention permet donc, pour une même torsion finale donnée, d'améliorer les propriétés de compacité, de force à la rupture et de ténacité des câblés textiles à haut module tels que des câblés aramides. En outre et de manière tout aussi surprenante, leur construction nouvelle leur confère une endurance en compression ou flexion-compression qui elle aussi est notablement améliorée, comme attesté par les résultats des essais d'endurance qui suivent.

### 5.2. Essais d'endurance en compression (« Disc Fatigue Test ») ou en flexion-compression (« Shoe Shine Test »)

Pour des câblés textiles destinés notamment à renforcer des structures de pneumatiques, la résistance à la fatigue peut être analysée en soumettant ces câblés à divers tests de laboratoire connus, notamment au test de fatigue connu sous le nom de test « courroie » parfois nommé « Shoe Shine test », ou encore au test de fatigue dit "Disc Fatigue Test" (voir par exemple EP 848 767, US 2 595 069, US 4 902 774, norme ASTM D885-591 révisée 67T), tests dans lesquels les câblés textiles, préalablement encollés, sont incorporés dans un article en caoutchouc que l'on vulcanise.

Le principe du test « courroie », tout d'abord, est le suivant : la courroie comprend deux couches du câblé à tester, dans un mélange connu de caoutchouc du type de ceux couramment utilisés pour le renforcement des pneumatiques. L'axe de chaque câblé est orienté selon la direction longitudinale de la courroie et les câblés sont séparés des faces de cette dernière par une épaisseur de gomme d'environ 1 mm.

On fait ensuite subir à cette courroie les sollicitations suivantes : on entraîne de façon cyclique, à l'aide d'un système bielle-manivelle, la courroie autour d'un galet de diamètre donné, de telle sorte que chaque portion élémentaire de la courroie soit soumise à une tension de 15 daN et subisse des cycles de variation de courbure qui la font passer d'un rayon de courbure infini à un rayon de courbure donné et ceci pendant 190 000 cycles, à une fréquence de 7 Hz. Cette variation de courbure de la courroie fait subir au câblé de la couche intérieure, celle la plus proche du galet, un taux de compression géométrique donné selon le diamètre du galet choisi. A la fin de ces sollicitations, on extrait par décorticage les câblés de la couche

intérieure et on mesure la force rupture résiduelle des câblés fatigués.

Le « *Disc Fatigue Test* » est un autre test bien connu de l'homme du métier, il consiste essentiellement à incorporer des câblés à tester dans des blocs de caoutchouc, puis, après 5 cuisson, à fatiguer les éprouvettes de gomme ainsi constituées en compression, entre deux disques tournants, un très grand nombre de cycles (dans les exemples qui suivent, 600 000 cycles à 33 cycles/s). Après fatigue, les câblés sont extraits des éprouvettes et on mesure leur force rupture résiduelle.

10 Tout d'abord, les câblés C1 à C4, et C7 non conformes à l'invention et les câblés C8 et C9 conformes à l'invention des essais précédents ont été soumis d'une part au « *Disc Fatigue Test* » avec un taux de compression géométrique maximal de l'éprouvette d'environ 16% (angle de 3° entre les deux disques), d'autre part au « *Shoe Shine test* » avec un taux de compression géométrique du câblé de la couche intérieure d'environ 12% (galet de 20 mm).

15 Dans les deux cas, on a mesuré, sur les câblés extraits après fatigue, les forces à la rupture (Fr) résiduelles indiquées en valeurs relatives dans le tableau 2 annexé. Pour les deux conditions de fatigue, la base 100 a été retenue pour la force à la rupture (Fr) résiduelle mesurée sur les câblés témoins (« T ») à double torsion T1, T2. Une valeur supérieure à 100 indique une force rupture résiduelle qui est augmentée, par conséquent une endurance qui est 20 améliorée par rapport au témoin correspondant.

25 A la lecture détaillée de ce tableau 2, on note tout d'abord que, pour les essais 1 et 2 conduits avec des filés en nylon, le passage de la double torsion (respectivement C1 et C3) à la triple torsion (respectivement C2 et C4), et ceci quel que soit le type de test (*Disc Fatigue Test* ou *Shoe Shine Test*), ne s'accompagne d'aucune modification notable compte tenu de la précision habituelle sur ces types de tests, en tout cas pas d'une amélioration quelconque, de l'endurance en compression ou en flexion-compression.

30 Par contre, pour l'essai 4, conduit avec des filés haut module, on constate de manière surprenante que le passage de la construction double torsion (câblé C7) à la construction triple torsion (câblés C8 et C9), toutes choses égales par ailleurs, s'accompagne de manière inattendue d'une amélioration tout à fait notable (variant de 20% à 62% selon les cas) de la force à la rupture résiduelle, pour chacun des deux tests de fatigue.

35 On note en particulier que dans le cas du câblé C9 selon l'invention, dans lequel T2 est comprise entre 0,4 et 0,8 fois (en l'occurrence, ici 0,6 fois) T3, l'endurance est encore améliorée par rapport au câblé C8 selon l'invention pour lequel T2 ne vérifie pas cette relation.

Les essais ci-dessus ont été complétés par un essai d'endurance supplémentaire (essai 6 du tableau 2) conduit sur deux autres câblés textiles C12 (témoin) et C13 (invention), à base de filés haut module comme pour l'essai 4 précédent, présentant tous deux un coefficient de torsion final (respectivement K2 ou K3) identique (égal à environ 180) à ceux retenus pour les témoins en nylon des essais 1 à 3 précédents.

De manière analogue aux constructions commentées précédemment, la construction notée « A55/-/3/3 » du câblé C12 témoin signifie que ce câblé est un câblé à double torsion (T1, T2) qui est issu simplement d'une opération de torsion (T2 de 310 t/m, D2 ou S) de 3 brins différents qui ont été chacun préparés préalablement par une opération de torsion individuelle en sens inverse (T1 de 310 t/m, D1 ou Z) de 3 filés aramide (A) de titre 55 tex.

Comparativement, pour la construction notée « A55/1/3/3 » du câblé C13 conforme à l'invention, le câblé textile concerné est un câblé à triple torsion (T1, T2, T3) qui est issu d'une opération de torsion finale (T3 de 310 t/m, D2 ou S) de 3 brins différents qui ont été chacun préparés préalablement par une opération de torsion intermédiaire (T2 de 185 t/m) en sens inverse (D1 ou Z) de 3 pré-brins, chacun des pré-brins consistant en 1 filé unique aramide (A) de titre 55 tex qui a été tordu préalablement sur lui-même au cours d'une première opération de torsion T1 (125 t/m) dans la même direction D1 (Z).

Les résultats obtenus ont été ajoutés au tableau 2, ils confirment bien la supériorité du câblé C13 de l'invention à triple torsion, par rapport au câblé C12 témoin à double torsion, avec une augmentation tout à fait notable de la force à la rupture résiduelle, pour chacun des deux tests de fatigue, particulièrement importante pour le test courroie.

En conclusion, grâce à l'invention, il est désormais possible, pour une même torsion finale donnée, d'améliorer non seulement les propriétés de compacité, de force à la rupture et de ténacité des câblés textiles aramides, mais encore leur endurance en compression ou flexion-compression, ainsi d'optimiser encore l'architecture des pneumatiques que ces câblés sont susceptibles de renforcer.

**Tableau 1**  
Propriétés mécaniques

N° Essai	Réf. Câblé	Nature Câblé	Construction du Câblé	Torsions t/m			Coefficient de torsion	Propriétés mécaniques			
				-		-		K1	K2	Ø apparent	Titre
				T1	T2	T3		K1	K2	K3	tex
1	C1	T	N47/-3/4	0	250Z	250S	0	88	176	35,3	100
	C2	C	N47/1/3/4	100Z	150Z	250S	20	53	176	34,1	97
2	C3	T	N94/-2/3	0	260Z	260S	0	106	183	41,2	100
	C4	C	N94/1/2/3	100Z	160Z	260S	29	65	183	42,3	103
3	C5	T	N140/-2/2	0	250Z	250S	0	124	175	44,5	100
	C6	C	N140/1/2/2	100Z	150Z	250S	35	74	175	43,5	98
4	C7	T	A55/-3/4	0	300Z	300S	0	102	203	110,6	100
	C8	I	A55/1/3/4	60Z	240Z	300S	12	81	203	119,4	108
5	C9	I	A55/1/3/4	120Z	180Z	300S	23	61	203	116,9	106
	C10	T	A330/-3/3	0	150Z	150S	0	124	215	404,2	100
	C11	I	A330/1/3/3	40Z	110Z	150S	19	91	215	467,8	116
										2,37	3428

Tableau 2

N° Essai	Réf. Câblé	Nature Câblé	Construction du Câblé	Torsions t/m			Coefficient de torsion			“Disc Fatigue Test”			“Shoe Shine Test”		
				-	T1	T2	-	K1	K2	K3	Fr résiduelle	Fr résiduelle	Fr résiduelle	Fr résiduelle	
1	C1	T	N47/-3/4	0	250Z	250S	0	88	176		100		100		
	C2	C	N47/1/3/4	100Z	150Z	250S	20	53	176		95		97		
2	C3	T	N94/-2/3	0	260Z	260S	0	106	183		100		100		
	C4	C	N94/1/2/3	100Z	160Z	260S	29	65	183		97		99		
4	C7	T	A55/-3/4	0	300Z	300S	0	102	203		100		100		
	<b>C8</b>	-	A55/1/3/4	60Z	240Z	300S	12	81	203		120		136		
6	<b>C9</b>	-	A55/1/3/4	120Z	180Z	300S	23	61	203		125		162		
	C12	T	A55/-3/3	0	310Z	310S	0	105	182		100		100		
<b>C13</b>	-		A55/1/3/3	125Z	185Z	310S	24	63	182	111		193			

## REVENDICATIONS

- 5       **1.** Câblé textile (30, 50) à au moins triple torsion (T1, T2, T3), comportant au moins N  
brins (20, 20a, 20b, 20c, 20d), N étant supérieur à 1, retordus ensemble selon une torsion T3  
et une direction D2, chaque brin étant constitué de M pré-brins (10, 10a, 10b, 10c), M étant  
supérieur à 1, eux-mêmes tordus ensemble selon une torsion T2 (T2a, T2b, T2c, T2d) et une  
direction D1 opposée à D2, chaque pré-brin consistant lui-même en un filé (5) qui a été tordu  
préalablement sur lui-même selon une torsion T1 (T1a, T1b, T1c) et la direction D1, dans  
lequel au moins la moitié des N fois M filés présente un module initial en extension noté Mi  
qui est supérieur à 2000 cN/tex.
- 10      **2.** Câblé selon la revendication 1, dans lequel N varie dans un domaine de 2 à 6, de  
préférence de 2 à 4.
- 15      **3.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel M varie dans un  
domaine de 2 à 6, de préférence de 2 à 4.
- 20      **4.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le nombre total N  
fois M de filés est compris dans un domaine de 4 à 25, de préférence de 4 à 16.
- 25      **5.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la torsion T1  
exprimée en tours par mètre est comprise entre 10 et 350, de préférence entre 20 et 200.
6.      Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel chaque pré-brin  
présente un coefficient de torsion K1 qui est compris entre 2 et 80, de préférence entre 6 et  
70.
- 30      **7.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la torsion T2  
exprimée en tours par mètre est comprise entre 25 et 470, de préférence entre 35 et 400.
- 35      **8.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel chaque brin  
présente un coefficient de torsion K2 qui est compris entre 10 et 150, de préférence entre 20  
et 130.
9.      Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la torsion T3  
exprimée en tours par mètre est comprise entre 30 et 600, de préférence entre 80 et 500.

**10.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, présentant un coefficient de torsion K3 qui est compris entre 50 et 500, de préférence entre 80 et 230.

5       **11.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel T2 est supérieure à T1.

10      **12.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel T3 est supérieure à T2.

15      **13.** Câblé selon la revendication 12, dans lequel T2 est comprise entre 0,2 et 0,95 fois T3, de préférence entre 0,4 et 0,8 fois T3.

15      **14.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel la somme T1+T2 est comprise entre 0,8 et 1,2 fois T3, de préférence entre 0,9 et 1,1 fois T3.

**15.** Câblé selon la revendication 14, dans lequel la somme T1+T2 est égale à T3.

20      **16.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel la totalité des N fois M filés présente un module Mi supérieur à 2000 cN/tex, de préférence supérieur à 2500 cN/tex.

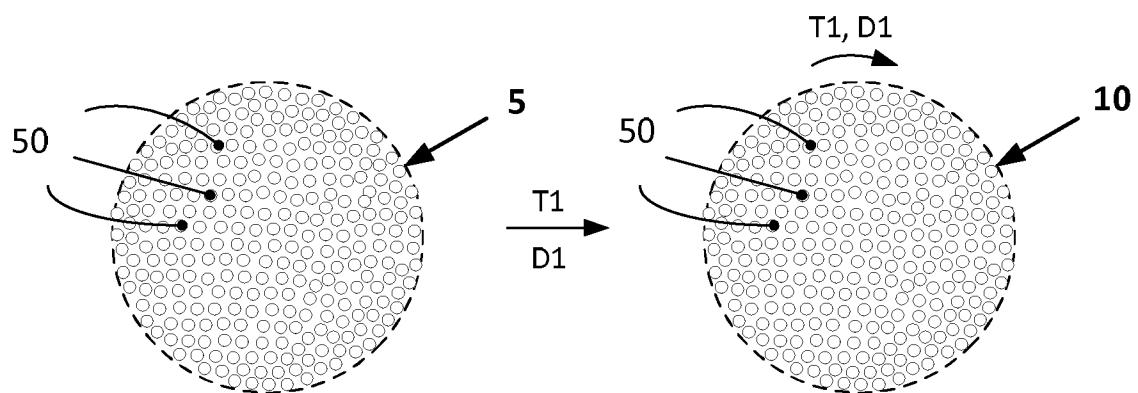
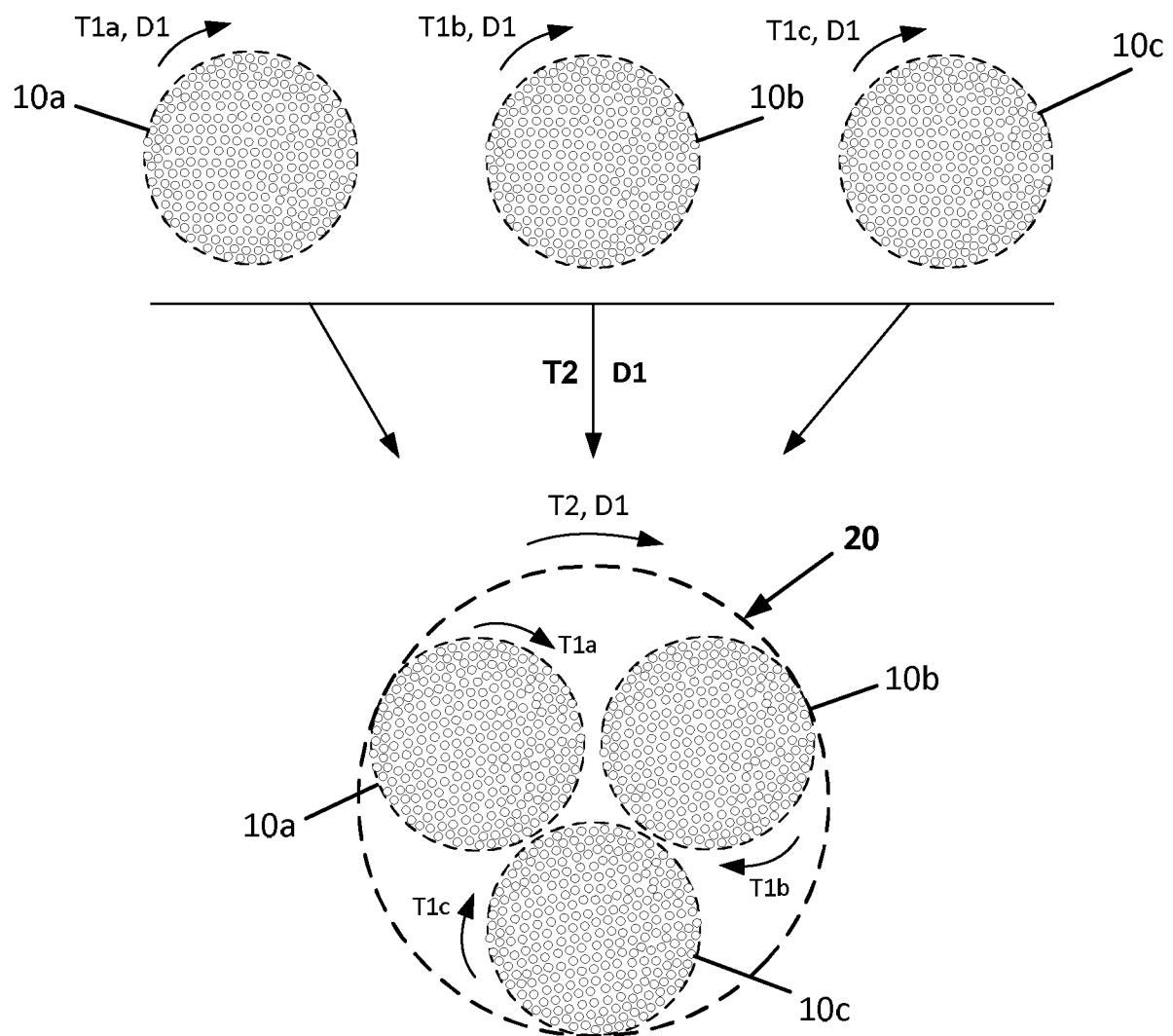
25      **17.** Câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans lequel au moins la moitié des N fois M filés présente un module Mi supérieur à 3000 cN/tex.

**18.** Utilisation d'un câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, pour le renforcement d'un article ou produit semi-fini en matière plastique ou en caoutchouc.

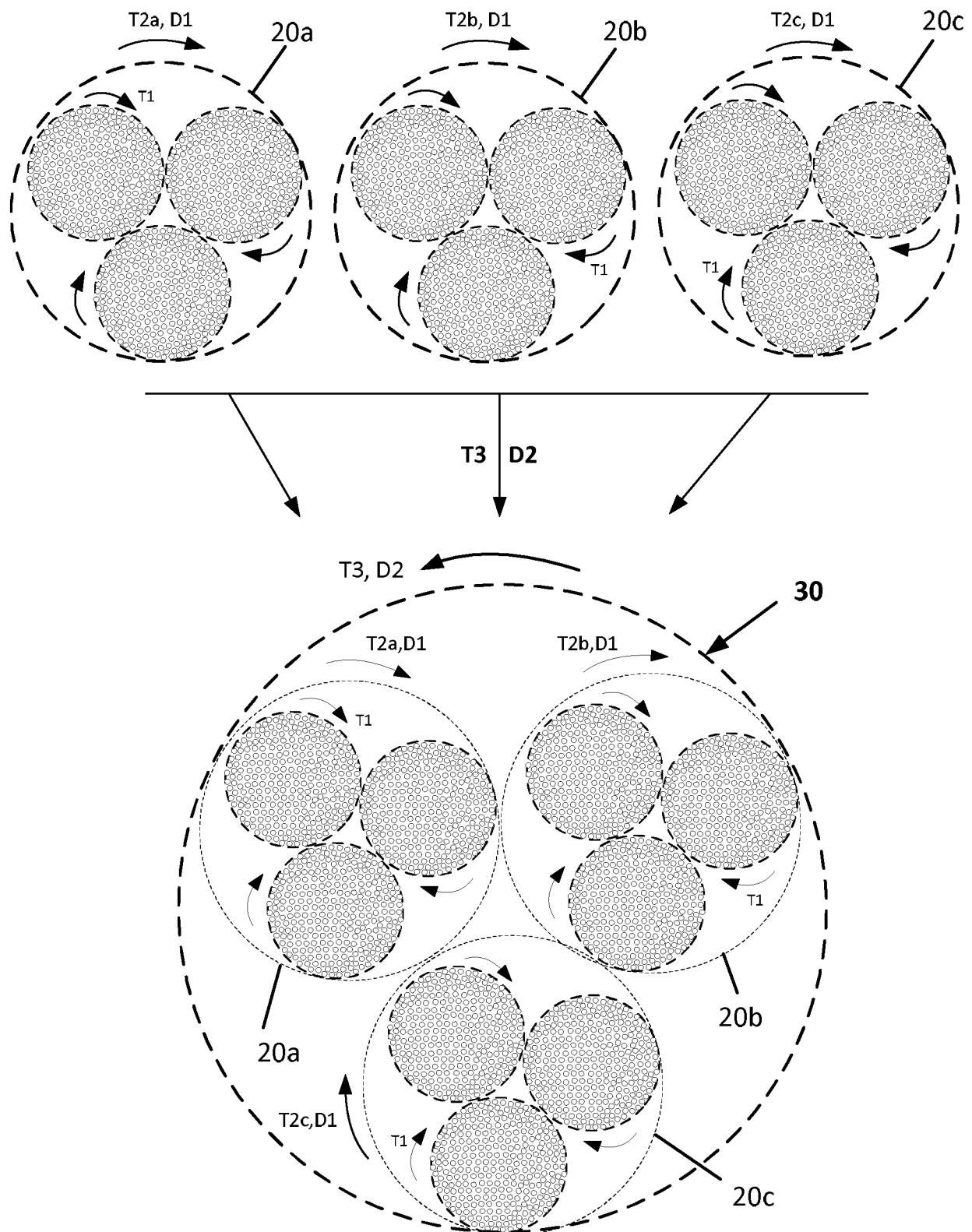
30      **19.** Article ou produit semi-fini en matière plastique ou en caoutchouc renforcé d'un câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17.

**20.** Utilisation d'un câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, pour le renforcement d'un pneumatique.

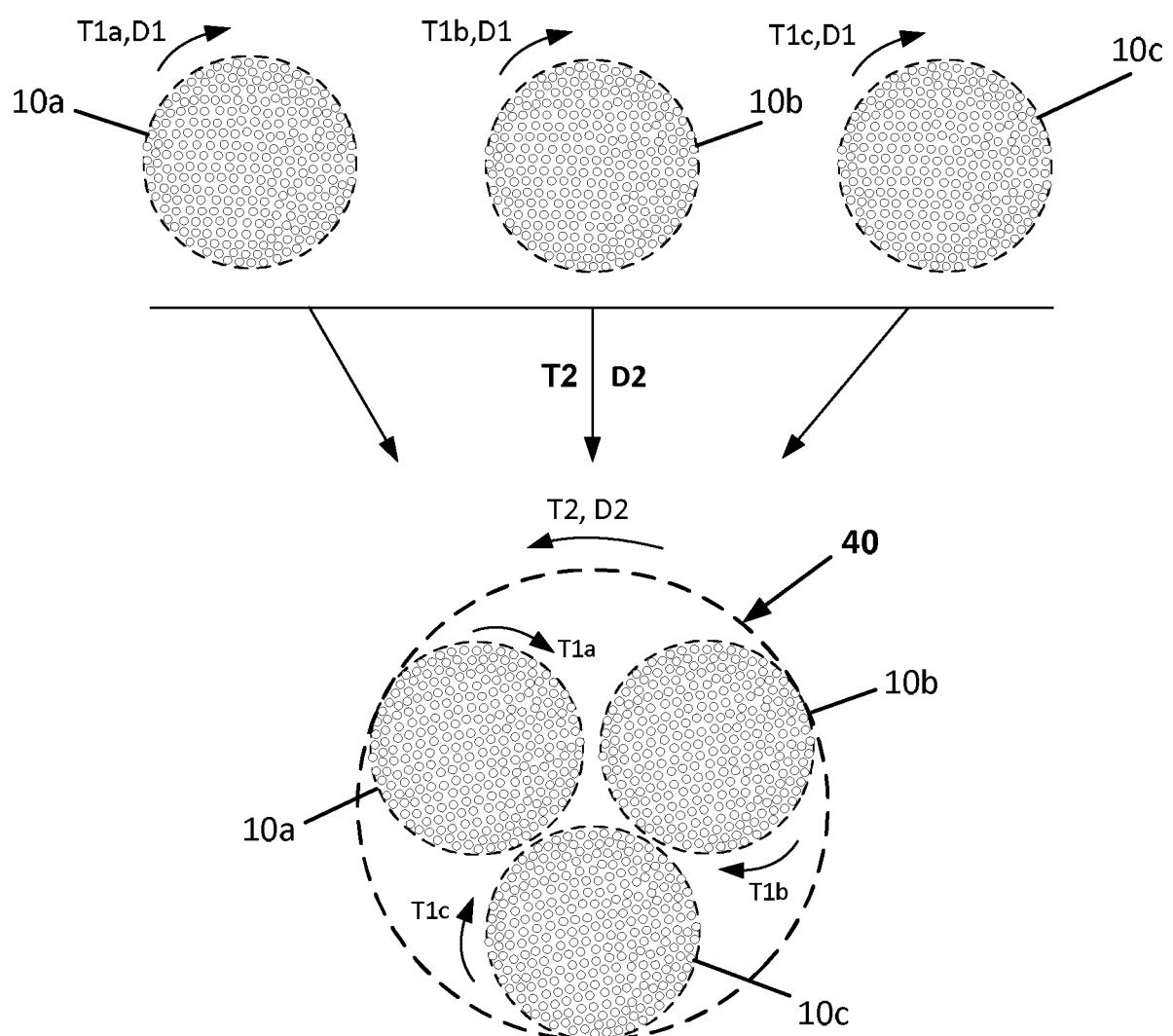
35      **21.** Pneumatique renforcé d'un câblé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17.

**1/5****Fig. 1****Fig. 2**

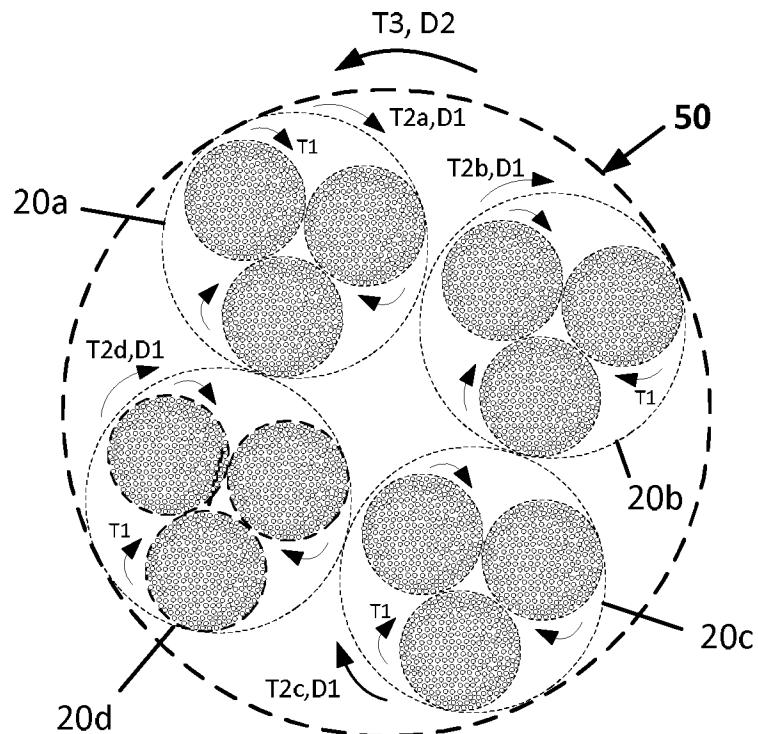
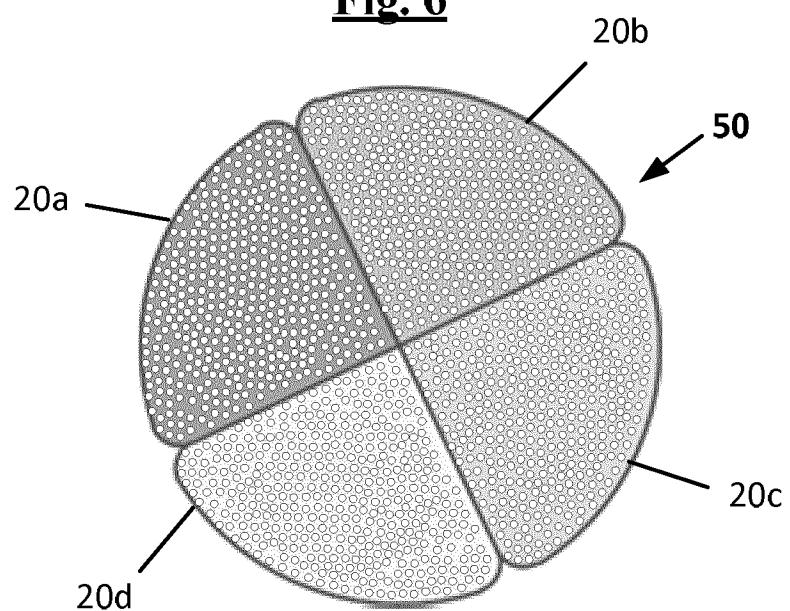
2/5

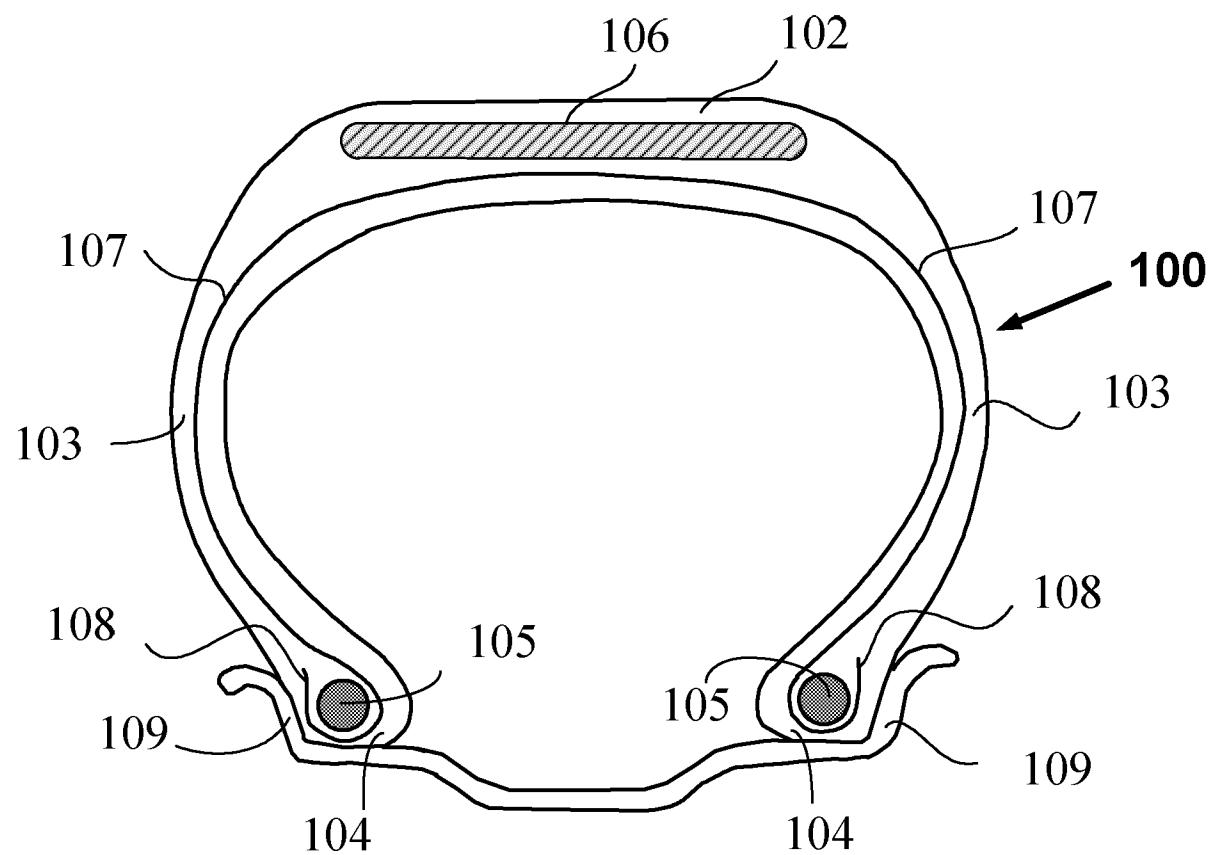
**Fig. 3**

3/5

**Fig. 4**

4/5

**Fig. 5****Fig. 6**

**5/5****Fig. 7**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/078841

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. D02G3/48  
ADD.

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)  
D02G B60C F16G 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, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 607 499 A (GARBIN ALBERT J) 21 September 1971 (1971-09-21) column 3, line 19 - line 40; figures 2-4 column 5, line 4 - line 22 ----- US 1 708 668 A (EVANS RHYS D) 9 April 1929 (1929-04-09) page 1, line 59 - line 86; figure 4 ----- US 2 116 937 A (VEESEY WILLIAM E) 10 May 1938 (1938-05-10) page 1, column 1, line 44 - column 2, line 2; figure 3 page 1, column 2, line 24 - line 53 ----- -/-	1-19  1-21  1-21  -/-

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  4 February 2016	Date of mailing of the international search report  12/02/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3046	Authorized officer  Pollet, Didier

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/078841

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 1 632 201 A (STEERE SAMUEL A) 14 June 1927 (1927-06-14) page 1, line 52 - line 71; figure 2 page 2, line 34 - line 45 -----	1-21
A	EP 2 186 652 A1 (SUMITOMO RUBBER IND [JP]) 19 May 2010 (2010-05-19) paragraph [0017]; figure 5 -----	1,18-21
2		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2015/078841

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 3607499	A 21-09-1971	NONE		
US 1708668	A 09-04-1929	NONE		
US 2116937	A 10-05-1938	NONE		
US 1632201	A 14-06-1927	NONE		
EP 2186652	A1 19-05-2010	EP 2186652 A1 19-05-2010 JP 4538032 B2 08-09-2010 JP 2009061870 A 26-03-2009 US 2010224302 A1 09-09-2010 WO 2009031340 A1 12-03-2009		

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/078841

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. D02G3/48  
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)  
D02G B60C F16G 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 3 607 499 A (GARBIN ALBERT J) 21 septembre 1971 (1971-09-21) colonne 3, ligne 19 - ligne 40; figures 2-4 colonne 5, ligne 4 - ligne 22 ----- US 1 708 668 A (EVANS RHYS D) 9 avril 1929 (1929-04-09) page 1, ligne 59 - ligne 86; figure 4 ----- US 2 116 937 A (VEESEY WILLIAM E) 10 mai 1938 (1938-05-10) page 1, colonne 1, ligne 44 - colonne 2, ligne 2; figure 3 page 1, colonne 2, ligne 24 - ligne 53 ----- -/-	1-19  1-21  1-21  -/-
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
4 février 2016	12/02/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé  Pollet, Didier

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande internationale n°

PCT/EP2015/078841

## C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 1 632 201 A (STEERE SAMUEL A) 14 juin 1927 (1927-06-14) page 1, ligne 52 - ligne 71; figure 2 page 2, ligne 34 - ligne 45 -----	1-21
A	EP 2 186 652 A1 (SUMITOMO RUBBER IND [JP]) 19 mai 2010 (2010-05-19) alinéa [0017]; figure 5 -----	1,18-21
2		

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2015/078841

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3607499	A 21-09-1971	AUCUN	
US 1708668	A 09-04-1929	AUCUN	
US 2116937	A 10-05-1938	AUCUN	
US 1632201	A 14-06-1927	AUCUN	
EP 2186652	A1 19-05-2010	EP 2186652 A1 JP 4538032 B2 JP 2009061870 A US 2010224302 A1 WO 2009031340 A1	19-05-2010 08-09-2010 26-03-2009 09-09-2010 12-03-2009