



(51) Classification internationale des brevets :
D07B 1/06 (2006.01) D07B 7/02 (2006.01)
D07B 5/12 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/060564

(22) Date de dépôt international :
23 mai 2013 (23.05.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1254837 25 mai 2012 (25.05.2012) FR

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

(72) Inventeurs : BARGUET, Henri; Manufacture Française Des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). CLEMENT, Emmanuel; Manufacture Française Des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex

9 (FR). RAPENNE, Thibault; Manufacture Française Des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). POTTIER, Thibaud; Manufacture Française Des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : DESBORDES, Guillaume; Manufacture Française Des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING A TWO-LAYER MULTI-STRAND METAL CABLE

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UN CÂBLE METALLIQUE MULTI-TORONS À DEUX COUCHES

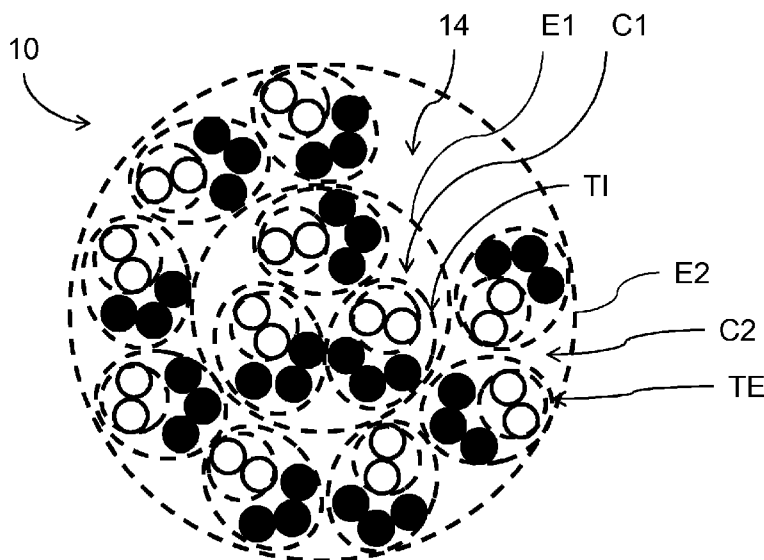


Fig. 1

(57) Abstract : The method for producing a two-layer multi-strand metal cable (10) involves:
- winding, in a helix, N wires constituting an outer layer of a strand (TI, TE) around 2 wires constituting an inner layer of the strand (TI, TE) in such a way as to form the strand (TI, TE);
- winding, in a helix, L>1 previously formed outer strands (TE) constituting an unsaturated outer layer (C2) of the cable (10) around K>1 previously formed inner strands (TI) constituting an inner layer (C1) of the cable (10), - overtwisting the wound cable (TI, TE);
- carrying out a step of balancing the overtwisted cable (10) in such a way as to obtain zero residual torque in the cable (10), and - carrying out a step of untwisting the balanced overtwisted cable (10).

(57) Abrégé : Au cours du procédé de fabrication d'un câble métallique (10) multi-torons à deux couches: - on enroule en hélice N fils constituant une couche externe d'un toron (TI, TE) autour de 2 fils constituant une couche interne du toron (TI, TE) de façon à former le toron (TI, TE); - on enroule en hélice L>1 torons externes (TE) formés précédemment et constituant

[Suite sur la page suivante]



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

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

une couche externe (C2) insaturée du câble (10) autour de $K > 1$ torons internes (TI) formés précédemment et constituant une couche interne (C1) du câble (10), - on réalise un surtordage du câble (TI, TE) enroulé; - on réalise une étape d'équilibrage du câble (10) surtordu de façon à obtenir un couple résiduel nul dans le câble (10), et - on réalise une étape de détordage du câble (10) surtordu équilibré.

Procédé de fabrication d'un câble métallique multi-torons à deux couches

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

5 [002] Un pneumatique à armature de carcasse radiale comprend une bande de roulement, deux bourrelets inextensibles, deux flancs reliant les bourrelets à la bande de roulement et une ceinture, ou armature de sommet, disposée circonférentiellement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement. Cette ceinture comprend
10 plusieurs nappes de caoutchouc, éventuellement renforcées par des éléments de renforcement ou renforts tels que des câbles ou des monofilaments, de type métallique ou textile.

[003] La ceinture de pneumatique est généralement constituée d'au moins deux nappes de ceinture superposées, dites parfois nappes "de travail" ou nappes "croisées", dont les câbles de renforcement, en général métalliques, sont disposés
15 pratiquement parallèles les uns aux autres à l'intérieur d'une nappe, mais croisés d'une nappe à l'autre, c'est-à-dire inclinés, symétriquement ou non, par rapport au plan circonférentiel médian, d'un angle qui est généralement compris entre 10° et 45° selon le type de pneu considéré. Les nappes croisées peuvent être complétées par diverses autres nappes ou couches de caoutchouc auxiliaires, de largeurs variables
20 selon les cas, comportant ou non des renforts. On citera à titre d'exemple de simples coussins de gomme, des nappes dites "de protection" chargées de protéger le reste de la ceinture des agressions externes, des perforations, ou encore des nappes dites "de frettage" comportant des renforts orientés sensiblement selon la direction circonférentielle (nappes dites "à zéro degré"), qu'elles soient radialement externes ou
25 internes par rapport aux nappes croisées.

[004] Un pneumatique de véhicule industriel lourd, notamment de génie civil, est soumis à de nombreuses agressions. En effet, le roulage de ce type de pneumatique se fait habituellement sur un revêtement accidenté conduisant parfois à des perforations de la bande de roulement. Ces perforations permettent l'entrée d'agents
30 corrosifs, par exemple l'air et l'eau, qui oxydent les renforts métalliques de l'armature de sommet et réduisent considérablement la durée de vie du pneumatique.

[005] On connaît de l'état de la technique un câble pour des nappes de protection pour pneumatique de véhicule industriel lourd. Ce câble présente une structure du type 4 x (1+5) et comprend quatre torons comprenant chacun une couche interne
35 constituée d'un fil et une couche externe constituée de cinq fils enroulés en hélice autour du fil de la couche interne.

[006] Ce câble de l'état de la technique présente une résistance à la corrosion ainsi qu'une élasticité acceptables mais une force à la rupture relativement limitée, qui bien que satisfaisante pour certaines utilisations, n'est pas suffisante pour des utilisations particulières, notamment dans le cas de câble pour pneumatiques de véhicules industriels lourds.

[007] L'invention a donc pour but de fournir un câble multi-torons résistant à la corrosion et ayant une force à la rupture élevée.

[008] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'un câble métallique multi-torons à deux couches, dans lequel

- on enroule en hélice N fils constituant une couche externe d'un toron autour de 2 fils constituant une couche interne du toron de façon à former le toron;

- on enroule en hélice L torons externes, L étant strictement supérieur à 1, formés précédemment et constituant une couche externe insaturée du câble autour de K torons internes, K étant strictement supérieur à 1, formés précédemment et constituant une couche interne du câble, on réalise un surtordage du câble enroulé;

- on réalise une étape d'équilibrage du câble surtordu de façon à obtenir un couple résiduel nul dans le câble, et

- on réalise une étape de détordage du câble surtordu équilibré.

[009] La succession des étapes de surtordage, d'équilibrage et de détordage appliqué au câble multi-torons $(K+L) \times (2+N)$ permet d'obtenir un câble aéré, c'est-à-dire caractérisé d'une part, par un écartement des fils par rapport à la direction axiale (direction perpendiculaire à la direction de l'axe du toron) et d'autre part, par un écartement des torons par rapport à la direction axiale (direction perpendiculaire à la direction de l'axe du câble). En effet, les fils constituant les torons et les torons constituant le câble sont déformés plastiquement durant l'étape de surtordage et présentent donc, à l'issue de l'étape de détordage, un excès de courbure par rapport à la courbure initiale du câble préalablement à l'étape de surtordage. Cet excès de courbure, relativement important, écarte axialement les fils constituant les torons et les torons constituant le câble lorsque le câble est au repos, notamment lorsqu'il n'est pas soumis à un effort de traction. Cette courbure est définie, d'une part, par le diamètre d'hélice de chaque couche de fils ou de torons et, d'autre part, par le pas d'hélice ou bien par l'angle d'hélice de chaque couche de fils ou de torons (angle mesuré à partir de l'axe du câble).

[010] Le câble ainsi fabriqué est du type « HE », c'est-à-dire à haute élasticité, et hautement pénétrable. En plus de rendre le câble élastique, l'écartement des fils et des torons par rapport respectivement à l'axe du toron et du câble permet de favoriser le passage de la gomme entre les fils de chaque toron et entre les différents torons.

La résistance à la corrosion est ainsi améliorée.

5 [011] Par définition, une couche insaturée de torons est telle qu'il existe suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un (L+1)ième toron du même diamètre que les L torons de la couche, plusieurs torons pouvant alors être au contact les uns des autres. Réciproquement, cette couche est dite saturée s'il n'existait pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un (L+1)ième toron du même diamètre que les L torons de la couche.

10 [012] Le câble présente une résistance élevée à la corrosion. En effet, l'insaturation de la couche externe du câble permet de créer au moins une ouverture de passage de la gomme entre deux torons externes afin de faire efficacement pénétrer la gomme lors de la vulcanisation du pneumatique. La structure 2+N de chaque toron amplifie le passage de la gomme. En effet, chaque toron présente une enveloppe de contour oblong ce qui favorise l'absence de contact entre les torons adjacents et donc le passage de la gomme.

15 [013] En outre, le câble présente des propriétés remarquables de résistance. La résistance d'un câble peut être mesurée par la valeur de sa force à rupture et caractérise sa capacité de résistance structurale à une force.

[014] La structure multi-torons (K+L) x (2+N) du câble permet de conférer au câble une excellente résistance mécanique, en particulier une force à rupture élevée.

20 [015] La structure du câble permet de fabriquer des nappes de sommet, par exemple de travail ou croisée, de protection, présentant une masse linéique relativement élevée. Ainsi, la résistance du pneumatique est fortement améliorée.

25 [016] Dans le cas où le câble est utilisé dans une nappe de protection, les nappes de protection sont rendues plus endurantes et plus résistantes à la corrosion à cause de sa haute pénétrabilité qui permet à la gomme de protéger le câble contre les agents corrosifs et à cause de son l'élasticité élevée qui permet au câble de se déformer facilement quel que soit le revêtement.

30 [017] Dans le cas où le câble est utilisé dans une nappe de travail ou croisée, grâce à sa résistance mécanique élevée, notamment sa résistance à la fatigue en compression, le câble permet de conférer au pneumatique une endurance élevée, vis-à-vis en particulier du phénomène de séparation/fissuration des extrémités des nappes croisées dans la zone d'épaule du pneumatique, connu sous le terme de "clivage".

35 [018] Par câble métallique, on entend par définition un câble formé de fils constitués majoritairement (c'est-à-dire pour plus de 50% de ces fils) ou intégralement (pour 100% des fils) d'un matériau métallique. L'invention est préférentiellement mise en œuvre avec un câble en acier, plus préférentiellement en acier perlitique (ou ferrito-

perlitique) au carbone désigné ci-après par "acier au carbone", ou encore en acier inoxydable (par définition, acier comportant au moins 11% de chrome et au moins 50% de fer). Mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers ou d'autres alliages.

5 **[019]** Lorsqu'un acier au carbone est utilisé, sa teneur en carbone (% en poids d'acier) est de préférence comprise entre 0,4% et 1,2%, notamment entre 0,5% et 1,1% ; ces teneurs représentent un bon compromis entre les propriétés mécaniques requises pour le pneumatique et la faisabilité des fils. Il est à noter qu'une teneur en
10 carbone comprise entre 0,5% et 0,6% rend de tels aciers finalement moins coûteux car plus faciles à tréfiler. Un autre mode avantageux de réalisation de l'invention peut consister aussi, selon les applications visées, à utiliser des aciers à faible teneur en carbone, comprise par exemple entre 0,2% et 0,5%, en raison notamment d'un coût plus bas et d'une plus grande facilité de tréfilage.

15 **[020]** Le métal ou l'acier utilisé, qu'il s'agisse en particulier d'un acier au carbone ou d'un acier inoxydable, peut être lui-même revêtu d'une couche métallique améliorant par exemple les propriétés de mise en œuvre du câble métallique et/ou de ses éléments constitutifs, ou les propriétés d'usage du câble et/ou du pneumatique eux-mêmes, telles que les propriétés d'adhésion, de résistance à la corrosion ou encore de résistance au vieillissement.

20 **[021]** Selon un mode de réalisation préférentiel, l'acier utilisé est recouvert d'une couche de laiton (alliage Zn-Cu) ou de zinc. On rappelle que lors du procédé de fabrication des fils, le revêtement de laiton ou de zinc facilite le tréfilage du fil, ainsi que le collage du fil avec le caoutchouc. Mais les fils pourraient être recouverts d'une fine couche métallique autre que du laiton ou du zinc, ayant par exemple pour fonction
25 d'améliorer la résistance à la corrosion de ces fils et/ou leur adhésion au caoutchouc, par exemple une fine couche de Co, Ni, Al, d'un alliage de deux ou plus des composés Cu, Zn, Al, Ni, Co, Sn.

30 **[022]** L'homme du métier sait comment fabriquer des fils d'acier présentant de telles caractéristiques, en ajustant notamment la composition de l'acier et les taux d'écrouissage final de ces fils, en fonction de ses besoins propres particuliers, en utilisant par exemple des aciers au carbone micro-alliés contenant des éléments d'addition spécifiques tels que Cr, Ni, Co, V, ou divers autres éléments connus (voir par exemple *Research Disclosure* 34984 – "*Micro-alloyed steel cord constructions for tyres*" - mai 1993 ; *Research Disclosure* 34054 – "*High tensile strength steel cord constructions for tyres*" – août 1992).
35

[023] De préférence, on enroule en hélice les K torons internes.

[024] De préférence, et dans cet ordre :

- On forme chaque toron interne et externe.
- On enroule en hélice les K torons internes formés précédemment.
- On enroule en hélice les L torons externes formés précédemment autour
5 des K torons internes enroulés en hélice précédemment.

[025] Avantageusement, la couche externe de chaque toron est insaturée.

[026] Par définition, une couche insaturée de fils est telle qu'il existe suffisamment
de place dans cette couche pour y ajouter au moins un (N+1)ième fil du même
diamètre que les N fils de la couche, plusieurs fils pouvant alors être au contact les
10 uns des autres. Réciproquement, cette couche est dite saturée s'il n'existait pas
suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un (N+1)ième fil du
même diamètre que les N fils de la couche.

[027] On améliore la protection du câble contre la corrosion pour des raisons
analogues à celles relatives à l'insaturation de la couche externe du câble. En
particulier, on permet la pénétration de la gomme jusqu'au canal central délimité par
15 les torons de la couche interne du câble. Ainsi, dans un tel câble, la gomme pénètre
au milieu de chaque toron et entre les torons.

[028] De préférence, la force à rupture du câble est supérieure ou égale à 4000 N,
de préférence à 5000 N et plus préférentiellement à 6000 N.

[029] De préférence, l'allongement total à la rupture A_t du câble, somme de ses
allongements structural, élastique et plastique ($A_t = A_s + A_e + A_p$), est supérieur ou
égal à 4,5%, de préférence à 5% et plus préférentiellement à 5,5%.

[030] L'allongement structural A_s résulte de la construction et de l'aération même du
câble multitorons et/ou de ses torons élémentaires ainsi que de leur élasticité propre,
25 le cas échéant d'une préformation imposée à un ou plusieurs de ces torons et/ou fils
constitutifs.

[031] L'allongement élastique A_e résulte de l'élasticité même du métal des fils
métalliques, pris individuellement (loi de Hooke).

[032] L'allongement plastique A_p résulte de la plasticité (déformation irréversible au-
30 delà de la limite d'élasticité) du métal de ces fils métalliques pris individuellement.

[033] Ces différents allongements ainsi que leur signification, bien connus de
l'homme du métier, sont décrits dans les documents US5843583, WO2005/014925 et
WO2007/090603.

[034] Avantageusement, le câble présente un allongement structural A_s supérieur ou
35 égal à 1 %, de préférence à 1,5 % et plus préférentiellement à 2 %.

[035] Avantageusement, $K=3$ ou $K=4$.

[036] De préférence, $L=8$ ou $L=9$.

[037] Avantageusement, $N=2$, $N=3$ ou $N=4$.

[038] Les câbles préférés sont les câbles de structure $(3+8) \times (2+2)$, $(3+8) \times (2+3)$, $(3+8) \times (2+4)$, $(4+8) \times (2+2)$, $(4+8) \times (2+3)$, $(4+8) \times (2+4)$, $(4+9) \times (2+2)$, $(4+9) \times (2+3)$ et $(4+9) \times (2+4)$.

5 **[039]** On rappelle ici que, de manière connue, le pas représente la longueur, mesurée parallèlement à l'axe du câble, au bout de laquelle un fil ayant ce pas effectue un tour complet autour dudit axe du câble.

[040] Selon des caractéristiques optionnelles :

10 – Les fils internes de chacun des K torons internes sont enroulés en hélice selon un pas compris entre 3,6 et 16 mm bornes incluses, de préférence entre 4 et 12,8 mm bornes incluses.

– Le diamètre des fils internes de chacun des K torons internes est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

15 – Le rapport du pas sur le diamètre des fils internes de chacun des K torons internes est compris entre 20 et 40 bornes incluses.

– Les fils externes de chacun des K torons internes sont enroulés en hélice selon un pas compris entre 3,1 et 8,4 mm bornes incluses, de préférence entre 3,4 et 6,7 mm bornes incluses.

20 – Le diamètre des fils externes de chacun des K torons internes est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

– Le rapport du pas sur le diamètre des fils externes de chacun des K torons internes est compris entre 17 et 21 bornes incluses.

25 **[041]** Ainsi, à diamètre constant, les fils externes présentent, de préférence, un pas plus court que celui des fils internes. L'élasticité de chacun des K torons est améliorée.

30 **[042]** De préférence, les couches interne et externe de chacun des K torons internes sont enroulées dans le même sens de torsion. En plus de favoriser l'élasticité du câble, l'enroulement dans le même sens des couches interne et externe permet de minimiser les frottements entre les deux couches et donc l'usure des fils qui les constituent.

[043] Selon d'autres caractéristiques optionnelles :

35 – Les fils internes de chacun des L torons externes sont enroulés en hélice selon un pas compris entre 7,2 et 32 mm bornes incluses, de préférence entre 8 et 25,6 mm bornes incluses.

– Le diamètre des fils internes de chacun des L torons externes est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

5 – Le rapport du pas sur le diamètre des fils internes de chacun des L torons externes est compris entre 40 et 80 bornes incluses.

– Les fils externes de chacun des L torons externes sont enroulés en hélice selon un pas compris entre 4,1 et 13,2 mm bornes incluses, de préférence entre 4,6 mm et 10,6 mm bornes incluses.

10 – Le diamètre des fils externes de chacun des L torons externes est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

[044] Le rapport du pas sur le diamètre des fils externes de chacun des L torons externes est compris entre 23 et 33 bornes incluses.

15 **[045]** Ainsi, à diamètre constant, les fils externes présentent, de préférence, un pas plus court que celui des fils internes. L'élasticité de chacun des L torons est améliorée.

[046] De préférence, les couches interne et externe de chacun des L torons externes sont enroulées dans le même sens de torsion. De façon analogue aux torons internes, on améliore ainsi l'élasticité et la résistance à l'usure du câble.

[047] Selon encore d'autres caractéristiques optionnelles :

20 – Les torons internes sont enroulés en hélice selon un pas compris entre 3,6 et 16 mm bornes incluses, de préférence entre 4 et 12,8 mm bornes incluses.

– Le rapport du pas des torons internes sur le diamètre des fils de chaque toron interne est compris entre 20 et 40 bornes incluses. Tous les fils de chaque toron interne présentent alors le même diamètre.

25 – Les torons externes sont enroulés en hélice selon un pas compris entre 7,2 et 32 mm bornes incluses, de préférence entre 8 et 25,6 mm bornes incluses.

– Le rapport du pas des torons externes sur le diamètre des fils de chaque toron externe est compris entre 40 et 80 bornes incluses. Tous les fils de chaque toron externe présentent alors le même diamètre.

30 **[048]** Ainsi, à diamètre constant, les torons externes présentent, de préférence, un pas plus grand que celui des torons internes.

[049] De préférence, les couches interne et externe du câble sont enroulées dans le même sens de torsion. Cet enroulement permet de minimiser les frottements entre les deux couches et donc l'usure des torons qui les constituent.

35 **[050]** Avantageusement, tous les fils et les torons sont enroulés selon le même sens de torsion. Cela permet de favoriser l'élasticité du câble.

[051] Pour un compromis optimisé de résistance, d'aptitude à l'élongation structurale ou élasticité, d'endurance et de flexibilité, on préfère que les diamètres de tous les fils externes et internes de chaque toron, que ces fils aient un diamètre identique ou non, soient compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

[052] Pour chaque toron, les fils internes et externes peuvent avoir un diamètre identique ou différent d'une couche à l'autre. On utilise de préférence des fils de même diamètre d'une couche à l'autre. Les fils internes de chaque toron sont préférentiellement en acier, plus préférentiellement en acier au carbone. Indépendamment, les fils externes de chaque toron sont préférentiellement en acier, plus préférentiellement en acier au carbone.

[053] Le câble est tout particulièrement destiné à être utilisé comme élément de renforcement d'une armature de sommet de pneumatique 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.

[054] 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 qui est réunie auxdits bourrelets par deux flancs, ladite armature de sommet comporte des câbles tels que défini ci-dessus.

[055] Avantageusement, le câble est destiné à être utilisé comme élément de renforcement d'une nappe de protection. En variante, le câble est destiné à être utilisé comme élément de renforcement d'une nappe de travail.

[056] Le câble pourrait également être utilisé, dans d'autres modes de réalisation, pour renforcer d'autres parties de pneumatiques destinés à d'autres types de véhicules.

[057] Ainsi, par exemple, on pourrait envisager d'utiliser le câble comme élément de renforcement d'une nappe de fretage. Selon différents modes de réalisation, une telle nappe de fretage peut être disposée radialement entre la ou les nappes de carcasse et la ou les nappes de travail, entre les nappes de travail, entre la ou les nappes de travail et la ou les nappes de protection.

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

– la figure 1 est une vue en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos) d'un câble obtenu à partir du procédé selon l'invention;

- la figure 2 est une vue de détails d'un toron du câble de la figure 1;
- la figure 3 est une vue en coupe perpendiculaire à la direction circonférentielle d'un pneumatique comprenant le câble de la figure 1;
- la figure 4 est une vue analogue à celle de la figure 1 d'un câble de l'état de la technique.

[059] CÂBLE OBTENU PAR LE PROCÉDE SELON L'INVENTION

10 **[060]** On a représenté sur la figure 1 un exemple de câble métallique et désigné par la référence générale 10. Le câble 10 est du type multi-torons à deux couches cylindriques. Ainsi, on comprend que les couches de torons constituant le câble 10 sont au nombre de deux. Les couches de torons sont adjacentes et concentriques. Le câble 10 est dépourvu de gomme lorsqu'il n'est pas intégré au pneumatique.

15 **[061]** Le câble 10 comprend une couche interne C1 du câble 10 constituée de K torons internes TI avec de préférence $K=3$ ou $K=4$, et ici $K=3$. La couche C1 présente une enveloppe sensiblement tubulaire donnant à la couche C1 son contour E1 cylindrique.

20 **[062]** Les torons internes TI sont enroulés en hélice selon un pas p_I compris entre 3,6 et 16 mm bornes incluses, de préférence entre 4 et 12,8 mm bornes incluses. En l'espèce, $p_I=7,5$ mm,

[063] Le câble comprend également une couche externe C2 du câble 10 constituée de L torons externes TE avec de préférence $L=8$ ou $L=9$, et ici $L=8$. La couche C2 présente une enveloppe sensiblement tubulaire donnant à la couche C2 son contour E2 cylindrique.

25 **[064]** Les torons externes TE sont accolés, ce qui correspond à une position d'équilibre mécanique, et au moins deux torons externes TE sont séparés par une ouverture 14 de passage de la gomme. La couche interne C2 est insaturée, c'est-à-dire qu'il existe suffisamment de place dans la couche C2 pour y ajouter au moins un $(L+1)$ ème toron du même diamètre que les L torons de la couche C2, plusieurs torons
30 pouvant alors être au contact les uns des autres. Ainsi, les torons externes TE sont agencés de sorte que la couche C2 permet le passage de la gomme radialement entre l'extérieur et l'intérieur de la couche C2 par l'ouverture 14.

[065] Les torons externes TE sont enroulés en hélice autour de la couche interne C1 selon un pas p_E compris entre 7,2 et 32 mm bornes incluses, de préférence entre 8 et
35 25,6 mm bornes incluses. En l'espèce, $p_E=15$ mm.

[066] Les torons TI et TE sont avantageusement enroulés dans le même sens de

torsion, c'est-à-dire soit dans la direction S (disposition "S/S"), soit dans la direction Z (disposition "Z/Z"), ici selon la disposition S/S.

[067] On a représenté sur la figure 2 un toron TI, TE. Un tel toron est appelé toron élémentaire.

5 **[068]** Chaque toron TI, TE présente une enveloppe allongée donnant à chaque toron TI, TE son contour E3 oblong. Chaque toron TI, TE comprend une couche interne 12 constituée de 2 fils internes F1 ainsi qu'une couche externe 16 constituée de N fils externes F2 avec N=2, N=3 ou N=4, et ici N=3.

10 **[069]** Les fils externes F2 sont généralement accolés lorsque le câble est au repos, ce qui correspond à une position d'équilibre mécanique, et au moins deux fils externes F2 sont séparés par une ouverture 18 de passage de la gomme. La couche 16 est insaturée, c'est-à-dire qu'il existe suffisamment de place dans la couche 16 pour y ajouter au moins un (N+1)ième fil externe F2 du même diamètre que les N fils externes F2 de la couche 16. Ainsi, les fils externes F2 de la couche 16 sont agencés
15 de sorte que la couche 16 permet le passage de la gomme radialement entre l'extérieur et l'intérieur de la couche 16 par l'ouverture 18.

[070] Chaque fil F1, F2 est de préférence en acier au carbone revêtu de laiton. Les fils en acier au carbone sont préparés de manière connue, en partant par exemple de fils machine (diamètre 5 à 6 mm) que l'on écrouit tout d'abord, par laminage et/ou
20 tréfilage, jusqu'à un diamètre intermédiaire voisin de 1 mm. L'acier utilisé pour le câble 10 est un acier au carbone du type NT (« *Normal Tensile* ») dont la teneur en carbone est de 0,7%, le reste étant constitué de fer et des impuretés inévitables habituelles liées au procédé de fabrication de l'acier. En variante, on utilise un acier au carbone à très haute résistance SHT (« *Super High Tensile* ») dont la teneur en carbone est de
25 0,92% environ et comportant 0,2% de chrome environ.

[071] Les fils de diamètre intermédiaire subissent un traitement de dégraissage et/ou décapage, avant leur transformation ultérieure. Après dépôt d'un revêtement de laiton sur ces fils intermédiaires, on effectue sur chaque fil un écrouissage dit "final" (i.e., après le dernier traitement thermique de patentage), par tréfilage à froid en milieu
30 humide avec un lubrifiant de tréfilage qui se présente par exemple sous forme d'une émulsion ou d'une dispersion aqueuse. Le revêtement de laiton qui entoure les fils a une épaisseur très faible, nettement inférieure au micromètre, par exemple de l'ordre de 0,15 à 0,30 µm, ce qui est négligeable par rapport au diamètre des fils en acier. Bien entendu, la composition de l'acier du fil en ses différents éléments (par exemple
35 C, Cr, Mn) est la même que celle de l'acier du fil de départ.

[072] Les fils internes F1 de chacun des K torons internes TI sont enroulés en hélice selon un pas $p_{1,i}$ compris entre 3,6 et 16 mm bornes incluses, de préférence entre 4

et 12,8 mm bornes incluses.

5 **[073]** Le diamètre $D_{1,i}$ des fils internes F1 de chacun des K torons internes TI est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses. De préférence, tous les fils internes F1 des K torons internes TI ont le même diamètre.

[074] Les fils internes F1 de chaque toron interne TI sont enroulés de sorte que le rapport $R_{1,i}$ du pas $p_{1,i}$ des fils internes F1 sur leur diamètre $D_{1,i}$ est compris entre 20 et 40 bornes incluses. En l'espèce, $p_{1,i}=7,5$ mm, $D_{1,i}=0,26$ mm et $R_{1,i}=28,8$.

10 **[075]** Les fils externes F2 de chacun des K torons internes TI sont enroulés en hélice selon un pas $p_{2,i}$ compris entre 3,1 et 8,4 mm bornes incluses, de préférence entre 3,4 et 6,7 mm bornes incluses.

15 **[076]** Le diamètre $D_{2,i}$ des fils externes F2 de chacun des K torons internes TI est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses. De préférence, tous les fils externes F2 des K torons internes TI ont le même diamètre.

[077] Les fils externes F2 de chaque toron interne TI sont enroulés en hélice autour de la couche interne 12 de sorte que le rapport $R_{2,i}$ du pas $p_{2,i}$ des fils externes F2 de chaque toron interne TI sur leur diamètre $D_{2,i}$ est compris entre 17 et 21 bornes incluses. En l'espèce, $p_{2,i}=5$ mm, $D_{2,i}=0,26$ mm et $R_{2,i}=19,2$.

20 **[078]** Les fils internes F1 de chacun des L torons externe TE sont enroulés selon un pas $p_{1,e}$ compris entre 7,2 et 32 mm bornes incluses, de préférence entre 8 et 25,6 mm bornes incluses.

25 **[079]** Le diamètre $D_{1,e}$ des fils internes F1 de chacun des L torons externe TE est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses. De préférence, tous les fils internes F1 des L torons externes TE ont le même diamètre.

[080] Les fils internes F1 de chaque toron externe TE sont enroulés de sorte que le rapport $R_{1,e}$ du pas $p_{1,e}$ des fils internes F1 sur leur diamètre $D_{1,e}$ est compris entre 40 et 80 bornes incluses. En l'espèce, $p_{1,e}=15$ mm, $D_{1,e}=0,26$ mm et $R_{1,e}=57,7$.

30 **[081]** Les fils externes F2 de chacun des L torons externes TE sont enroulés selon un pas $p_{2,e}$ compris entre 4,1 et 13,2 mm bornes incluses, de préférence entre 4,6 mm et 10,6 mm bornes incluses.

35 **[082]** Le diamètre $D_{2,e}$ des fils externes F2 de chacun des L torons externes TE est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses. De préférence tous les fils externes F2 des L torons externes TI ont le même diamètre.

[083] Les fils externes F2 de chaque toron externe TE sont enroulés en hélice autour

de la couche interne 12 de sorte que le rapport $R_{2,e}$ du pas $p_{2,e}$ des fils externes F2 de chaque toron externe TE sur leur diamètre $D_{2,e}$ est compris entre 23 et 33 bornes incluses. En l'espèce, $p_{2,e}=7,5$ mm, $D_{2,e}=0,26$ mm et $R_{2,e}=28,8$.

[084] Préférentiellement, tous les fils F1 et F2 ont le même diamètre.

5 **[085]** Les torons internes TI sont enroulés en hélice de sorte que le rapport RI du pas $p_{1,i}$ des torons internes TI sur le diamètre $D_{1,i}$, $D_{2,i}$ des fils F1, F2 de chaque toron interne TI est compris entre 20 et 40 bornes incluses. En l'espèce, $R_{1,i}=28,8$.

10 **[086]** Les torons externes TE sont enroulés en hélice autour de la couche interne C1 de sorte que le rapport RE du pas p_E des torons externes TE sur le diamètre $D_{1,e}$, $D_{2,e}$ des fils F1, F2 de chaque toron externe TE est compris entre 40 et 80 bornes incluses. En l'espèce, $R_E=57,7$.

[087] Les fils F1, F2 de chaque toron TI, TE sont avantageusement enroulés dans le même sens de torsion, c'est-à-dire soit dans la direction S (disposition "S/S"), soit dans la direction Z (disposition "Z/Z"), ici selon la disposition S/S.

15 **[088]** Ainsi, tous les fils F1, F2 et tous les torons TI, TE sont enroulés selon le même sens de torsion S. En variante, ils sont tous enroulés selon le même sens de torsion Z.

[089] On a représenté sur la figure 4 le câble de l'état de la technique et désigné par la référence générale 100.

20 **[090]** Ce câble 100 présente une structure du type 4 x (1+5) et comprend quatre torons T comprenant chacun une couche interne 102 constituée d'un fil 104 et une couche externe 106 constituée de cinq fils 108 enroulés en hélice autour du fil 104 de la couche interne 102. Les torons T délimitent un canal central 110

25 **[091]** On va maintenant décrire un procédé de fabrication selon l'invention du câble 10.

[092] Préalablement, on rappelle qu'il existe deux techniques possibles d'assemblage de fils ou de torons métalliques :

30 – soit par câblage: dans un tel cas, les fils ou torons ne subissent pas de torsion autour de leur propre axe, en raison d'une rotation synchrone avant et après le point d'assemblage ;

– soit par retordage : dans un tel cas, les fils ou torons subissent à la fois une torsion collective et une torsion individuelle autour de leur propre axe, ce qui génère un couple de détorsion sur chacun des fils ou torons.

35 **[093]** Assemblage de chaque toron TI et TE

[094] Tout d'abord, on forme chaque toron élémentaire TI et TE comme suit.

[0095] Lors d'une étape d'assemblage par retordage, on enroule en hélice les N fils internes F2 constituant la couche externe 16 selon un pas intermédiaire égal à 15 mm dans le sens S autour des 2 fils internes F1 constituant la couche interne 12. Lors de cette étape, les fils internes F1 sont parallèles et présentent alors un pas intermédiaire infini.

[0096] Assemblage du câble 10

[0097] Puis, on assemble le câble 10 comme suit.

[0098] Lors d'une étape d'assemblage par retordage, on enroule en hélice K torons internes TI formés précédemment à l'étape de formation des torons TI et constituant la couche interne C1 selon un pas, dit initial, égal à 7,5 mm dans le sens S.

[0099] Ensuite, lors d'une autre étape d'assemblage par retordage mise en œuvre en ligne, ou pas, avec l'étape de retordage précédente, on enroule en hélice la couche externe C2 constituée de L torons externes TE formés précédemment à l'étape de formation des torons TE selon un pas, dit initial, égal à 15 mm dans le sens S autour de la couche interne C1 des K torons internes enroulés en hélice précédemment. Les torons TI, TE et les fils F1, F2 des couches C1, C2 présentent alors les pas initiaux, mentionnés dans le tableau 1. En variante, ils présentent d'autres pas initiaux.

Tableau 1

Couche	Toron	Fils	Pas
C1	TI		7,5 mm
		F1	7,5 mm
		F2	5 mm
C2	TE		15 mm
		F1	15 mm
		F2	7,5 mm

[0100] Puis, on réalise une étape de surtordage du câble 10. Ainsi, on surtord, c'est-à-dire qu'on retord davantage le câble 10 dans le sens S, les fils F1, F2 et les torons TE, TI précédemment enroulés. Lors de cette étape de surtordage, on réduit les pas initiaux respectifs des fils F1, F2 et des torons TI, TE de façon à obtenir des pas intermédiaires inférieurs aux pas initiaux correspondants.

[0101] Ensuite, on réalise une étape d'équilibrage du câble 10 surtordu de façon à obtenir un couple résiduel nul dans le câble 10. Pour ce faire, on fait passer le câble à travers des moyens d'équilibrage de type tournants. Par "équilibrage", on entend ici de

manière connue par l'homme du métier l'annulation des couples de torsion résiduels (ou du retour élastique de détorsion) s'exerçant, d'une part, sur chaque fil du câble à l'état retordu et d'autre part, sur chaque toron du câble à l'état retordu. Les moyens d'équilibrage sont connus de l'homme du métier du retordage. Ils peuvent consister par exemple en des retordeurs comprenant par exemple une, deux ou quatre poulies, poulies à travers lesquelles circule le câble, dans un seul plan.

[0102] Puis, on réalise une étape de détordage du câble surtordu et équilibré. Ainsi on détord, c'est-à-dire qu'on retord le câble 10 dans le sens Z, les fils F1, F2 et les torons TE, TI du câble 10 précédemment équilibré. Ainsi, on augmente les pas intermédiaires des fils F1, F2 et des torons TE, TI pour obtenir les pas initiaux. A l'issue de cette étape de détordage, les pas des fils F1, F2 et des torons TI, TE sont donc à nouveau ceux du tableau 1.

[0103] Enfin, de préférence, on enroule le câble 10 sur une bobine de stockage.

[0104] Le câble 10 précédemment décrit est susceptible d'être obtenu par le procédé décrit ci-dessus.

[0105] PNEUMATIQUE COMPRENANT LE CABLE OBTENU PAR LE PROCEDE SELON L'INVENTION

[0106] On a représenté sur la figure 3 un pneumatique désigné par la référence générale 20.

[0107] Le pneumatique 20 comporte un sommet 22 renforcé par une armature de sommet 24, deux flancs 26 et deux bourrelets 28, chacun de ces bourrelets 28 étant renforcé avec une tringle 30. Le sommet 22 est surmonté d'une bande de roulement non représentée sur cette figure schématique. Une armature de carcasse 32 est enroulée autour des deux tringles 30 dans chaque bourrelet 28 et comprend un retournement 34 disposé vers l'extérieur du pneumatique 20 qui est ici représenté monté sur une jante 36. L'armature de carcasse 32 est de manière connue en soi constituée d'au moins une nappe renforcée par des câbles dits "radiaux", c'est-à-dire que ces câbles 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 28 et passe par le milieu de l'armature de sommet 24).

[0108] L'armature de sommet 24 comporte au moins une nappe de sommet dont les câbles de renforcement sont des câbles métalliques 10 tels que décrits ci-dessus. Dans cette armature de sommet 24 schématisée de manière très simple sur la figure 3, on comprendra que les câbles peuvent par exemple renforcer tout ou partie

des nappes sommet de travail, ou des nappes (ou demi-nappes) sommet de triangulation et/ou des nappes sommet de protection, lorsque de telles nappes sommet de triangulation ou de protection sont utilisées. Outre les nappes de travail, celles de triangulation et/ou de protection, l'armature de sommet 24 du pneumatique 20 peut bien entendu comporter d'autres nappes sommet, par exemple une ou plusieurs nappes sommet de fretage.

[0109] Bien entendu, le pneumatique 20 comporte en outre de manière connue une couche de gomme ou élastomère intérieure (communément appelée "gomme intérieure") qui définit la face radialement interne du pneumatique et qui est destinée à protéger la nappe de carcasse de la diffusion d'air provenant de l'espace intérieur au pneumatique. Avantagusement, en particulier dans le cas d'un pneumatique pour véhicule Poids-lourd, il peut comporter en outre une couche élastomère intermédiaire de renfort qui est située entre la nappe de carcasse et la couche intérieure, destinée à renforcer la couche intérieure et, par conséquent, la nappe de carcasse, également destinée à délocaliser partiellement les efforts subis par l'armature de carcasse.

[0110] Dans cette nappe de ceinture, la densité des câbles 10 est de préférence comprise entre 15 et 80 câbles par dm (décimètre) de nappe de ceinture bornes incluses, plus préférentiellement entre 35 et 65 câbles par dm de nappe bornes incluses, la distance entre deux câbles adjacents, d'axe en axe, étant de préférence comprise environ entre 1,2 et 6,5 mm bornes incluses, plus préférentiellement comprise environ entre 1,5 et 3,0 mm bornes incluses.

[0111] Les câbles 10 sont de préférence disposés de telle manière que la largeur (notée L) du pont de caoutchouc, entre deux câbles adjacents, est comprise entre 0,5 et 2,0 mm bornes incluses. Cette largeur L représente de manière connue la différence entre le pas de calandrage (pas de pose du câble dans le tissu de caoutchouc) et le diamètre du câble. En dessous de la valeur minimale indiquée, le pont de caoutchouc, trop étroit, risque de se dégrader mécaniquement lors du travail de la nappe, notamment au cours des déformations subies dans son propre plan par extension ou cisaillement. Au-delà du maximum indiqué, on s'expose à des risques d'apparition de pénétration d'objets, par perforation, entre les câbles. Plus préférentiellement, pour ces mêmes raisons, la largeur L est choisie comprise entre 0,8 et 1,6 mm bornes incluses.

[0112] De préférence, la composition de caoutchouc utilisée pour le tissu de la nappe de ceinture présente, à l'état vulcanisé (i.e., après cuisson), un module sécant en extension E10 qui est compris entre 5 et 25 MPa bornes incluses, plus préférentiellement entre 5 et 20 MPa bornes incluses, notamment dans un domaine de 7 à 15 MPa bornes incluses, lorsque ce tissu est destiné à former une nappe de la

ceinture, par exemple une nappe de protection. C'est dans de tels domaines de modules que l'on a enregistré le meilleur compromis d'endurance entre les câbles 10 d'une part, les tissus renforcés de ces câbles d'autre part.

[0113] On va maintenant décrire un procédé de fabrication du pneumatique 20.

5 [0114] Le câble 10 est 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, 10 de l'acide stéarique, une huile d'extension, du naphthénate de cobalt en tant que promoteur d'adhésion, enfin un système de vulcanisation (soufre, accélérateur, ZnO).

[0115] Les tissus composites renforcés par ces câbles comportent une matrice de caoutchouc formée de deux couches fines de gomme qui sont superposées de part et d'autre des câbles et qui présentent respectivement une épaisseur comprise entre 15 0,5 mm et 0,8 mm bornes incluses. Le pas de calandrage (pas de pose des câbles dans le tissu de caoutchouc) est compris entre 1,3 mm et 2,8 mm bornes incluses.

[0116] Ces tissus composites sont ensuite utilisés en tant que nappe de protection dans l'armature de sommet lors du procédé de fabrication du pneumatique, dont les étapes sont par ailleurs connues de l'homme du métier.

20 [0117] MESURES ET TESTS COMPARATIFS

[0118] On a comparé le câble 10 avec le câble 100 de l'état de la technique de structure 4 x (1+5).

[0119] Le diamètre de chaque fil 104, 108 du câble 100 est égal à 0,26 mm. Le pas P des torons 106 est égal à 8mm et le pas p des fils 108 autour du fil 104 est égal à 25 5 mm.

[0120] Mesures dynamométriques

[0121] Pour ce qui concerne les câbles métalliques, la mesure de force à la rupture notée Fm (charge maximale en N) est effectuée en traction selon la norme ISO 6892 30 de 1984. Les mesures d'allongement total à la rupture (At) et d'aptitude à l'élongation ou allongement structural (As) (allongements en %) sont bien connues de la personne du métier et décrite, par exemple, dans le document US 2009/294009 (cf la figure 1 et la description la concernant).

[0122] Le tableau 2 ci-dessous présente les résultats obtenus de force à la rupture 35 Fm et d'allongement structural.

Tableau 2

Câble	Force à la rupture (Fm)	Allongement structural (As)	Allongement total (At)
10	6325 N	1,8 %	5,5%
100	2750 N	1,8 %	5,5%

5 **[0123]** Le câble 10 présente un allongement total à la rupture At supérieur ou égal à 4,5%, de préférence à 5% et plus préférentiellement à 5,5%.

[0124] Le câble 10 présente un allongement structural As supérieur ou égal à 1 %, de préférence à 1,5 %. Dans une variante non représentée, l'allongement structural As est supérieur ou égal à 2 %.

10 **[0125]** La force à rupture du câble 10 est supérieure ou égale à 4000 N, de préférence à 5000 N et même à 6000 N.

[0126] Le câble 10 présente une force à la rupture 2,3 fois plus grande que le câble 100 tout en conservant ses propriétés d'allongement structural et donc son élasticité. Cette élasticité est, comme décrit ci-dessus, représentative de l'aération du câble qui favorise également la haute pénétrabilité du câble par le gomme.

15

[0127] Test de perméabilité à l'air

20 **[0128]** Ce test permet de déterminer la perméabilité longitudinale à l'air des câbles testés, par mesure du volume d'air traversant une éprouvette sous pression constante pendant un temps donné. Le principe d'un tel test, bien connu de l'homme du métier, est de démontrer l'efficacité du traitement d'un câble pour le rendre imperméable à l'air ; il a été décrit par exemple dans la norme ASTM D2692-98.

[0129] Le test est ici réalisé soit sur des câbles extraits des pneumatiques ou des nappes de caoutchouc qu'ils renforcent, donc déjà enrobés de l'extérieur par du caoutchouc à l'état cuit, soit sur des câbles bruts de fabrication.

25 **[0130]** Dans le second cas, les câbles bruts doivent être préalablement enrobés de l'extérieur par une gomme dite d'enrobage. Pour cela, une série de 10 câbles disposés parallèlement (distance inter-câble : 20 mm) est placée entre deux couches ou "skims" (deux rectangles de 80 x 200 mm) d'une composition de caoutchouc diénique à l'état cru, chaque skim ayant une épaisseur de 3,5 mm ; le tout est alors
30 bloqué dans un moule, chacun des câbles étant maintenu sous une tension suffisante (par exemple 2 daN) pour garantir sa rectitude lors de la mise en place dans le moule, à l'aide de modules de serrage ; puis on procède à la vulcanisation (cuisson) pendant

40 min à une température de 140°C et sous une pression de 15 bar (piston rectangulaire de 80 x 200 mm). Après quoi, on démonte l'ensemble et on découpe 10 éprouvettes de câbles ainsi enrobés, sous forme de parallélépipèdes de dimensions 7x7x20 mm, pour caractérisation.

5 **[0131]** On utilise comme gomme d'enrobage une composition de caoutchouc diénique conventionnelle pour pneumatique, à base de caoutchouc naturel (peptisé) et de noir de carbone N330 (65 pce), comportant en outre les additifs usuels suivants: soufre (7 pce), accélérateur sulfénamide (1 pce), ZnO (8 pce), acide stéarique (0,7 pce), antioxydant (1,5 pce), naphthénate de cobalt (1,5 pce) (pce signifiant parties en poids pour cent parties d'élastomère); le module E10 de la gomme d'enrobage est de 10 MPa environ.

10 **[0132]** Le test est réalisé sur 2 cm de longueur de câble, enrobé donc par sa composition de caoutchouc (ou gomme d'enrobage) environnante à l'état cuit, de la manière suivante : on envoie de l'air à l'entrée du câble, sous une pression de 1 bar, et on mesure le volume d'air à la sortie, à l'aide d'un débitmètre (calibré par exemple de 0 à 500 cm³/min). Pendant la mesure, l'échantillon de câble est bloqué dans un joint étanche comprimé (par exemple un joint en mousse dense ou en caoutchouc) de telle manière que seule la quantité d'air traversant le câble d'une extrémité à l'autre, selon son axe longitudinal, est prise en compte par la mesure ; l'étanchéité du joint 15 étanche lui-même est contrôlée préalablement à l'aide d'une éprouvette de caoutchouc pleine, c'est-à-dire sans câble.

20 **[0133]** Le débit d'air moyen mesuré (moyenne sur les 10 éprouvettes) est d'autant plus faible que l'imperméabilité longitudinale du câble est élevée. La mesure étant faite avec une précision de $\pm 0,2$ cm³/min, les valeurs mesurées inférieures ou égales 25 à 0,2 cm³/min sont considérées comme nulles ; elles correspondent à un câble qui peut être qualifié d'étanche (totalement étanche) à l'air selon son axe (i.e., dans sa direction longitudinale).

30 **[0134]** Le câble 10 a été soumis au test de perméabilité à l'air décrit ci-dessus, en mesurant le volume d'air (en cm³) traversant les câbles en 1 minute (moyenne de 10 mesures).

[0135] Le débit moyen d'air mesuré du câble 10 est nul ce qui signifie que pour chaque éprouvette, le débit d'air mesuré est inférieure ou égale à 0,2 cm³/min.

35 **[0136]** Le câble 10 présente donc une perméabilité à l'air très faible, puisque quasi nulle (débit moyen d'air nul) et par conséquent un taux de pénétration par le caoutchouc le plus élevé. Le câble 10 permet donc d'améliorer de manière notable la résistance à corrosion.

[0137] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation précédemment décrits.

5 **[0138]** C'est ainsi par exemple que certains fils pourraient être à section non circulaire, par exemple déformé plastiquement, notamment à section sensiblement ovale ou polygonale, par exemple triangulaire, carrée ou encore rectangulaire.

[0139] Les fils, de section circulaire ou non, par exemple un fil ondulé, pourront être vrillés, tordus en forme d'hélice ou en zig-zag. Dans de tels cas, il faut bien sûr comprendre que le diamètre du fil représente le diamètre du cylindre de révolution imaginaire qui entoure le fil (diamètre d'encombrement), et non plus le diamètre (ou
10 toute autre taille transversale, si sa section n'est pas circulaire) du fil d'âme lui-même.

[0140] Pour des raisons de faisabilité industrielle, de coût et de performance globale, on préfère mettre en œuvre l'invention avec des fils linéaires, c'est-à-dire droit, et de section transversale conventionnelle circulaire.

15 **[0141]** On pourra également combiner les caractéristiques des différents modes de réalisation décrits ou envisagés ci-dessus sous réserve que celles-ci soient compatibles entre elles.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un câble métallique (10) multi-torons à deux couches, **caractérisé en ce que** :

5 - on enroule en hélice N fils (F2) constituant une couche externe (16) d'un toron (TI, TE) autour de 2 fils (F1) constituant une couche interne (12) du toron (TI, TE) de façon à former le toron (TI, TE);

10 - on enroule en hélice $L > 1$ torons externes (TE) formés précédemment et constituant une couche externe (C2) insaturée du câble (10) autour de $K > 1$ torons internes (TI) formés précédemment et constituant une couche interne (C1) du câble (10), on réalise un surtordage du câble (TI, TE) enroulé;

 - on réalise une étape d'équilibrage du câble (10) surtordu de façon à obtenir un couple résiduel nul dans le câble (10), et

 - on réalise une étape de détordage du câble (10) surtordu équilibré.

15 2. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on enroule en hélice les K torons internes.

 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, dans cet ordre :

 - on forme chaque toron interne et externe ;

 - on enroule en hélice les K torons internes formés précédemment ; et

20 - on enroule en hélice les L torons externes formés précédemment autour des K torons internes enroulés en hélice précédemment.

 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche externe (16) de chaque toron (TI, TE) est insaturée.

25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la force à rupture (F_m) du câble (10) est supérieure ou égale à 4000 N, de préférence à 5000 N et plus préférentiellement à 6000 N.

 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le câble (10) présente un allongement structural (A_s) supérieur ou égal à 1 %, de préférence à 1,5 % et plus préférentiellement à 2 %.

30 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le câble (10) présente un allongement total à la rupture (A_t) est supérieur ou égale à 4,5%, de préférence à 5% et plus préférentiellement à 5,5%.

 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel $K=3$ ou $K=4$.

35 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel $L=8$ ou $L=9$.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel $N=2$, $N=3$ ou $N=4$.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fils internes (F1) de chacun des K torons internes (TI) sont enroulés en hélice selon un pas ($p_{1,i}$) compris entre 3,6 et 16 mm bornes incluses, de préférence entre 4 et 12,8 mm bornes incluses.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre ($D_{1,i}$) des fils internes (F1) de chacun des K torons internes (TI) est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport ($R_{1,i}$) du pas ($p_{1,i}$) sur le diamètre ($D_{1,i}$) des fils internes (F1) de chacun des K torons internes (TI) est compris entre 20 et 40 bornes incluses.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fils externes (F2) de chacun des K torons internes (TI) sont enroulés en hélice selon un pas ($p_{2,i}$) compris entre 3,1 et 8,4 mm bornes incluses, de préférence entre 3,4 et 6,7 mm bornes incluses.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre ($D_{2,i}$) des fils externes (F2) de chacun des K torons internes (TI) est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport ($R_{2,i}$) du pas ($p_{2,i}$) sur le diamètre ($D_{2,i}$) des fils externes (F2) de chacun des K torons internes (TI) est compris entre 17 et 21 bornes incluses.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les couches interne (12) et externe (16) de chacun des K torons internes (TI) sont enroulées dans le même sens de torsion.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fils internes (F1) de chacun des L torons externes (TE) sont enroulés en hélice selon un pas ($p_{1,e}$) compris entre 7,2 et 32 mm bornes incluses, de préférence entre 8 et 25,6 mm bornes incluses.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre ($D_{1,e}$) des fils internes (F1) de chacun des L torons externes (TE) est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport ($R_{1,e}$) du pas ($p_{1,e}$) sur le diamètre ($D_{1,e}$) des fils internes (F1) de chacun des L torons externe (TE) est compris entre 40 et 80 bornes incluses.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fils externes (F2) de chacun des L torons externes (TE) sont enroulés en hélice selon un pas ($p_{2,e}$) compris entre 4,1 et 13,2 mm bornes incluses, de préférence entre 4,6 mm et 10,6 mm bornes incluses.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre ($D_{2,e}$) des fils externes (F2) de chacun des L torons externes (TE) est compris entre 0,18 mm et 0,40 mm bornes incluses, de préférence entre 0,20 mm et 0,32 mm bornes incluses.

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport ($R_{2,e}$) du pas ($p_{2,e}$) sur le diamètre ($D_{2,e}$) des fils externes (F2) de chacun des L torons externes (TE) est compris entre 23 et 33 bornes incluses.

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les couches interne (12) et externe (16) de chacun des L torons externes (TE) sont enroulées dans le même sens de torsion.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les torons internes (TI) sont enroulés en hélice selon un pas (p_i) compris entre 3,6 et 16 mm bornes incluses, de préférence entre 4 et 12,8 mm bornes incluses.

26. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport (R_i) du pas (p_i) des torons internes (TI) sur le diamètre ($D_{1,i}$, $D_{2,i}$) des fils (F1, F2) de chaque toron interne (TI) est compris entre 20 et 40 bornes incluses.

27. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les torons externes (TE) sont enroulés en hélice selon un pas (p_e) compris entre 7,2 et 32 mm bornes incluses, de préférence entre 8 et 25,6 mm bornes incluses.

28. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport (R_e) du pas (p_e) des torons externes (TE) sur le diamètre ($D_{1,e}$, $D_{2,e}$) des fils (F1, F2) de chaque toron externe (TE) est compris entre 40 et 80 bornes incluses.

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les couches interne (C1) et externe (C2) du câble (10) sont enroulées dans le même sens de torsion.

30. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel tous les fils (F1, F2) et les torons (Tl, TE) sont enroulés selon le même sens de torsion.

1/2

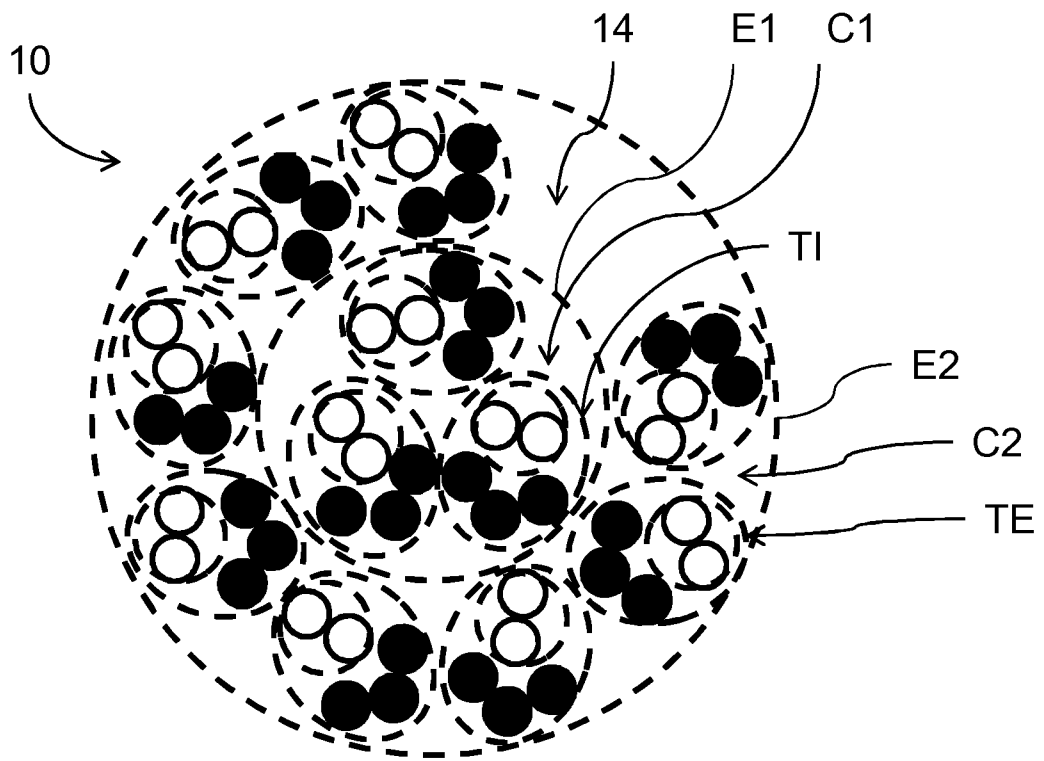


Fig. 1

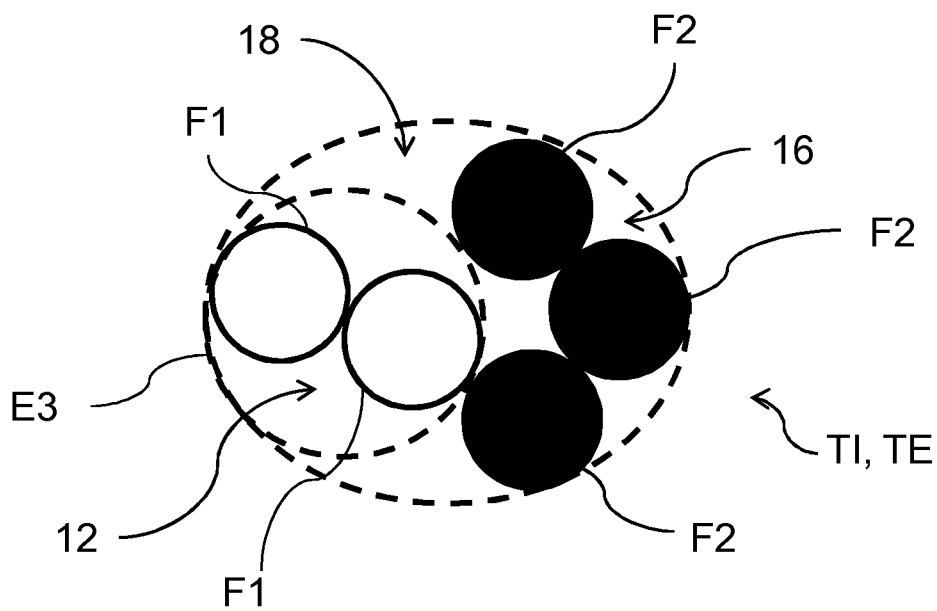
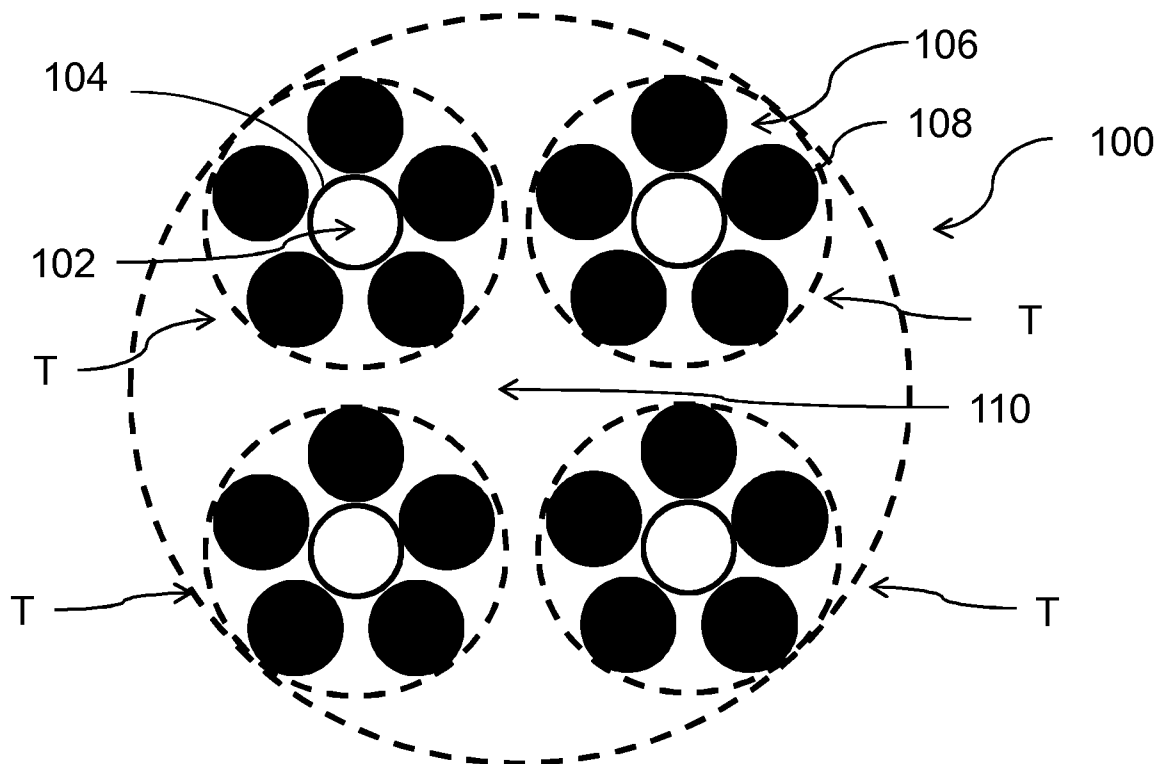
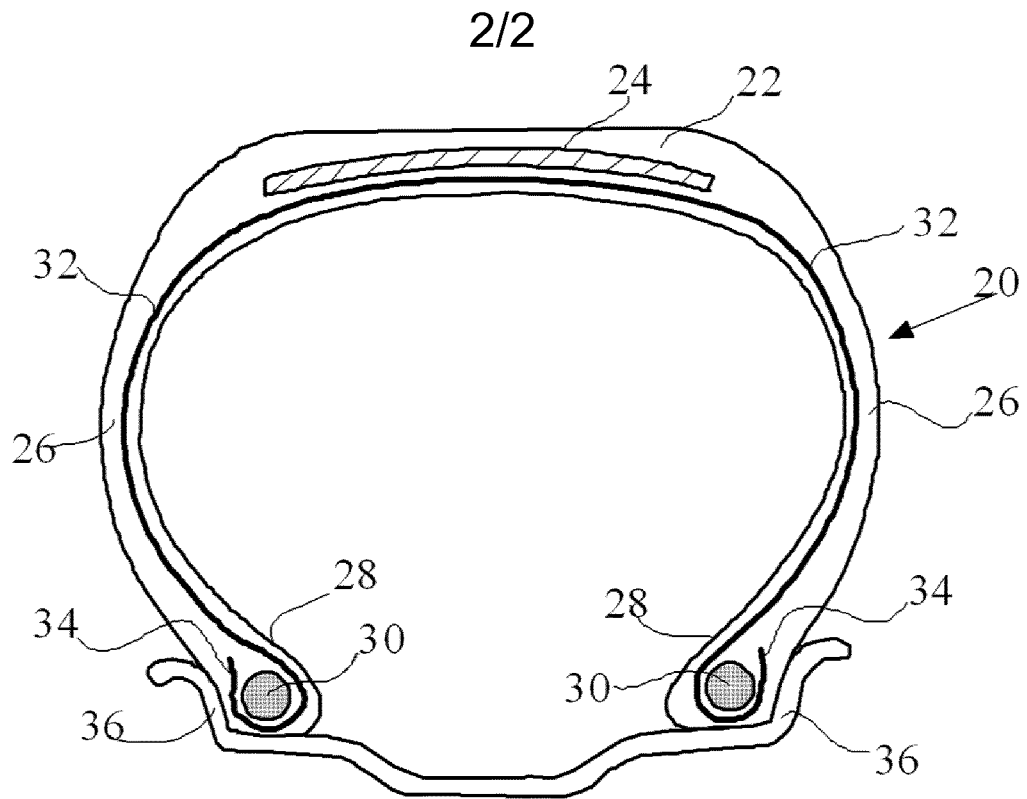


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/060564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. D07B1/06 D07B5/12 D07B7/02 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) 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.
A	EP 0 627 521 A1 (BEKAERT SA NV [BE]) 7 December 1994 (1994-12-07) column 2, line 12 - line 80 column 3, line 26 - line 34; claims 1,6,8 -----	1
A	FR 2 959 517 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 4 November 2011 (2011-11-04) paragraph [0085]; claims 1,8; figure 2 -----	1
A	JP 58 191608 A (KANAI HIROYUKI) 8 November 1983 (1983-11-08) figure 3 -----	1
A	JP 11 061662 A (BRIDGESTONE CORP) 5 March 1999 (1999-03-05) figure 2; table 1 ----- -/--	1
☒ 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 November 2013		Date of mailing of the international search report 12/11/2013
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) 340-3016		Authorized officer Uhlig, Robert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/060564

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006 152483 A (BRIDGESTONE CORP) 15 June 2006 (2006-06-15) figures -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/060564

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0627521	A1	07-12-1994	NONE

FR 2959517	A1	04-11-2011	CN 102971459 A 13-03-2013
			EP 2563965 A1 06-03-2013
			FR 2959517 A1 04-11-2011
			JP 2013527887 A 04-07-2013
			KR 20130069649 A 26-06-2013
			US 2013199690 A1 08-08-2013
			WO 2011134900 A1 03-11-2011

JP 58191608	A	08-11-1983	-----
JP 11061662	A	05-03-1999	-----
JP 2006152483	A	15-06-2006	JP 4636597 B2 23-02-2011
			JP 2006152483 A 15-06-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/060564

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. D07B1/06 D07B5/12 D07B7/02 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, 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
A	EP 0 627 521 A1 (BEKAERT SA NV [BE]) 7 décembre 1994 (1994-12-07) colonne 2, ligne 12 - ligne 80 colonne 3, ligne 26 - ligne 34; revendications 1,6,8 -----	1
A	FR 2 959 517 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 4 novembre 2011 (2011-11-04) alinéa [0085]; revendications 1,8; figure 2 -----	1
A	JP 58 191608 A (KANAI HIROYUKI) 8 novembre 1983 (1983-11-08) figure 3 ----- -/-	1
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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 4 novembre 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 12/11/2013
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 Uhlig, Robert

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	JP 11 061662 A (BRIDGESTONE CORP) 5 mars 1999 (1999-03-05) figure 2; tableau 1 -----	1
A	JP 2006 152483 A (BRIDGESTONE CORP) 15 juin 2006 (2006-06-15) figures -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/060564

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0627521	A1	07-12-1994	AUCUN	

FR 2959517	A1	04-11-2011	CN 102971459 A	13-03-2013
			EP 2563965 A1	06-03-2013
			FR 2959517 A1	04-11-2011
			JP 2013527887 A	04-07-2013
			KR 20130069649 A	26-06-2013
			US 2013199690 A1	08-08-2013
			WO 2011134900 A1	03-11-2011

JP 58191608	A	08-11-1983	-----	
JP 11061662	A	05-03-1999	-----	
JP 2006152483	A	15-06-2006	JP 4636597 B2	23-02-2011
			JP 2006152483 A	15-06-2006
