

(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  
20 mai 2010 (20.05.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2010/054790 A1

- (51) Classification internationale des brevets :  
D07B 1/06 (2006.01) D07B 1/16 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2009/008007
- (22) Date de dépôt international :  
10 novembre 2009 (10.11.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
08/57786 17 novembre 2008 (17.11.2008) FR
- (71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :  
SOCIETE DE TECHNOLOGIE MICHELIN [FR/FR];  
23, rue Breschet, F-63000 Clermont-Ferrand (FR).  
MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.  
[CH/CH]; Route Louis-Braille 10, CH-1763 Granges-  
Paccot (CH).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : POTTIER,  
Thibaud [FR/FR]; 9 rue Maurice Weiss, F-63000  
Clermont-Ferrand (FR). TOUSSAIN, Jérémy [FR/FR]; 2  
rue Ribeyre Jaffaux, F-63000 Clermont-Ferrand (FR).
- (74) Mandataire : RIBIERE, Joël; M.F.P. Michelin, 23 Place  
des Carmes-Déchaux, SGD/LG/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, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GE, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), européen (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, SE, SI, SK, SM,  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CL, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

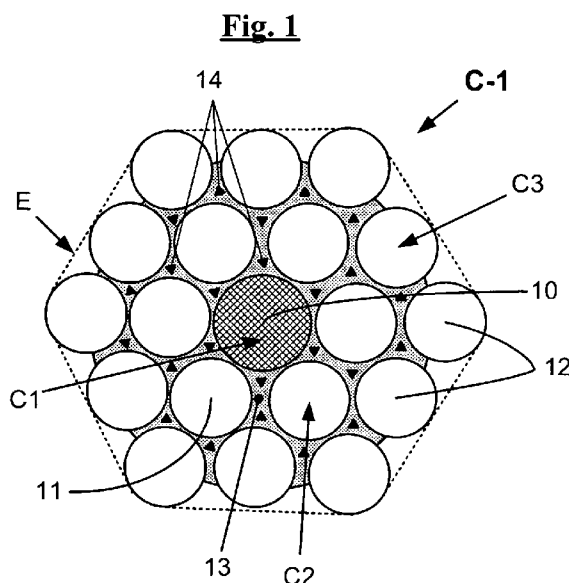
Publiée :

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : THREE-LAYER CORD, RUBBERIZED IN SITU, FOR A TYRE CARCASS REINFORCEMENT

(54) Titre : CABLE A TROIS COUCHES, GOMME IN SITU, POUR ARMATURE DE CARCASSE DE PNEUMATIQUE



(57) Abstract : Metal cord (C-1) with three layers (C1, C2, C3), which is rubberized in situ and comprises a core or first layer (10, C1) of diameter  $d_1$ , around which there are wound together in a helix at a pitch  $p_2$ , as a second layer (C2), N filaments (11) of diameter  $d_2$ , N varying from 5 to 7, around which there are wound together in a helix at a pitch  $p_3$ , as a third layer (C3), P filaments (12) of diameter  $d_3$ , said cord being characterized in that it has the following features ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $p_2$  and  $p_3$  being expressed in mm): -  $0.08 < d_1 < 0.40$ ; -  $0.08 < d_2 < 0.35$ ; -  $0.08 < d_3 < 0.35$ ; -  $5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 < p_3 < 10 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3)$ ; - over any 2 cm length of cord, a rubber compound known as "filling rubber" (13) is present in each of the capillaries (14) situated, on the one hand, between the core (C1) and the N filaments of the second layer (C2), on the other hand between the N filaments of the second layer (C2) and P filaments of the third layer (C3); the level of filling rubber in the cord ranging between 5 and 30 mg per gram of cord.

(57) Abrégé : Câble métallique (C-1) à trois

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/054790 A1



- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

---

couches (C1, C2, C3), gommé in situ, comportant un noyau ou première couche (10, C1) de diamètre  $d_1$ , autour duquel sont entourés ensemble en hélice selon un pas  $p_2$ , en une deuxième couche (C2), N fils (11) de diamètre  $d_2$ , N variant de 5 à 7, autour desquels sont entourés ensemble en hélice selon un pas  $p_3$ , en une troisième couche (C3), P fils (12) de diamètre  $d_3$ , ledit câble étant caractérisé en ce qu'il présente les caractéristiques suivantes ( $d_1, d_2, d_3, p_2$  et  $p_3$  étant exprimés en mm) : -  $0,08 < d_1 < 0,40$ ; -  $0,08 < d_2 < 0,35$ ; -  $0,08 < d_3 < 0,35$ ; -  $5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 < p_3 < 10 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3)$ ; - sur toute longueur de câble de 2 cm, une composition de caoutchouc dite "gomme de remplissage" (13) est présente dans chacun des capillaires (14) situés d'une part entre le noyau (C1) et les N fils de la seconde couche (C2), d'autre part entre les N fils de la seconde couche (C2) et les P fils de la troisième couche (C3); le taux de gomme de remplissage dans le câble est compris entre 5 et 30 mg par gramme de câble.

**CABLE A TROIS COUCHES, GOMME IN SITU,  
POUR ARMATURE DE CARCASSE DE PNEUMATIQUE**

5 La présente invention est relative aux câbles métalliques à trois couches, utilisables notamment pour le renforcement d'articles en caoutchouc, plus particulièrement relative aux câbles métalliques à trois couches du type « gommés in situ », c'est-à-dire gommés de l'intérieur, pendant leur fabrication même, par du caoutchouc à l'état non réticulé.

10 Elle se rapporte également à l'utilisation de tels câbles dans des pneumatiques et notamment dans leurs armatures de carcasse, encore appelées « carcasses », plus particulièrement au renforcement des carcasses de pneumatiques pour véhicules industriels.

Un pneumatique radial comporte de manière connue une bande de roulement, deux bourrelets  
15 inextensibles, deux flancs reliant les bourrelets à la bande de roulement et une ceinture disposée circonférentiellement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement. Cette armature de carcasse est constituée de manière connue d'au moins une nappe (ou "couche") de caoutchouc renforcée par des éléments de renforcement ("renforts") tels que des câblés ou des monofilaments, généralement du type métalliques dans le cas de pneumatiques pour  
20 véhicules industriels.

Pour le renforcement des armatures de carcasse ci-dessus, on utilise généralement des câbles d'acier ("*steel cords*") dits "à couches" ("*layered cords*") constitués d'une couche centrale et d'une ou plusieurs couches de fils concentriques disposées autour de cette couche centrale.  
25 Les câbles à trois couches les plus utilisés sont essentiellement des câbles de construction M+N+P, formés d'une couche centrale de M fil(s), M variant de 1 à 4, entourée d'une couche intermédiaire de N fils, N variant typiquement de 3 à 12, elle-même entourée d'une couche externe de P fils, P variant typiquement de 8 à 20, l'ensemble pouvant être éventuellement fretté par un fil de frette externe enroulé en hélice autour de la couche externe.

30 De manière bien connue, ces câbles à couches sont soumis à des contraintes importantes lors du roulage des pneumatiques, notamment à des flexions ou variations de courbure répétées induisant au niveau des fils des frottements, notamment par suite des contacts entre couches adjacentes, et donc de l'usure, ainsi que de la fatigue ; ils doivent donc présenter une haute  
35 résistance aux phénomènes dits de "fatigue-fretting".

Il est particulièrement important en outre qu'ils soient imprégnés autant que possible par le caoutchouc, que cette matière pénètre dans tous les espaces situés entre les fils constituant les câbles. En effet, si cette pénétration est insuffisante, il se forme alors des canaux ou  
40 capillaires vides, le long et à l'intérieur des câbles, et les agents corrosifs tels que l'eau ou

même l'oxygène de l'air, susceptibles de pénétrer dans les pneumatiques par exemple à la suite de coupures de leur bande de roulement, cheminent le long de ces canaux vides jusque dans la carcasse du pneumatique. La présence de cette humidité joue un rôle important en provoquant de la corrosion et en accélérant les processus de dégradation ci-dessus  
5 (phénomènes dits de "fatigue-corrosion"), par rapport à une utilisation en atmosphère sèche.

Tous ces phénomènes de fatigue que l'on regroupe généralement sous le terme générique de "fatigue-fretting-corrosion" sont à l'origine d'une dégénérescence progressive des propriétés  
10 mécaniques des câbles et peuvent affecter, pour les conditions de roulage les plus sévères, la durée de vie de ces derniers.

Pour pallier les inconvénients ci-dessus, la demande WO 2005/071157 a proposé des câbles à trois couches de construction 1+M+N, en particulier de construction 1+6+12, dont une des caractéristiques essentielles est qu'une gaine constituée d'une composition de caoutchouc  
15 diénique recouvre au moins la couche intermédiaire constituée des M fils, le noyau du câble pouvant être lui-même recouvert ou non de caoutchouc. Grâce à cette architecture spécifique, non seulement une excellente pénétrabilité par le caoutchouc est obtenue, limitant les problèmes de corrosion, mais encore les propriétés d'endurance en fatigue-fretting sont notablement améliorées par rapport aux câbles de l'art antérieur. La longévité des  
20 pneumatiques Poids-lourd et celle de leurs armatures de carcasse en sont ainsi très sensiblement améliorées.

Toutefois, les procédés décrits pour la fabrication de ces câbles, ainsi que les câbles qui en sont issus, ne sont pas dépourvus d'inconvénients.  
25

Tout d'abord, ces câbles à trois couches sont obtenus en plusieurs étapes qui présentent l'inconvénient d'être discontinues, d'abord par réalisation d'un câble intermédiaire 1+M (en particulier 1+6), puis par gainage via une tête d'extrusion de ce câble intermédiaire ou âme, enfin par une opération finale de câblage des N (en particulier 12 fils) restants autour de l'âme  
30 ainsi gainée, pour formation de la couche externe. Pour éviter le problème de "collant à cru" de la gaine de caoutchouc avant câblage de la couche externe autour de l'âme, doit être utilisé en outre un film intercalaire en matière plastique lors des opérations intermédiaires de bobinage et débobinage. Toutes ces manipulations successives sont pénalisantes du point de vue industriel et antinomiques de la recherche de cadences de fabrication élevées.  
35

D'autre part, si l'on veut pouvoir garantir un taux de pénétration élevé par le caoutchouc à l'intérieur du câble pour l'obtention d'une perméabilité à l'air du câble, selon son axe, qui soit aussi faible que possible, il s'est avéré nécessaire selon ces procédés de l'art antérieur, d'utiliser des quantités relativement importantes de caoutchouc lors du gainage. De telles

quantités conduisent à un débordement parasite, plus ou moins prononcé, du caoutchouc cru à la périphérie du câble terminé de fabrication.

Or, comme cela a déjà été évoqué ci-dessus, en raison du fort pouvoir collant que possède le caoutchouc à l'état cru (non réticulé), un tel débordement parasite génère à son tour des inconvénients notables lors de la manipulation ultérieure du câble, en particulier lors des opérations de calandrage qui vont suivre pour l'incorporation du câble à une bande de caoutchouc elle-même à l'état cru, avant les opérations ultimes de fabrication du bandage pneumatique et de cuisson finale.

Tous les inconvénients exposés ci-dessus ralentissent bien entendu les cadences industrielles et pénalisent le coût final des câbles et des pneumatiques qu'ils renforcent.

Poursuivant leurs recherches, les Demanderesses ont découvert un câble à trois couches amélioré, obtenu grâce à un procédé de fabrication spécifique, qui permet de pallier les inconvénients précités.

En conséquence, un premier objet de l'invention est un câble métallique à trois couches (C1, C2, C3), gommé in situ, comportant un noyau ou première couche (C1) de diamètre  $d_1$ , autour duquel sont entourés ensemble en hélice selon un pas  $p_2$ , en une deuxième couche (C2), N fils de diamètre  $d_2$ , N variant de 5 à 7, autour desquels sont entourés ensemble en hélice selon un pas  $p_3$ , en une troisième couche (C3), P fils de diamètre  $d_3$ , ledit câble étant caractérisé en ce qu'il présente les caractéristiques suivantes ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $p_2$  et  $p_3$  étant exprimés en mm) :

- $0,08 \leq d_1 \leq 0,40$  ;
- $0,08 \leq d_2 \leq 0,35$  ;
- $0,08 \leq d_3 \leq 0,35$  ;
- $5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 \leq p_3 < 10 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3)$  ;
- pour toute longueur de câble de 2 cm, une composition de caoutchouc dite "gomme de remplissage" est présente dans chacun des capillaires situés d'une part entre le noyau (C1) et les N fils de la seconde couche (C2), d'autre part entre les N fils de la seconde couche (C2) et les P fils de la troisième couche (C3) ;
- le taux de gomme de remplissage dans le câble est compris entre 5 et 30 mg par gramme de câble.

Ce câble à trois couches de l'invention, comparé aux câbles à trois couches gommés in situ de l'art antérieur, a l'avantage notable de comporter une quantité réduite de gomme de remplissage, ce qui lui garantit une meilleure compacité, cette gomme étant en outre répartie

uniformément à l'intérieur du câble, à l'intérieur de chacun de ses capillaires, lui conférant ainsi une imperméabilité optimale selon son axe.

5 L'invention concerne également l'utilisation d'un tel câble pour le renforcement d'articles ou de produits semi-finis en caoutchouc, par exemple des nappes, des tuyaux, des courroies, des bandes transporteuses, des pneumatiques.

10 Le câble de l'invention est tout particulièrement destiné à être utilisé comme élément de renforcement d'une armature de carcasse de pneumatiques de véhicules industriels (porteurs de lourdes charges) choisis parmi camionnettes et véhicules dits "Poids-lourd" c'est-à-dire véhicules métro, bus, engins de transport routier tels que camions, tracteurs, remorques, ou encore véhicules hors-la-route, engins agricoles ou de génie civil, et tout autre type de véhicules de transport ou de manutention.

15 L'invention concerne en outre ces articles ou produits semi-finis en caoutchouc eux-mêmes lorsqu'ils sont renforcés par un câble conforme à l'invention, en particulier les pneumatiques destinés aux véhicules industriels tels que camionnettes ou Poids-lourd.

20 L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description et des exemples de réalisation qui suivent, ainsi que des figures 1 à 4 relatives à ces exemples qui schématisent, respectivement :

- en coupe transversale, un câble de construction 1+6+12 conforme à l'invention, gommé in situ, du type compact (Fig. 1) ;
- 25 - en coupe transversale, un câble de construction 1+6+12 conventionnel, non gommé in situ, également du type compact (Fig. 2) ;
- un exemple d'installation de retordage et gommage in situ utilisable pour la fabrication de câbles du type compacts, conformes à l'invention (Fig. 3) ;
- 30 - en coupe radiale, une enveloppe de pneumatique Poids-lourd à armature de carcasse radiale, conforme ou non à l'invention dans cette représentation générale (Fig. 4).

## I. MESURES ET TESTS

35

### I-1. Mesures dynamométriques

Pour ce qui concerne les fils et câbles métalliques, les mesures de force à la rupture notée  $F_m$  (charge maximale en N), de résistance à la rupture notée  $R_m$  (en MPa) et d'allongement à la

rupture noté At (allongement total en %) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892 de 1984.

Concernant les compositions de caoutchouc, les mesures de module sont effectuées en traction, sauf indication différente selon la norme ASTM D 412 de 1998 (éprouvette "C") : on mesure en seconde élongation (c'est-à-dire après un cycle d'accommodation) le module sécant "vrai" (c'est-à-dire ramené à la section réelle de l'éprouvette) à 10% d'allongement, noté E10 et exprimé en MPa (conditions normales de température et d'hygrométrie selon la norme ASTM D 1349 de 1999).

## I-2. Test de perméabilité à l'air

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.

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.

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 skims (deux rectangles de 80 x 200 mm) d'une composition de caoutchouc à l'état cru, chaque skim ayant une épaisseur de 3,5 mm ; le tout est alors 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 démoule l'ensemble et on découpe 10 éprouvettes de câbles ainsi enrobés, sous forme de parallélépipèdes de dimensions 7x7x20 mm, pour caractérisation.

On utilise comme gomme d'enrobage une composition de caoutchouc 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), naphténate 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.

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 cm<sup>3</sup>/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 étanche lui-même est contrôlée préalablement à l'aide d'une éprouvette de caoutchouc pleine, c'est-à-dire sans câble.

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  $\pm 0,2$  cm<sup>3</sup>/min, les valeurs mesurées inférieures ou égales à 0,2 cm<sup>3</sup>/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).

### I-3. Taux de gomme de remplissage

La quantité de gomme de remplissage est mesurée par différence entre le poids du câble initial (donc gommé in situ) et le poids du câble (donc celui de ses fils) dont la gomme de remplissage a été éliminée par un traitement électrolytique approprié.

Un échantillon de câble (longueur 1 m), bobiné sur lui-même pour réduire son encombrement, constitue la cathode d'un électrolyseur (reliée à la borne négative d'un générateur), tandis que l'anode (reliée à la borne positive) est constituée d'un fil de platine. L'électrolyte consiste en une solution aqueuse (eau déminéralisée) comportant 1 mole par litre de carbonate de sodium.

L'échantillon, plongé complètement dans l'électrolyte, est mis sous tension pendant 15 min sous un courant de 300 mA. Le câble est ensuite retiré du bain, rincé abondamment avec de l'eau. Ce traitement permet à la gomme de se détacher facilement du câble (si ce n'est pas le cas, on continue l'électrolyse pendant quelques minutes). On élimine soigneusement la gomme, par exemple par simple essuyage à l'aide d'un tissu absorbant, tout en détordant un à un les fils du câble. Les fils sont de nouveau rincés à l'eau puis plongés dans un bécher contenant un mélange d'eau déminéralisée (50%) et d'éthanol (50%) ; le bécher est plongé dans une cuve à ultrasons pendant 10 min. Les fils ainsi dépourvus de toute trace de gomme sont retirés du bécher, séchés sous un courant d'azote ou d'air, et enfin pesés.



On en déduit par le calcul le taux de gomme de remplissage dans le câble, exprimé en mg (milligramme) de gomme de remplissage par g (gramme) de câble initial, et moyenné sur 10 mesures (c'est-à-dire sur 10 mètres de câble au total).

5

## II. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

10 Dans la présente description, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des % massiques.

15 D'autre part, 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).

### II-1. Câble de l'invention

Le câble métallique de l'invention comporte donc trois couches concentriques :

20

- une première couche (C1) de diamètre  $d_1$  ;
- une deuxième couche (C2) comportant N fils de diamètre  $d_2$ , N variant de 5 à 7, enroulés ensemble en hélice, selon un pas  $p_2$ , autour de la première couche ;
- une troisième couche (C3) comportant P fils de diamètre de diamètre  $d_3$  enroulés ensemble en hélice, selon un pas  $p_3$ , autour de la deuxième couche.

25

De manière connue, la première couche est aussi appelée le noyau du câble, alors que la première et la deuxième couches assemblées constituent ce que l'on a coutume d'appeler l'âme du câble.

30

Ce câble de l'invention présente en outre les caractéristiques essentielles suivantes ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $p_2$  et  $p_3$  étant exprimés en mm) :

35

- $0,08 \leq d_1 \leq 0,40$  ;
- $0,08 \leq d_2 \leq 0,35$  ;
- $0,08 \leq d_3 \leq 0,35$  ;
- $5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 \leq p_3 < 10 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3)$  ;
- sur toute longueur de câble de 2 cm, une composition de caoutchouc dite "gomme de remplissage" est présente dans chacun des capillaires situés d'une part entre le

noyau (C1) et les N fils de la seconde couche (C2), d'autre part entre les N fils de la seconde couche (C2) et les P fils de la troisième couche (C3) ;

- le taux de gomme de remplissage dans le câble est compris entre 5 et 30 mg par gramme de câble.

5

Ce câble de l'invention peut être qualifié de câble gommé in situ : chacun des capillaires ou interstices (espaces vides, en l'absence de gomme de remplissage, formés par des fils adjacents) situés d'une part entre le noyau (C1) et les N fils de la seconde couche (C2), d'autre part entre les N fils de la seconde couche (C2) et les P fils de la troisième couche (C3), est rempli au moins en partie, de manière continue ou non selon l'axe du câble, par la gomme de remplissage de telle manière que pour toute longueur de câble de 2 cm, chacun desdits capillaires comporte au moins un bouchon de gomme.

10

Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, sur toute portion de câble de longueur égale à 2 cm, chaque capillaire ou interstice décrit ci-dessus comporte au moins un bouchon de gomme qui obstrue ce capillaire ou interstice de telle manière que, au test de perméabilité à l'air selon le paragraphe I-2, ce câble de l'invention présente un débit d'air moyen inférieur à  $2 \text{ cm}^3/\text{min}$ , plus préférentiellement inférieur à  $0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$  ou au plus égal à  $0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$ .

20

Le câble de l'invention a pour autre caractéristique essentielle que son taux de gomme de remplissage est compris entre 5 et 30 mg de gomme par g de câble. En dessous du minimum indiqué, il n'est pas possible de garantir que, pour toute longueur de câble d'au moins 2cm, la gomme de remplissage soit bien présente, au moins en partie, dans chacun des interstices ou capillaires du câble, tandis qu'au-delà du maximum indiqué, on s'expose aux différents problèmes précédemment décrits dus au débordement de la gomme de remplissage à la périphérie du câble. Pour toutes ces raisons, on préfère que le taux de gomme de remplissage soit compris entre 5 et 25 mg, plus préférentiellement entre 5 et 20 mg, notamment dans un domaine de 10 à 20 mg par g de câble.

25

30

Un tel taux de gomme de remplissage et son contrôle dans les limites indiquées ci-dessus n'est rendu possible que grâce à la mise en œuvre d'un procédé de retordage-gommage spécifique, adapté à la géométrie du câble, qui sera exposé en détail ultérieurement.

35

La mise en œuvre de ce procédé spécifique, tout en permettant l'obtention d'un câble dont la quantité de gomme de remplissage est maîtrisée, garantit la présence de cloisons internes (continues ou discontinues dans l'axe du câble) ou bouchons de gomme dans les capillaires du câble de l'invention, ceci en un nombre suffisant ; ainsi, le câble de l'invention devient étanche à la propagation, le long du câble, de tout fluide corrosif tel que l'eau ou l'oxygène de l'air, supprimant ainsi l'effet de mèche décrit en introduction du présent mémoire.

40

Ainsi, la caractéristique suivante est préférentiellement vérifiée : sur toute longueur de câble de 2 cm, le câble est étanche ou pratiquement étanche à l'air dans la direction longitudinale. En d'autres termes, chaque capillaire comporte au moins un bouchon (ou cloison interne) de gomme de remplissage sur cette longueur de 2 cm, de telle manière que ledit câble (une fois enrobé de l'extérieur par un polymère tel que du caoutchouc) est étanche ou pratiquement étanche à l'air dans sa direction longitudinale.

Au test de perméabilité à l'air décrit au paragraphe I-2, un câble dit "étanche à l'air" dans la direction longitudinale est caractérisé par un débit d'air moyen inférieur ou au plus égal à  $0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$  tandis qu'un câble dit "pratiquement étanche à l'air" dans la direction longitudinale est caractérisé par un débit d'air moyen inférieur à  $2 \text{ cm}^3/\text{min}$ , de préférence inférieur à  $1 \text{ cm}^3/\text{min}$ .

Le noyau (C1) du câble de l'invention est préférentiellement constitué d'un seul fil unitaire ou au plus de 2 fils, ces derniers pouvant être par exemple parallèles ou bien retordus ensemble. Toutefois, plus préférentiellement, le noyau (C1) du câble de l'invention est constitué d'un seul fil unitaire.

Pour un compromis optimisé entre résistance, faisabilité, rigidité et endurance en flexion du câble, on préfère que les diamètres des fils des couches C1, C2 et C3, que ces fils aient un diamètre identique ou non d'une couche à l'autre, vérifient les relations suivantes ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  étant exprimés en mm):

- $0,10 \leq d_1 \leq 0,35$  ;
- $0,10 \leq d_2 \leq 0,30$  ;
- $0,10 \leq d_3 \leq 0,30$  .

Plus préférentiellement encore, les relations suivantes sont vérifiées :

- $0,10 \leq d_1 \leq 0,28$  ;
- $0,10 \leq d_2 \leq 0,25$  ;
- $0,10 \leq d_3 \leq 0,25$  .

Selon un autre mode de réalisation particulier, les caractéristiques suivantes sont vérifiées :

- pour  $N = 5$  :  $0,6 < (d_1 / d_2) < 0,9$  ;
- pour  $N = 6$  :  $0,9 < (d_1 / d_2) < 1,3$  ;
- pour  $N = 7$  :  $1,3 < (d_1 / d_2) < 1,6$ .

Les fils des couches C2 et C3 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 (soit  $d_2 = d_3$ ), ce qui simplifie notamment la fabrication et réduit le coût des câbles.

5 De préférence, on a la relation suivante qui est vérifiée:

$$5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 \leq p_3 < 5 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3).$$

10 On rappelle ici que de manière connue le pas « p » 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.

Les pas  $p_2$  et  $p_3$  sont choisis plus préférentiellement dans un domaine de 5 à 30 mm, plus préférentiellement encore dans un domaine de 5 à 20 mm, en particulier lorsque  $d_2 = d_3$ .

15 Selon un autre mode de réalisation préférentiel, les  $p_2$  et  $p_3$  sont égaux. C'est notamment le cas pour des câbles à couches du type compacts tels que schématisés par exemple à la figure 1, dans lesquels les deux couches C2 et C3 ont pour autre caractéristique d'être enroulées dans le même sens de torsion (S/S ou Z/Z). Dans de tels câbles à couches  
20 compacts, la compacité est telle que pratiquement aucune couche distincte de fils n'est visible ; il en résulte que la section transversale de tels câbles a un contour qui est polygonal et non cylindrique, comme illustré à titre d'exemple à la figure 1 (câble compact 1+6+12 conforme à l'invention) ou à la figure 2 (câble compact 1+6+12 témoin, c'est-à-dire non gommé in situ).

25 La troisième couche ou couche externe C3 a pour caractéristique préférentielle d'être une couche saturée, c'est-à-dire que, par définition, il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un ( $P_{\max}+1$ )ème fil de diamètre  $d_2$ ,  $P_{\max}$  représentant le nombre maximal de fils enroulables en une couche autour de la deuxième couche C2. Cette  
30 construction a pour avantage notable de limiter encore le risque de débordement de gomme de remplissage à sa périphérie et d'offrir, pour un diamètre donné du câble, une résistance plus élevée.

35 Ainsi, le nombre P de fils peut varier dans une très large mesure selon le mode de réalisation particulier de l'invention, étant entendu que le nombre maximal de fils P sera augmenté si leur diamètre  $d_3$  est réduit comparativement au diamètre  $d_2$  des fils de la deuxième couche, afin de conserver préférentiellement la couche externe dans un état saturé.

Selon un mode plus préférentiel, la couche C3 comporte de 10 à 14 fils ; sont particulièrement sélectionnés parmi les câbles ci-dessus ceux constitués de fils ayant sensiblement le même diamètre de la couche C2 à la couche C3 (soit  $d_2 = d_3$ ).

5 Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, la première couche comporte un seul fil, la deuxième couche (C2) comporte 6 fils (N égal à 6) et la troisième couche (C3) comporte 11 ou 12 fils (P égal à 11 ou 12). En d'autres termes, le câble de l'invention a pour constructions préférentielles 1+6+11 ou 1+6+12.

10 Le câble de l'invention, comme tous les câbles à couches, peut être de deux types, à savoir du type à couches compactes ou du type à couches cylindriques.

Préférentiellement, les deux couches C2 et C3 sont enroulées dans le même sens de torsion, c'est-à-dire soit dans la direction S (disposition "S/S"), soit dans la direction Z (disposition  
15 "Z/Z"). L'enroulement dans le même sens de ces couches permet avantageusement de minimiser les frottements entre ces deux couches et donc l'usure des fils qui les constituent. Plus préférentiellement, elles sont enroulées dans le même sens de torsion et au même pas (soit  $p_2 = p_3$ ), pour l'obtention d'un câble du type compact tel que représenté par exemple à la figure 1.

20 La construction du câble de l'invention permet de manière avantageuse la suppression du fil de frette, grâce à une meilleure pénétration du caoutchouc dans sa structure et à l'auto-fretage qui en résulte.

25 Par câble métallique, on entend par définition dans la présente demande un câble formé de fils constitués majoritairement (c'est-à-dire pour plus de 50% en nombre de ces fils) ou intégralement (pour 100% des fils) d'un matériau métallique.

30 Indépendamment les uns des autres et d'une couche à l'autre, le ou les fils du noyau (C1), les fils de la deuxième couche (C2) et les fils de la troisième couche (C3) sont de préférence en acier, plus préférentiellement en acier au carbone. Mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers, par exemple un acier inoxydable, ou d'autres alliages.

35 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 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.

5 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. Selon un mode de réalisation préférentiel, l'acier utilisé est recouvert d'une couche de laiton (alliage  
10 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 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  
15 plus des composés Cu, Zn, Al, Ni, Co, Sn.

Les câbles de l'invention sont préférentiellement en acier au carbone et possèdent une résistance en traction ( $R_m$ ) de préférence supérieure à 2500 MPa, plus préférentiellement supérieure à 3000 MPa. L'allongement total à la rupture ( $A_t$ ) du câble, somme de ses  
20 allongements structural, élastique et plastique, est de préférence supérieur à 2,0%, plus préférentiellement au moins égal à 2,5%.

L'élastomère (ou indistinctement "caoutchouc", les deux étant considérés comme synonymes) de la gomme de remplissage est préférentiellement un élastomère diénique, c'est-à-dire par  
25 définition un élastomère issu au moins en partie (c'est-à-dire un homopolymère ou un copolymère) de monomère(s) diène(s) (i.e., monomère(s) porteur(s) de deux doubles liaisons carbone-carbone, conjuguées ou non). L'élastomère diénique est plus préférentiellement choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes (BR), le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères de butadiène, les différents  
30 copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères. De tels copolymères sont plus préférentiellement choisis dans le groupe constitué par les copolymères de butadiène-styrène (SBR), que ces derniers soient préparés par polymérisation en émulsion (ESBR) ou en solution (SSBR), les copolymères d'isoprène-butadiène (BIR), les copolymères d'isoprène-styrène (SIR) et les copolymères d'isoprène-butadiène-styrène (SBIR).

35 Un mode de réalisation préférentiel consiste à utiliser un élastomère "isoprénique", c'est-à-dire un homopolymère ou un copolymère d'isoprène, en d'autres termes un élastomère diénique choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.  
40 L'élastomère isoprénique est de préférence du caoutchouc naturel ou un polyisoprène de

synthèse du type cis-1,4. Parmi ces polyisoprènes de synthèse, sont utilisés de préférence des polyisoprènes ayant un taux (% molaire) de liaisons cis-1,4 supérieur à 90%, plus préférentiellement encore supérieur à 98%. Selon d'autres modes de réalisation préférentiels, à l'élastomère isoprénique peut être également associé un autre élastomère diénique tel que, par exemple, un élastomère SBR et/ou BR.

La gomme de remplissage peut contenir un seul ou plusieurs élastomère(s), notamment diénique(s), ce dernier ou ces derniers pouvant être utilisé(s) en association avec tout type de polymère autre qu'élastomère.

La gomme de remplissage est du type réticulable, c'est-à-dire qu'elle comprend par définition un système de réticulation adapté pour permettre la réticulation de la composition lors de sa cuisson (i.e., son durcissement et non sa fusion) ; ainsi, dans un tel cas, cette composition de caoutchouc peut être qualifiée d'infusible, du fait qu'elle ne peut pas être fondue par chauffage à quelque température que ce soit. De préférence, dans le cas d'une composition de caoutchouc diénique, le système de réticulation de la gaine de caoutchouc est un système dit de vulcanisation, c'est-à-dire à base de soufre (ou d'un agent donneur de soufre) et d'au moins un accélérateur de vulcanisation. A ce système de vulcanisation de base peuvent s'ajouter divers activateurs de vulcanisation connus. Le soufre est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 1 et 8 pce, l'accélérateur de vulcanisation, par exemple un sulfénamide, est utilisé à un taux préférentiel compris entre 0,5 et 10 pce, plus préférentiellement compris entre 0,5 et 5,0 pce.

La gomme de remplissage peut comporter également, outre ledit système de réticulation, tout ou partie des additifs habituellement utilisés dans les matrices de caoutchouc destinées à la fabrication de pneumatiques, tels que par exemple des charges renforçantes comme le noir de carbone ou des charges inorganiques comme la silice, des agents de couplage, des agents anti-vieillessement, des antioxydants, des agents plastifiants ou des huiles d'extension, que ces derniers soient de nature aromatique ou non-aromatique, notamment des huiles très faiblement ou non aromatiques, par exemple du type naphthéniques ou paraffiniques, à haute ou de préférence à basse viscosité, des huiles MES ou TDAE, des résines plastifiantes à haute Tg supérieure à 30°C, des agents facilitant la mise en œuvre (processabilité) des compositions à l'état cru, des résines tackifiantes, des agents antiréversion, des accepteurs et donneurs de méthylène tels que par exemple HMT (hexaméthylènetétramine) ou H3M (hexaméthoxyméthylmélamine), des résines renforçantes (tels que résorcinol ou bismaléimide), des systèmes promoteurs d'adhésion connus du type sels métalliques par exemple, notamment sels de cobalt ou de nickel.

Le taux de charge renforçante, par exemple du noir de carbone ou une charge inorganique renforçante telle que silice, est de préférence supérieur à 50 pce, par exemple compris entre

50 et 120 pce. Comme noirs de carbone, par exemple, conviennent tous les noirs de carbone, notamment les noirs du type HAF, ISAF, SAF conventionnellement utilisés dans les pneumatiques (noirs dits de grade pneumatique). Parmi ces derniers, on citera plus particulièrement les noirs de carbone de grade (ASTM) 300, 600 ou 700 (par exemple N326, N330, N347, N375, N683, N772). Comme charges inorganiques renforçantes conviennent notamment des charges minérales du type silice ( $\text{SiO}_2$ ), notamment les silice précipitées ou pyrogénées présentant une surface BET inférieure à  $450 \text{ m}^2/\text{g}$ , de préférence de 30 à  $400 \text{ m}^2/\text{g}$ .

10 L'homme de l'art saura, à la lumière de la présente description, ajuster la formulation de la gomme de remplissage afin d'atteindre les niveaux de propriétés (notamment module d'élasticité) souhaités, et adapter la formulation à l'application spécifique envisagée.

15 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la formulation de la gomme de remplissage peut être choisie identique à la formulation de la matrice de caoutchouc que le câble de l'invention est destiné à renforcer ; ainsi, il n'y a aucun problème de compatibilité entre les matériaux respectifs de la gomme de remplissage et de ladite matrice de caoutchouc.

20 Selon un second mode de réalisation de l'invention, la formulation de la gomme de remplissage peut être choisie différente de la formulation de la matrice de caoutchouc que le câble de l'invention est destiné à renforcer. On pourra notamment ajuster la formulation de la gomme de remplissage en utilisant une quantité relativement élevée de promoteur d'adhésion, typiquement par exemple de 5 à 15 pce d'un sel métallique tel qu'un sel de cobalt ou de nickel, et en réduisant avantageusement la quantité dudit promoteur (voire en le supprimant totalement) dans la matrice de caoutchouc environnante. Bien entendu, on pourra également ajuster la formulation de la gomme de remplissage en vue d'optimiser sa viscosité et ainsi sa pénétration à l'intérieur du câble lors de la fabrication de ce dernier.

30 De préférence, la gomme de remplissage présente, à l'état réticulé, un module sécant en extension E10 (à 10% d'allongement) qui est compris entre 2 et 25 MPa, plus préférentiellement entre 3 et 20 MPa, en particulier compris dans un domaine de 3 à 15 MPa.

35 L'invention concerne bien entendu le câble précédemment décrit tant à l'état cru (sa gomme de remplissage étant alors non réticulée) qu'à l'état cuit (sa gomme de remplissage étant alors réticulée ou vulcanisée). On préfère toutefois utiliser le câble de l'invention avec une gomme de remplissage à l'état non réticulé jusqu'à son incorporation ultérieure dans le produit semi-fini ou produit fini tel que pneumatique auquel il est destiné, de manière à favoriser la liaison au cours de la réticulation ou vulcanisation finale entre la gomme de remplissage et la matrice de caoutchouc environnante (par exemple la gomme de calandrage).



La figure 1 schématise, en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos), un exemple d'un câble préférentiel 1+6+12 conforme à l'invention.

5 Ce câble (noté C-1) est du type compact, c'est-à-dire que ses deuxième et troisième couches (respectivement C2 et C3) sont enroulées dans le même sens (S/S ou Z/Z selon une nomenclature reconnue) et de plus au même pas ( $p_2 = p_3$ ). Ce type de construction a pour conséquence que les fils (11, 12) de ces deuxième et troisième couches (C2, C3) forment autour du noyau (10) ou première couche (C1) deux couches sensiblement concentriques qui ont chacune un contour (E) (représenté en pointillés) qui est sensiblement polygonal (plus  
10 précisément hexagonal) et non cylindrique comme dans le cas de câbles à couches dits cylindriques.

La gomme de remplissage (13) remplit chaque capillaire (14) (symbolisé par un triangle) formé par les fils adjacents (pris trois à trois) des différentes couches (C1, C2, C3) du câble,  
15 en écartant ces derniers très légèrement. On voit que ces capillaires ou interstices sont naturellement formés soit par le fil noyau (10) et les fils (11) de la deuxième couche (C2) qui l'entourent, soit par deux fils (11) de la deuxième couche (C2) et un fil (13) de la troisième couche (C3) qui leur est immédiatement adjacent, soit encore par chaque fil (11) de la deuxième couche (C2) et les deux fils (12) de la troisième couche (C3) qui lui sont  
20 immédiatement adjacents ; au total, 24 capillaires ou interstices (14) sont ainsi présents dans ce câble 1+6+12.

Selon un mode de réalisation préférentiel, dans le câble conforme à l'invention, la gomme de remplissage s'étend d'une manière continue autour de la deuxième couche (C2) qu'elle  
25 recouvre.

Pour comparaison, la figure 2 rappelle la coupe d'un câble 1+6+12 (noté C-2) conventionnel (i.e., non gommé in situ), également du type compact. L'absence de gomme de remplissage fait que pratiquement tous les fils (20, 21, 22) sont au contact l'un de l'autre, ce qui conduit à  
30 une structure particulièrement compacte, par ailleurs très difficilement pénétrable (pour ne pas dire impénétrable) de l'extérieur par du caoutchouc. La caractéristique de ce type de câble est que les différents fils forment trois à trois des canaux ou capillaires (24) qui pour un nombre important d'entre eux restent fermés et vides et donc propices, par effet "de mèche", à la propagation de milieux corrosifs tels que l'eau.

35 Le câble de l'invention pourrait être pourvu d'une frette externe, constituée par exemple d'un fil unique, métallique ou non, enroulé en hélice autour du câble selon un pas plus court que celui de la couche externe (C3), et un sens d'enroulement opposé ou identique à celui de cette couche externe. Cependant, grâce à sa structure spécifique, le câble de l'invention, déjà auto-fretté, ne nécessite généralement pas l'emploi d'un fil de frette externe, ce qui résout  
40

avantageusement les problèmes d'usure entre la frette et les fils de la couche la plus externe du câble.

5 Toutefois, si un fil de frette est utilisé, dans le cas général où les fils de la couche externe sont en acier au carbone, on pourra alors avantageusement choisir un fil de frette en acier inoxydable afin de réduire l'usure par fretting de ces fils en acier au carbone au contact de la frette en acier inoxydable, comme enseigné par exemple dans la demande WO-A-98/41682, le fil en acier inoxydable pouvant être éventuellement remplacé, de manière équivalente, par un fil composite dont seule la peau est en acier inoxydable et le cœur en acier au carbone, tel  
10 que décrit par exemple dans le document EP-A-976 541. On peut également utiliser une frette constituée d'un polyester ou d'un polyester-amide aromatique thermotrope, telle que décrite dans la demande WO-A-03/048447.

15 L'homme du métier comprendra que le câble de l'invention précédemment décrit pourrait être éventuellement gommé in situ avec une gomme de remplissage à base d'élastomères autres que diéniques, notamment d'élastomères thermoplastiques (TPE) tels que par exemple des élastomères polyuréthane (TPU) ne nécessitant pas de manière connue de réticulation ou vulcanisation mais qui présentent, à la température de service, des propriétés similaires à celles d'un élastomère diénique vulcanisé.

20 Toutefois, et de manière particulièrement préférentielle, la présente invention est mise en œuvre avec une gomme de remplissage à base d'élastomères diéniques tels que précédemment décrits, grâce notamment à un procédé de fabrication spécifique qui est particulièrement adapté à de tels élastomères ; ce procédé de fabrication est décrit en détail  
25 ci-après.

## II-2. Fabrication du câble de l'invention

30 Le câble de l'invention précédemment décrit, gommé préférentiellement in situ par un élastomère diénique, peut être fabriqué selon un procédé comportant les quatre étapes suivantes opérées en ligne et en continu :

- 35 - tout d'abord, une étape d'assemblage par retordage des N fils autour du noyau (C1), pour formation en un point dit « point d'assemblage » d'un câble intermédiaire (C1+C2) dit « toron d'âme » (notamment de construction 1+N lorsque le noyau est constitué d'un seul fil) ;
- puis, en aval du point d'assemblage, une étape de gainage du toron d'âme M+N par la gomme de remplissage à l'état cru (c'est-à-dire non réticulée) ;
- suivie d'une étape d'assemblage par retordage des P fils autour du toron d'âme ainsi gainé ;
- 40 - puis d'une étape d'équilibrage final des torsions.

On rappelle ici qu'il existe deux techniques possibles d'assemblage de fils métalliques :

- 5 - soit par câblage : dans un tel cas, les fils 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 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.

10 Une caractéristique essentielle du procédé ci-dessus est d'utiliser une étape de retordage tant pour l'assemblage de la deuxième couche (C2) autour du noyau (C1) que pour l'assemblage de la troisième couche ou couche externe (C3) autour de la deuxième couche (C2).

15 Au cours de la première étape, les N fils de la deuxième couche (C2) sont retordus ensemble (direction S ou Z) autour du noyau (C1) pour formation du toron d'âme (C1+C2), de manière connue en soi ; les fils sont délivrés par des moyens d'alimentation tels que des bobines, une grille de répartition, couplée ou non à un grain d'assemblage, destinés à faire converger autour du noyau les N fils en un point de torsion commun (ou point d'assemblage).

20 Le toron d'âme (C1+C2) ainsi formé est ensuite gainé de gomme de remplissage à l'état cru, apportée par une vis d'extrusion à une température appropriée. La gomme de remplissage peut être ainsi délivrée en un point fixe, unique et de faible encombrement, au moyen d'une tête d'extrusion unique.

25 Ce procédé a l'avantage de rendre possible l'opération complète de retordage initial, gommage et retordage final en ligne et en une seule étape, quel que soit le type de câble fabriqué (câble compact comme câble à couches cylindriques), tout ceci à haute vitesse. Le procédé ci-dessus peut être mis en œuvre à une vitesse (vitesse de défilement du câble sur la ligne de retordage-gommage) supérieure à 50 m/min, préférentiellement supérieure à  
30 70 m/min, notamment supérieure à 100 m/min.

En aval du point d'assemblage (et donc, notamment, en amont de la tête d'extrusion), la contrainte de tension exercée sur le toron d'âme est de préférence comprise entre 10 et 25% de sa force à la rupture.

35 La tête d'extrusion peut comporter une ou plusieurs filières, par exemple une filière amont de guidage et une filière aval de calibrage. On peut ajouter des moyens de mesure et de contrôle en continu du diamètre du câble, reliés à l'extrudeuse. De préférence, la température d'extrusion de la gomme de remplissage est comprise entre 50°C et 120°C, plus  
40 préférentiellement comprise entre 50°C et 100°C.

La tête d'extrusion définit ainsi une zone de gainage ayant la forme d'un cylindre de révolution dont le diamètre est compris de préférence entre 0,15 mm et 1,2 mm, plus préférentiellement entre 0,2 et 1,0 mm, et dont la longueur est de préférence comprise entre 4 et 10 mm.

Ainsi, la quantité de gomme de remplissage délivrée par la tête d'extrusion peut être ajustée aisément de telle manière que, dans le câble final, cette quantité soit comprise entre 5 et 30 mg, de préférence entre 5 et 25 mg, plus préférentiellement entre 5 et 20 mg, notamment dans un domaine de 10 à 20 mg par g de câble.

Typiquement, en sortie de la tête d'extrusion, l'âme (C1+C2) du câble (ou toron d'âme M+N), en tout point de sa périphérie, est recouverte d'une épaisseur minimale de gomme de remplissage qui est préférentiellement supérieure à 5  $\mu\text{m}$ , plus préférentiellement supérieure à 10  $\mu\text{m}$ , notamment comprise entre 10 et 80  $\mu\text{m}$ .

En sortie de l'étape de gainage qui précède, au cours d'une troisième étape, on procède à l'assemblage final, toujours par retordage (direction S ou Z), des P fils de la troisième couche ou couche externe (C3) autour du toron d'âme (C1+C2) ainsi gainé. Au cours du retordage, les P fils viennent s'appuyer sur la gomme de remplissage, s'incruster dans cette dernière. La gomme de remplissage, en se déplaçant sous la pression exercée par ces P fils externes, a alors naturellement tendance à remplir, au moins en partie, chacun des interstices ou cavités laissés vides par les fils, entre le toron d'âme (C1+C2) et la couche externe (C3).

A ce stade, le câble de l'invention n'est pas terminé : les capillaires présents à l'intérieur de l'âme, délimités par le noyau (C1) et les N fils de la deuxième couche (C2), ne sont pas encore remplis de gomme de remplissage, en tout cas de manière insuffisante pour l'obtention d'un câble ayant une imperméabilité à l'air qui soit optimale.

L'étape essentielle qui suit consiste à faire passer le câble à travers des moyens d'équilibrage de torsion. Par "équilibrage de torsion", on entend ici de manière connue l'annulation des couples de torsion résiduels (ou du retour élastique de détorsion) s'exerçant sur chaque fil du câble, dans la deuxième couche interne (C2) comme dans la troisième couche externe (C3).

Les outils d'équilibrage de la torsion sont connus de l'homme du métier du retordage ; ils peuvent consister par exemple en des dresseurs et/ou des retordeurs et/ou des retordeurs-dresseurs constitués soit de poulies pour les retordeurs, soit de galets de petit diamètre pour les dresseurs, poulies et/ou galets à travers lesquels circule le câble.

On suppose a posteriori que, lors du passage à travers ces outils d'équilibrage, la torsion s'exerçant sur les N fils de la deuxième couche (C2) est suffisante pour forcer, pour entraîner la gomme de remplissage à l'état cru (i.e., non réticulée, non cuite), encore chaude et relativement fluide de l'extérieur vers le noyau du câble, à l'intérieur même des capillaires formés par le noyau (C1) et les N fils de la deuxième couche (C2), offrant finalement au câble de l'invention l'excellente propriété d'imperméabilité à l'air qui le caractérise. La fonction de dressage, apportée par l'utilisation d'un outil dresseur, aurait en outre pour avantage que le contact des galets du dresseur avec les fils de la troisième couche (C3) va exercer une pression supplémentaire sur la gomme de remplissage favorisant encore sa pénétration dans les capillaires présents entre les deuxième couche (C2) et la troisième couche (C3) du câble de l'invention.

En d'autres termes, le procédé décrit ci-dessus exploite la torsion des fils au stade final de fabrication du câble, pour répartir naturellement, de manière homogène, la gomme de remplissage à l'intérieur du câble, tout en contrôlant parfaitement la quantité de gomme de remplissage fournie.

Ainsi, de manière inattendue, il s'est avéré possible de faire pénétrer la gomme de remplissage au cœur même du câble de l'invention, dans l'ensemble de ses capillaires, en déposant la gomme en aval du point d'assemblage des N fils autour du noyau (C1), tout en contrôlant et en optimisant la quantité de gomme de remplissage délivrée grâce à l'emploi d'une tête d'extrusion unique.

Après cette étape ultime d'équilibrage de la torsion, la fabrication du câble de l'invention est terminée. Préférentiellement, dans ce câble terminé, l'épaisseur de gomme de remplissage entre deux fils adjacents du câble, quels qu'ils soient, varie de 1 à 10  $\mu\text{m}$ . Ce câble peut être enroulé sur une bobine de réception, pour stockage, avant d'être traité par exemple à travers une installation de calandrage, pour préparation d'un tissu composite métal-caoutchouc utilisable par exemple comme armature de carcasse de pneumatique.

Le procédé précédemment décrit rend possible la fabrication de câbles qui peuvent être dépourvus (ou quasiment dépourvus) de gomme de remplissage à leur périphérie ; par une telle expression, on entend qu'aucune particule de gomme de remplissage n'est visible, à l'œil nu, à la périphérie du câble, c'est-à-dire que l'homme du métier ne fait pas de différence en sortie de fabrication, à l'œil nu et à une distance de trois mètres ou plus, entre une bobine de câble conforme à l'invention et une bobine de câble conventionnel non gommé in situ.

Ce procédé s'applique bien entendu à la fabrication de câbles du type compacts (pour rappel et par définition, ceux dont les couches C2 et C3 sont enroulées au même pas et dans le même sens) comme à la fabrication de câbles du type à couches cylindriques (pour rappel et

par définition, ceux dont les couches C2 et C3 sont enroulées soit à des pas différents (quels que soient leurs sens de torsion, identiques ou pas), soit dans des sens opposés (quels que soient leurs pas, identiques ou différents)).

5 Un dispositif d'assemblage et gommage utilisable préférentiellement pour la mise en œuvre de ce procédé, est un dispositif comportant d'amont en aval, selon la direction d'avancement d'un câble en cours de formation :

- 10 - des moyens d'alimentation d'une part du noyau (C1), d'autre part des N fils de la deuxième couche (C2) ;
- des premiers moyens d'assemblage par retordage des N fils pour mise en place de la deuxième couche (C2) autour de la première couche (C1), en un point dit point d'assemblage, pour formation d'un câble intermédiaire dit « toron d'âme » ;
- en aval dudit point d'assemblage, des moyens de gainage du toron d'âme ;
- 15 - en sortie des moyens de gainage, des seconds moyens d'assemblage par retordage des P fils autour du toron d'âme ainsi gainé, pour mise en place de la troisième couche (C3) ;
- en sortie des seconds moyens d'assemblage, des moyens d'équilibrage de torsion.

20 On voit sur la figure 3 un exemple de dispositif (30) d'assemblage par retordage, du type à alimentation fixe et à réception tournante, utilisable pour la fabrication d'un câble du type compact ( $p_2 = p_3$  et même sens de torsion des couches C2 et C3). Dans ce dispositif (30), des moyens d'alimentation (310) délivrent, autour d'un fil noyau unique (C1), N fils (31) à travers une grille (32) de répartition (répartiteur axisymétrique), couplée ou non à un grain  
25 d'assemblage (33), grille au-delà de laquelle convergent les N (par exemple six) fils de la deuxième couche en un point d'assemblage (34), pour formation du toron d'âme (C1+C2) de construction 1+N (par exemple 1+6).

30 Le toron d'âme (C1+C2), une fois formé, traverse ensuite une zone de gainage consistant par exemple en une tête d'extrusion unique (35). La distance entre le point de convergence (34) et le point de gainage (35) est par exemple comprise entre 50 cm et 1 m. Autour du toron d'âme ainsi gommé (36) et progressant dans le sens de la flèche, sont ensuite assemblés par retordage les P fils (37) de la couche externe (C3), par exemple au nombre de douze, délivrés  
35 par des moyens d'alimentation (370). Le câble final (C1+C2+C3) ainsi formé est finalement collecté sur la réception tournante (39), après traversée des moyens d'équilibrage de torsion (38) consistant par exemple en un dresseur ou un retordeur-dresseur.

On rappelle ici que, de manière bien connue de l'homme du métier, pour la fabrication d'un câble du type à couches cylindriques (pas  $p_2$  et  $p_3$  différents et/ou sens de torsion différents

des couches C2 et C3), on utilise un dispositif comportant deux organes (alimentation ou réception) tournants, et non un seul comme décrit ci-dessus (Fig. 3) à titre d'exemple.

### II-3. Utilisation du câble en armature de carcasse de pneumatique

5

Comme expliqué en introduction du présent mémoire, le câble de l'invention est particulièrement destiné à une armature de carcasse de pneumatique pour véhicule industriel.

10 A titre d'exemple, la figure 4 représente de manière très schématique une coupe radiale d'un pneumatique à armature de carcasse métallique pouvant être conforme ou non à l'invention, dans cette représentation générale. Ce pneumatique 1 comporte un sommet 2 renforcé par une armature de sommet ou ceinture 6, deux flancs 3 et deux bourrelets 4, chacun de ces bourrelets 4 étant renforcé avec une tringle 5. Le sommet 2 est surmonté d'une bande de roulement non représentée sur cette figure schématique. Une armature de carcasse 7 est  
15 enroulée autour des deux tringles 5 dans chaque bourrelet 4, le retournement 8 de cette armature 7 étant par exemple disposé vers l'extérieur du pneumatique 1 qui est ici représenté monté sur sa jante 9. L'armature de carcasse 7 est de manière connue en soi constituée d'au moins une nappe renforcée par des câbles métalliques dits "radiaux", c'est-à-dire que ces câbles sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet à  
20 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 4 et passe par le milieu de l'armature de sommet 6).

Le pneumatique conforme à l'invention est caractérisé en ce que son armature de carcasse 7  
25 comporte au moins, à titre d'élément de renforcement d'au moins une nappe de carcasse, un câble métallique conforme à l'invention. Bien entendu, ce pneumatique 1 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  
30 pneumatique.

Dans cette nappe d'armature de carcasse, la densité des câbles conformes à l'invention est de préférence comprise entre 30 et 160 câbles par dm (décimètre) de nappe de carcasse, plus préférentiellement entre 50 et 100 câbles par dm de nappe, la distance entre deux câbles  
35 adjacents, d'axe en axe, étant de préférence comprise entre 0,6 et 3,5 mm, plus préférentiellement comprise entre 1,25 et 2,2 mm.

Les câbles conformes à l'invention sont de préférence disposés de telle manière que la largeur (notée Lc) du pont de caoutchouc, entre deux câbles adjacents, est comprise entre 0,25 et  
40 1,5 mm. Cette largeur Lc 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 défauts d'aspect sur les flancs des pneumatiques ou de pénétration d'objets, par perforation, entre les câbles. Plus préférentiellement, pour ces mêmes raisons, la largeur Lc est choisie comprise entre 0,35 et 1,25 mm.

De préférence, la composition de caoutchouc utilisée pour le tissu de la nappe d'armature de carcasse présente, à l'état vulcanisé (i.e., après cuisson), un module sécant en extension E10 qui est compris entre 2 et 25 MPa, plus préférentiellement entre 3 et 20 MPa, notamment dans un domaine de 3 à 15 MPa.

### 15 III. EXEMPLES DE REALISATION DE L'INVENTION

Les essais qui suivent démontrent la capacité de l'invention à fournir des câbles à trois couches qui, comparés aux câbles à trois couches gommés in situ de l'art antérieur, ont l'avantage notable de comporter une quantité réduite de gomme de remplissage, ce qui leur garantit une meilleure compacité, cette gomme étant en outre répartie uniformément à l'intérieur du câble, à l'intérieur de chacun de ses capillaires, leur conférant ainsi une imperméabilité longitudinale optimale.

#### 25 III-1. Fabrication des câbles

On fabrique dans les essais qui suivent des câbles à couches de constructions 1+6+12 constitués de fils fins en acier au carbone revêtus de laiton.

30 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 tréfilage, jusqu'à un diamètre intermédiaire voisin de 1 mm. L'acier utilisé est un acier au carbone connu (norme USA AISI 1069) dont la teneur en carbone est de 0,70%. 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 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  $\mu\text{m}$ , ce qui est négligeable par rapport au diamètre des fils en acier.

Les fils en acier ainsi tréfilés ont le diamètre et les propriétés mécaniques suivantes :

5

Tableau 1

Acier	$\phi$ (mm)	Fm (N)	Rm (MPa)
NT	0,18	68	2820
NT	0,20	82	2620

Ces fils sont ensuite assemblés sous forme de câbles à couches 1+6+12 dont la construction est conforme à la représentation de la figure 1 et dont les propriétés mécaniques sont données dans le tableau 2.

10

Tableau 2

Câble	$p_2$ (mm)	$p_3$ (mm)	Fm (daN)	Rm (MPa)	At (%)
C-1	10	10	125	2650	2,4

15 Le câble de l'invention 1+6+12 (C-1), tel que schématisé à la Fig. 1, est donc formé de 19 fils au total, un fil noyau de diamètre 0,20 mm et 18 fils autour, tous de diamètre 0,18 mm, qui ont été enroulés en deux couches concentriques au même pas ( $p_2 = p_3 = 10,0$  mm) et dans la même direction de torsion (S/S) pour l'obtention d'un câble du type compact. Le taux de gomme de remplissage, mesuré selon la méthode indiquée précédemment au paragraphe I-3, est égal à environ 17 mg par g de câble. Cette gomme de remplissage est présente dans  
20 chacun des 24 capillaires formés par les différents fils pris trois à trois, c'est-à-dire qu'elle remplit en totalité ou au moins en partie chacun de ces capillaires de telle manière qu'il existe au moins, sur toute longueur de câble de longueur égale à 2 cm, un bouchon de gomme dans chaque capillaire.

25

Pour la fabrication de ce câble, on a utilisé un dispositif tel que décrit précédemment et schématisé à la figure 3. La gomme de remplissage est une composition de caoutchouc conventionnelle pour armature carcasse de pneumatique pour véhicules industriels, ayant la même formulation que celle de la nappe de caoutchouc de carcasse que le câble C-1 est  
30 destiné à renforcer ; cette composition est à base de caoutchouc naturel (peptisé) et de noir de carbone N330 (55 pce) ; elle comporte en outre les additifs usuels suivants: soufre (6 pce), accélérateur sulfénamide (1 pce), ZnO (9 pce), acide stéarique (0,7 pce), antioxydant (1,5 pce), naphtéate de cobalt (1 pce) ; le module E10 de la composition est de 6 MPa

environ. Cette composition a été extrudée à une température de 65°C environ à travers une filière de calibrage de 0,580 mm.

### III-2. Tests de perméabilité à l'air

5

Les câbles C-1 de l'invention ont été soumis au test de perméabilité à l'air décrit au paragraphe I-2, en mesurant le volume d'air (en cm<sup>3</sup>) traversant les câbles en 1 minute (moyenne de 10 mesures pour chaque câble testé).

10

Pour chaque câble C-1 testé et pour 100% des mesures (soit dix éprouvettes sur dix), on a mesuré un débit nul ou inférieur à 0,2 cm<sup>3</sup>/min ; en d'autres termes, les câbles de l'invention peuvent être qualifiés d'étanches à l'air selon leur axe longitudinal ; ils présentent donc un taux de pénétration optimal par le caoutchouc.

15

D'autre part, des câbles gommés in situ témoins, de même construction que les câbles compacts C-1 de l'invention, ont été préparés conformément au procédé décrit dans la demande WO 2005/071557 précitée, en plusieurs étapes discontinues, par gainage via une tête d'extrusion du toron d'âme intermédiaire 1+6, puis dans un deuxième temps par câblage des 12 fils restants autour de l'âme ainsi gainée, pour formation de la couche externe. Ces câbles témoins ont été ensuite soumis au test de perméabilité à l'air du paragraphe I-2.

20

25

On a constaté tout d'abord qu'aucun de ces câbles témoins ne présentait 100% des mesures (soit dix éprouvettes sur dix) avec un débit nul ou inférieur à 0,2 cm<sup>3</sup>/min, en d'autres termes qu'aucun de ces câbles témoins ne pouvait être qualifié d'étanche (totalement étanche) à l'air selon son axe.

30

35

On a observé d'autre part que, parmi ces câbles témoins, ceux présentant les meilleurs résultats d'imperméabilité (soit un débit moyen d'environ 2 cm<sup>3</sup>/min), présentaient tous une quantité relativement importante de gomme de remplissage parasite débordant à leur périphérie, les rendant inaptés à une opération de calandrage satisfaisante en conditions industrielles.

40

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

35

C'est ainsi par exemple que le noyau (C1) des câbles de l'invention pourrait être constituée d'un fil à section non circulaire, par exemple déformé plastiquement, notamment un fil de section sensiblement ovale ou polygonale, par exemple triangulaire, carrée ou encore rectangulaire ; le noyau pourrait aussi être constitué d'un fil préformé, de section circulaire ou non, par exemple un fil ondulé, vrillé, tordu en forme d'hélice ou en zig-zag. Dans de tels cas, il faut bien sûr comprendre que le diamètre  $d_1$  du noyau (C1) représente le diamètre du

40

cylindre de révolution imaginaire qui entoure le fil central (diamètre d'encombrement), et non plus le diamètre (ou toute autre taille transversale, si sa section n'est pas circulaire) du fil central lui-même.

- 5 Pour des raisons de faisabilité industrielle, de coût et de performance globale, on préfère toutefois mettre en œuvre l'invention avec un seul fil central (couche C1) linéaire conventionnel, de section circulaire.

10 D'autre part, le fil central étant moins sollicité lors de la fabrication du câble que les autres fils, compte tenu de sa position dans le câble, il n'est pas nécessaire pour ce fil d'employer par exemple des compositions d'acier offrant une ductilité en torsion élevée ; on pourra avantageusement utiliser tout type d'acier, par exemple un acier inoxydable.

15 En outre, un (au moins un) fil linéaire d'une des deux autres couches (C2 et/ou C3) pourrait lui aussi être remplacé par un fil préformé ou déformé, ou plus généralement par un fil de section différente de celle des autres fils de diamètre  $d_2$  et/ou  $d_3$ , de manière par exemple à améliorer encore la pénétrabilité du câble par le caoutchouc ou toute autre matière, le diamètre d'encombrement de ce fil de remplacement pouvant être inférieur, égal ou supérieur au diamètre ( $d_2$  et/ou  $d_3$ ) des autres fils constitutifs de la couche (C2 et/ou C3) concernée.

20 Sans que l'esprit de l'invention soit modifié, une partie des fils constituant le câble conforme à l'invention pourrait être remplacé par des fils autres que des fils en acier, métalliques ou non, notamment des fils en matière minérale ou organique à haute résistance mécanique, par exemple des monofilaments en polymères organiques cristaux liquides.

25 L'invention concerne également tout câble d'acier multi-torons ("*multi-strand rope*") dont la structure incorpore au moins, en tant que toron élémentaire, un câble à couches conforme à l'invention.

30 A titre d'exemples de câbles multi-torons conformes à l'invention, utilisables par exemple dans des pneumatiques pour véhicules industriels du type génie civil, notamment dans leur armature carcasse ou sommet, on peut citer des câbles multi-torons de construction générale connue en soi :

- 35
- (1+5) (1+N+P) formé au total de six torons élémentaires, un au centre et les cinq autres câblés autour du centre ;
  - (1+6) (1+N+P) formé au total de sept torons élémentaires, un au centre et les six autres câblés autour du centre ;
  - (2+7) (1+N+P) formé au total de neuf torons élémentaires, deux au centre et les
- 40 sept autres câblés autour du centre ;

- (3+8) (1+N+P) formé au total de onze torons élémentaires, trois au centre et les huit autres câblés autour du centre ;
- (3+9) (1+N+P) formé au total de douze torons élémentaires, trois au centre et les neuf autres câblés autour du centre ;
- 5 - (4+9) (1+N+P) formé au total de treize torons élémentaires, trois au centre et les neuf autres câblés autour du centre,

mais dans lesquels chaque toron élémentaire (ou tout au moins une partie d'entre eux) constitué par un câble à trois couches 1+N+P, notamment 1+6+11 ou 1+6+12, du type  
10 compact comme du type à couches cylindriques, est un câble conforme à l'invention.

De tels câbles d'acier multi-torons, notamment du type (1+5) (1+6+11), (1+6) (1+6+11), (2+7) (1+6+11), (3+8) (1+6+11), (3+9) (1+6+11), (4+9) (1+6+11), (1+5) (1+6+11), (1+6) (1+6+12), (2+7) (1+6+12), (3+8) (1+6+12), (3+9) (1+6+12) ou (4+9) (1+6+12), pourraient  
15 être eux-mêmes gommés in situ lors de leur fabrication.

**REVENDICATIONS**

5 1. Câble métallique à trois couches (C1, C2, C3), gommé in situ, comportant un noyau ou première couche (C1) de diamètre  $d_1$ , autour duquel sont entourés ensemble en hélice selon un pas  $p_2$ , en une deuxième couche (C2), N fils de diamètre  $d_2$ , N variant de 5 à 7, autour desquels sont entourés ensemble en hélice selon un pas  $p_3$ , en une troisième couche (C3), P fils de diamètre  $d_3$ , ledit câble étant caractérisé en ce qu'il présente les caractéristiques  
10 suivantes ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $p_2$  et  $p_3$  étant exprimés en mm) :

- $0,08 \leq d_1 \leq 0,40$  ;
- $0,08 \leq d_2 \leq 0,35$  ;
- $0,08 \leq d_3 \leq 0,35$  ;
- 15 -  $5 \pi (d_1 + d_2) < p_2 \leq p_3 < 10 \pi (d_1 + 2d_2 + d_3)$  ;
- sur toute longueur de câble de 2 cm, une composition de caoutchouc dite "gomme de remplissage" est présente dans chacun des capillaires situés d'une part entre le noyau (C1) et les N fils de la seconde couche (C2), d'autre part entre les N fils de la seconde couche (C2) et les P fils de la troisième couche (C3) ;
- 20 - le taux de gomme de remplissage dans le câble est compris entre 5 et 30 mg par gramme de câble.

2. Câble selon la revendication 1, dans lequel le caoutchouc de la gomme de remplissage est un élastomère diénique.

25 3. Câble selon la revendication 2, dans lequel l'élastomère diénique est choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, le caoutchouc naturel, les polyisoprènes de synthèse, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères.

30 4. Câble selon la revendication 3, dans lequel l'élastomère diénique est un élastomère isoprénique, de préférence du caoutchouc naturel.

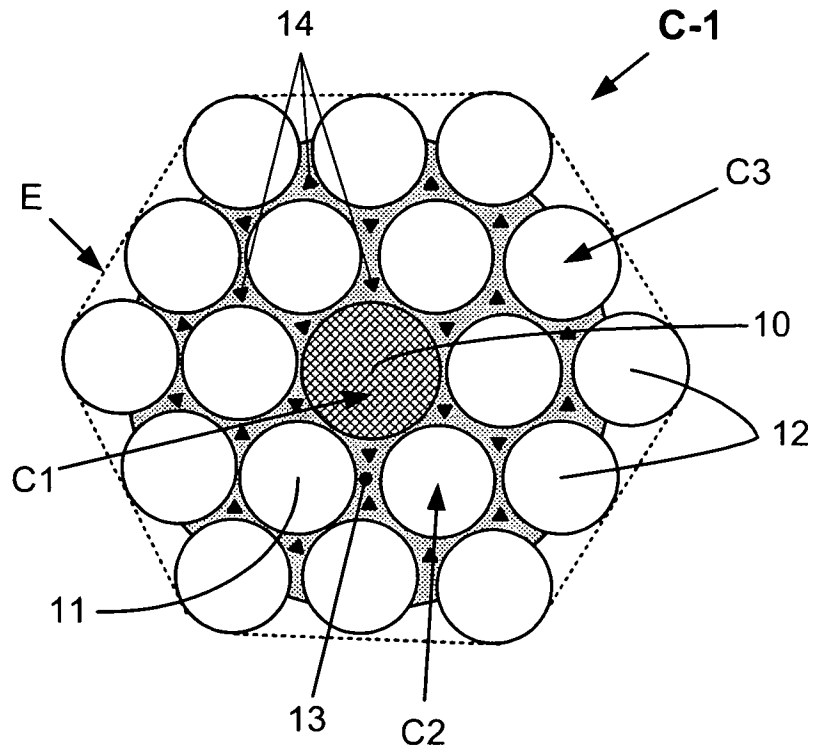
35 5. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les caractéristiques suivantes sont vérifiées ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  en mm) :

- $0,10 \leq d_1 \leq 0,35$  ;
- $0,10 \leq d_2 \leq 0,30$  ;
- $0,10 \leq d_3 \leq 0,30$  .

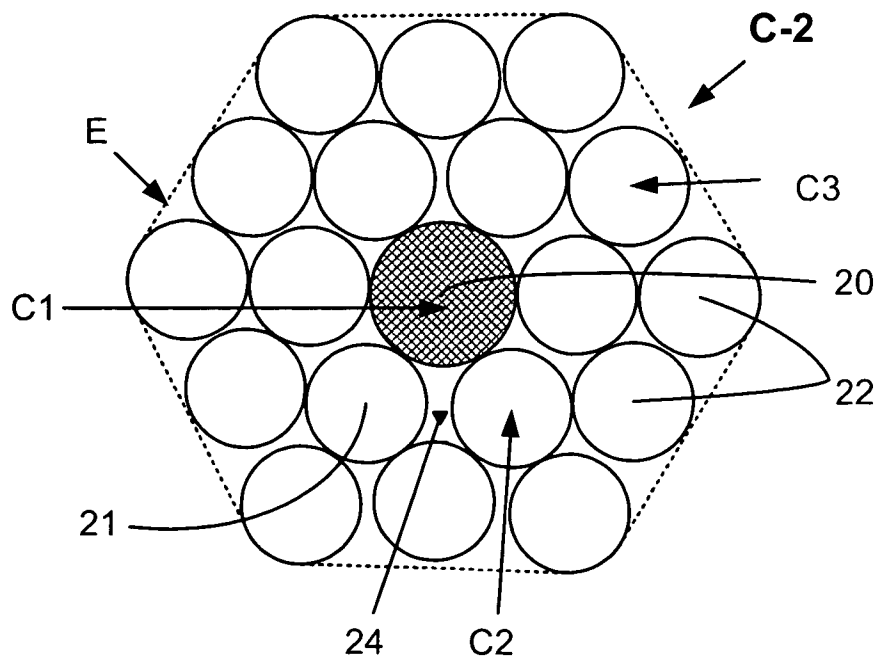
6. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les caractéristiques suivantes sont vérifiées :
- 5           - pour  $N = 5$  :            $0,6 < (d_1 / d_2) < 0,9$  ;  
          - pour  $N = 6$  :            $0,9 < (d_1 / d_2) < 1,3$  ;  
          - pour  $N = 7$  :            $1,3 < (d_1 / d_2) < 1,6$ .
7. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les  $N$  et  $P$  fils des  
10 deuxième (C2) et troisième (C3) couches sont enroulés dans le même sens de torsion.
8. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel  $p_2$  et  $p_3$  sont  
compris dans un domaine de 5 à 30 mm, de préférence dans un domaine de 5 à 20 mm.
- 15 9. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel  $d_2 = d_3$ .
10. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel  $p_2 = p_3$ .
11. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la troisième couche  
20 (C3) comporte 10 à 14 fils.
12. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la troisième couche  
(C3) est une couche saturée.
- 25 13. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel le noyau est  
constitué d'un seul fil.
14. Câble selon la revendication 13, de construction 1+6+11 ou 1+6+12.
- 30 15. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel le taux de gomme  
de remplissage est compris entre 5 et 25 mg, de préférence entre 5 et 20 mg, par g de câble.
16. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que, au test  
de perméabilité à l'air, il présente un débit d'air moyen inférieur à  $2 \text{ cm}^3/\text{min}$ .
- 35 17. Câble selon la revendication 16, caractérisé en ce que, au test de perméabilité à l'air, il  
présente un débit d'air inférieur ou au plus égal à  $0,2 \text{ cm}^3/\text{min}$ .
18. Câble multi-torons dont au moins un des torons est un câble selon l'une quelconque des  
40 revendications 1 à 17.

19. Utilisation d'un câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, pour le renforcement d'un article ou produit semi-fini en caoutchouc.
- 5 20. Utilisation selon la revendication 19, dans laquelle l'article en caoutchouc est un pneumatique.
21. Pneumatique comportant un câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 18.
- 10 22. Pneumatique selon la revendication 21, ledit pneumatique étant un pneumatique de véhicule industriel.
23. Pneumatique selon la revendication 21 ou 22, le câble étant présent dans l'armature de carcasse du pneumatique.

**Fig. 1**

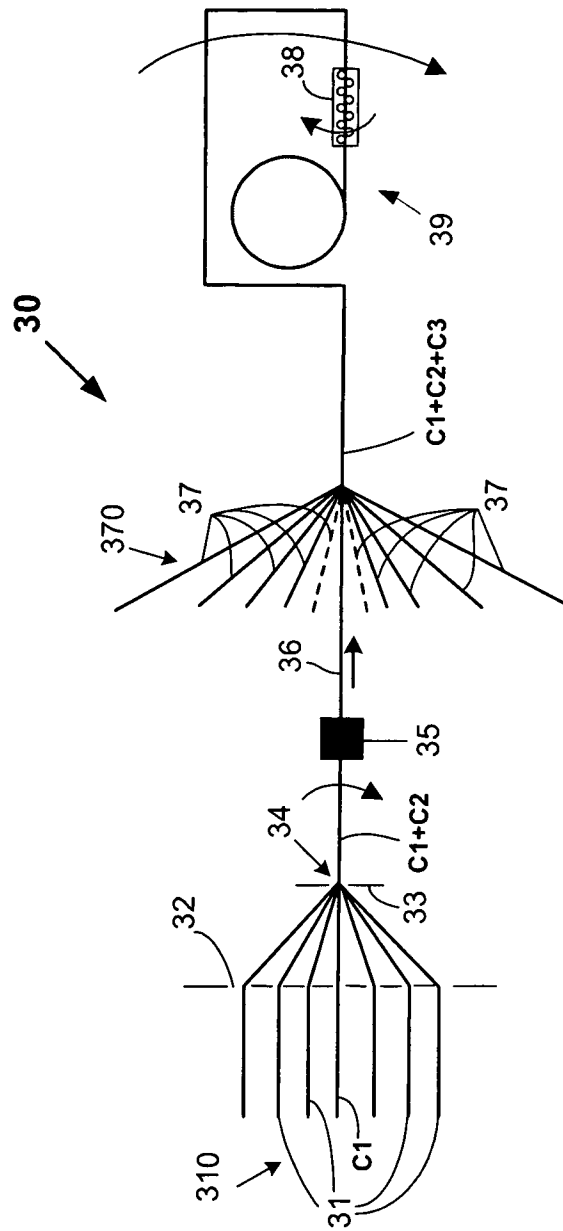


**Fig. 2**

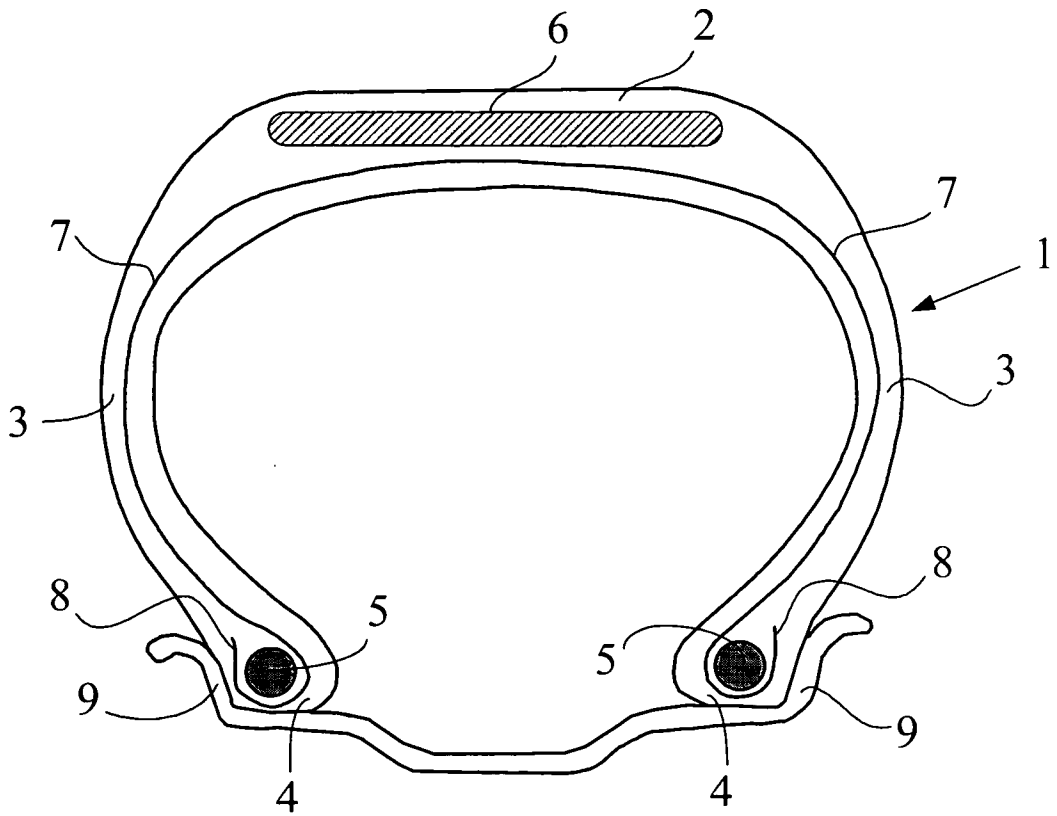




**Fig. 3**



**Fig. 4**



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2009/008007

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. D07B1/06                      D07B1/16

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 practical, search terms used)  
EPO-Internal

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/071157 A (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; BARGUET HENRI [FR]; D) 4 August 2005 (2005-08-04) cited in the application page 12, line 19 - line 21 -----	1-23
Y	WO 99/31313 A (BEKAERT SA NV [BE]; LIPPENS YVAN [BE]; MEERSSCHAUT DIRK [BE]; POETHKE) 24 June 1999 (1999-06-24) page 8, line 16 - line 30; figure 5 page 9, line 6 page 7, line 23 - page 8, line 2 page 4, line 30 - page 5, line 2 page 3, line 16 - line 18 ----- -/--	1-23

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

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  <b>1 March 2010</b>	Date of mailing of the international search report  <b>09/03/2010</b>
--	---

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  <b>Uhlig, Robert</b>
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2009/008007

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/060631 A1 (CORDONNIER FRANCOIS-JACQUES [FR] ET AL) 1 April 2004 (2004-04-01) paragraphs [0050], [0052] -----	1-23
A	JP 2007 303043 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 22 November 2007 (2007-11-22) the whole document -----	1
A	JP 2007 303044 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 22 November 2007 (2007-11-22) the whole document -----	1
A	GB 1 100 686 A (NAT STANDARD COMPANY LTD) 24 January 1968 (1968-01-24) page 2, lines 15-24; claims 1,5 page 3, line 56 - line 91; figure 4 -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/008007

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2005071157 A	04-08-2005	AT 373738 T BR PI0418080 A CA 2548969 A1 CN 1898435 A DE 602004009102 T2 EP 1699973 A1 ES 2294566 T3 FR 2864556 A1 JP 2007517142 T KR 20060131792 A RU 2358052 C2 US 2006237110 A1	15-10-2007 17-04-2007 04-08-2005 17-01-2007 19-06-2008 13-09-2006 01-04-2008 01-07-2005 28-06-2007 20-12-2006 10-06-2009 26-10-2006
WO 9931313 A	24-06-1999	AU 2271199 A BR 9813620 A CN 1282390 A DE 69812704 D1 DE 69812704 T2 JP 2002508457 T	05-07-1999 10-10-2000 31-01-2001 30-04-2003 15-01-2004 19-03-2002
US 2004060631 A1	01-04-2004	WO 02053828 A1 EP 1349984 A1 JP 2004523406 T	11-07-2002 08-10-2003 05-08-2004
JP 2007303043 A	22-11-2007	NONE	
JP 2007303044 A	22-11-2007	NONE	
GB 1100686 A	24-01-1968	BE 655107 A DE 1729727 A1 LU 47253 A NL 6412585 A	15-02-1965 15-07-1971 30-12-1964 03-05-1965

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°  
PCT/EP2009/008007

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. D07B1/06                      D07B1/16		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2005/071157 A (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; BARGUET HENRI [FR]; D) 4 août 2005 (2005-08-04) cité dans la demande page 12, ligne 19 - ligne 21	1-23
Y	WO 99/31313 A (BEKAERT SA NV [BE]; LIPPENS YVAN [BE]; MEERSSCHAUT DIRK [BE]; POETHKE) 24 juin 1999 (1999-06-24) page 8, ligne 16 - ligne 30; figure 5 page 9, ligne 6 page 7, ligne 23 - page 8, ligne 2 page 4, ligne 30 - page 5, ligne 2 page 3, ligne 16 - ligne 18	1-23
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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	
1 mars 2010	09/03/2010	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé	
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Uhlig, Robert	

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande internationale n°

PCT/EP2009/008007

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2004/060631 A1 (CORDONNIER FRANCOIS-JACQUES [FR] ET AL) 1 avril 2004 (2004-04-01) alinéas [0050], [0052] -----	1-23
A	JP 2007 303043 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 22 novembre 2007 (2007-11-22) le document en entier -----	1
A	JP 2007 303044 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 22 novembre 2007 (2007-11-22) le document en entier -----	1
A	GB 1 100 686 A (NAT STANDARD COMPANY LTD) 24 janvier 1968 (1968-01-24) page 2, ligne 15-24; revendications 1,5 page 3, ligne 56 - ligne 91; figure 4 -----	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2009/008007

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2005071157 A	04-08-2005	AT 373738 T	15-10-2007
		BR PI0418080 A	17-04-2007
		CA 2548969 A1	04-08-2005
		CN 1898435 A	17-01-2007
		DE 602004009102 T2	19-06-2008
		EP 1699973 A1	13-09-2006
		ES 2294566 T3	01-04-2008
		FR 2864556 A1	01-07-2005
		JP 2007517142 T	28-06-2007
		KR 20060131792 A	20-12-2006
		RU 2358052 C2	10-06-2009
		US 2006237110 A1	26-10-2006
		WO 9931313 A	24-06-1999
BR 9813620 A	10-10-2000		
CN 1282390 A	31-01-2001		
DE 69812704 D1	30-04-2003		
DE 69812704 T2	15-01-2004		
JP 2002508457 T	19-03-2002		
US 2004060631 A1	01-04-2004		
		EP 1349984 A1	08-10-2003
		JP 2004523406 T	05-08-2004
JP 2007303043 A	22-11-2007	AUCUN	
JP 2007303044 A	22-11-2007	AUCUN	
GB 1100686 A	24-01-1968	BE 655107 A	15-02-1965
		DE 1729727 A1	15-07-1971
		LU 47253 A	30-12-1964
		NL 6412585 A	03-05-1965