



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.04.2020 Bulletin 2020/14

(51) Int Cl.:
H01B 1/04 (2006.01) **H01B 7/00 (2006.01)**
H01B 7/18 (2006.01) **H01B 5/08 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **19199938.2**

(22) Date de dépôt: **26.09.2019**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **COMBESSIS, Anthony**
13006 Marseille (FR)
• **MASQUELIER, Nicolas**
Montréal, H2H 1M2 (CA)
• **KAYOUN, Pierre**
92100 Boulogne-Billancourt (FR)

(30) Priorité: **27.09.2018 FR 1858909**

(74) Mandataire: **De Lamo Marin, Sandra et al**
Ipsilon
Le Centralis
63, avenue du Général Leclerc
92340 Bourg-la-Reine (FR)

(71) Demandeur: **Nexans**
92400 Courbevoie (FR)

(54) **ÂME CONDUCTRICE MULTIBRIN CARBONÉE-MÉTALLIQUE POUR CÂBLE ELECTRIQUE**

(57) L'invention concerne un câble électrique comprenant une âme conductrice multibrin et une couche électrique isolante entourant ladite âme conductrice multibrin, ladite âme conductrice multibrin comprenant au moins un brin métallique, et au moins un brin carboné

non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, son procédé de fabrication, et l'utilisation de ladite âme conductrice multibrin dans divers types de câbles

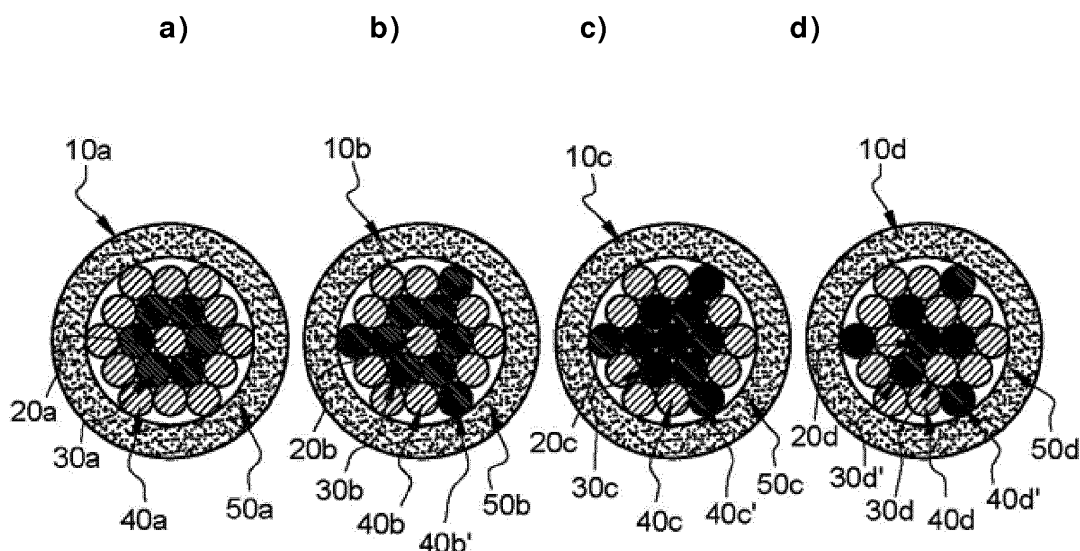


FIG. 2

Description

[0001] L'invention concerne un câble électrique comprenant une âme conductrice multibrin et une couche électrique isolante entourant ladite âme conductrice multibrin, ladite âme conductrice multibrin comprenant au moins un brin métallique, et au moins un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, son procédé de fabrication, et l'utilisation de ladite âme conductrice multibrin dans divers types de câbles.

[0002] L'invention s'applique typiquement, mais non exclusivement, au domaine des câbles d'énergie basse tension (inférieure à 6 kV) et/ou moyenne tension (notamment de 6 à 45-60 kV), qu'ils soient à courant continu ou alternatif. L'invention s'applique également aux câbles utilisés dans le domaine du transport, tel que par exemple de l'automobile, du ferroviaire, de l'aéronautique ou de la navigation ; ou dans le domaine de l'automatisation ou des servo-moteurs (câbles d'automatisation industrielle tels que des câbles capteurs sur des chaînes de production, des câbles de bras robotisés, etc...) ; des câbles de contrôle électrique, ou des câbles chauffants.

[0003] En particulier, l'invention concerne un câble présentant un bon compromis en termes de flexibilité, de tenue mécanique, et de conductivité électrique.

[0004] Un câble électrique comprend généralement une âme conductrice dont le rôle consiste à conduire le courant électrique, et une ou plusieurs couches de matériaux isolants et/ou protecteurs entourant ladite âme conductrice. Selon le type de câble envisagé, l'âme conductrice peut être rigide ou souple.

[0005] Des câbles de transport ou pour l'automatisation industrielle comprennent classiquement une âme conductrice souple contenant une pluralité de brins métalliques en cuivre ou en cuivre étamé, généralement torsadés pour former un toron, et une gaine isolante entourant ladite âme conductrice souple, de façon à augmenter la flexibilité desdits câbles. En effet, l'utilisation d'une âme conductrice souple permet d'obtenir un câble suffisamment flexible pour pouvoir être facilement installé dans des lieux étroits et/ou des espaces d'angle, ce qui est particulièrement avantageux pour les câbles de transport. Par ailleurs, elle permet de mieux résister à des sollicitations mécaniques (e.g. sollicitations en flexion ou en fatigue) qui sont notamment particulièrement nombreuses dans les câbles pour l'automatisation industrielle. Toutefois, une telle âme conductrice présente un coût de production élevé, elle est sujette à des problèmes de corrosion induits par le contact entre les différents brins métalliques, affectant ainsi sa durée de vie, et elle n'a pas un poids optimisé dans un contexte où l'on recherche toujours des matériaux plus légers.

[0006] De EP1926108B1 est connu un câble de contrôle électrique comprenant une pluralité de brins s'étendant dans la direction longitudinale du câble, lesdits brins étant torsadés pour former un toron, certains seulement des brins du toron étant en matériau électriquement conducteur tel que du cuivre ou de l'aluminium plaqué cuivre, le reste des brins étant en un matériau non conducteur tel qu'un matériau polymère choisi parmi un polyamide, un polyester haute ténacité, et un polyétherimide. Toutefois, la conductivité électrique d'un tel câble n'est pas suffisante. Il est également connu que les conducteurs comprenant des brins d'aluminium et des brins de cuivre sont particulièrement sensibles à la corrosion galvanique en présence de solutés.

[0007] Le but de la présente invention est donc de fournir un câble électrique présentant une conductivité électrique améliorée, tout en garantissant une réduction de poids, une corrosion galvanique réduite de façon significative, voire évitée, une bonne tenue mécanique, et une bonne flexibilité.

[0008] L'invention a pour premier objet un câble électrique comprenant une âme conductrice multibrin, et une couche polymère entourant ladite âme conductrice multibrin, ladite âme conductrice multibrin comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, au moins une première couche de brins électriquement conducteurs entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et au moins une deuxième couche de brins électriquement conducteurs entourant ladite première couche, caractérisé en ce que ladite âme conductrice multibrin comprend :

* au moins un brin métallique, et

* au moins un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS environ en courant continu.

[0009] En effet, la combinaison d'au moins un brin métallique et d'au moins un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS environ, au sein de l'âme conductrice multibrin, permet d'obtenir un câble ayant une conductivité électrique améliorée, tout en garantissant une réduction de poids, une corrosion galvanique réduite, voire évitée, une bonne tenue mécanique et une bonne flexibilité, notamment permettant son utilisation en tant que câble de transport, de contrôle électrique ou pour l'automatisation industrielle. Par ailleurs, la présence de plusieurs couches de brins électriquement conducteurs permet d'obtenir une âme conductrice multibrin de section transversale appropriée pour les utilisations précitées, tout en garantissant une bonne flexibilité.

Brin(s) carboné(s)

[0010] L'expression « brin carboné » signifie que le brin comprend du carbone, de préférence au moins 80% en poids environ d'élément carbone, de façon particulièrement préférée de 85 à 99,5% en poids environ d'élément carbone, et de façon plus particulièrement préférée de 90% à 99% en poids environ d'élément carbone, par rapport au poids total dudit brin.

[0011] Le brin carboné peut comprendre des fibres de carbone, des nanofibres de carbone, des nanotubes de carbone et/ou de graphène, ou un de leurs mélanges.

[0012] Le brin carboné comprend de préférence des fibres de carbone, notamment continues. Cela permet ainsi d'optimiser la conductivité électrique du câble électrique. Grâce à l'ensemble des fibres de carbone, on obtient un brin carboné dans lequel l'orientation des fibres de carbone favorise la conduction électrique. En particulier, une bonne conductivité électrique et de bonnes propriétés mécaniques sont maintenues sur toute la longueur du brin, et ainsi du câble électrique.

[0013] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le brin carboné est constitué de fibres de carbone.

[0014] Une fibre de carbone est composée majoritairement d'atomes de carbone cristallins alignés plus ou moins parallèlement à l'axe de la fibre de carbone. Une fibre de carbone comprend généralement de 85 à 99,5% en poids environ d'élément carbone, et de préférence de 90% à 99% en poids environ d'élément carbone, par rapport au poids total de ladite fibre de carbone. La teneur en élément carbone de la fibre de carbone dépend essentiellement des étapes du procédé de fabrication de ladite fibre.

[0015] Le brin carboné peut comprendre plusieurs milliers de fibres de carbone, notamment de 1000 à 96000 fibres de carbone environ, et de préférence de 3000 à 24000 fibres de carbone environ.

[0016] Le brin carboné peut être sous la forme d'une mèche de fibres de carbone. En effet, plusieurs fibres de carbone peuvent être organisées en fils de carbone communément dénommés « mèches ». À titre d'exemples de fils ou mèches de fibres de carbone, on peut citer un fil de 12000 fibres de carbone, appelé « 12K ».

[0017] Les fibres de carbone peuvent être organisées de façon parallèle les unes aux autres.

[0018] Les fibres de carbone peuvent être câblées, torsadées ou tressées. L'utilisation de fibres torsadées facilite leur manipulation, et améliore leur tenue mécanique. L'utilisation de fibres tressées permet un meilleur pouvoir couvrant, et une résistance mécanique accrue dans plusieurs directions. Les fibres torsadées sont préférées.

[0019] Les fibres de carbone peuvent avoir une longueur allant de 100 m à 200 km environ, de préférence allant de 100 m à 10 km environ, et plus préférentiellement allant de 100 m à 3 km environ.

[0020] Les fibres de carbone peuvent avoir un diamètre allant de 0,5 μm à 100 μm , de préférence allant de 1 μm à 50 μm environ, et plus préférentiellement allant de 2 μm à 10 μm environ.

[0021] Le brin carboné peut avoir une section allant de 10 μm^2 à 10 mm^2 , de préférence allant de 0,1 mm^2 à 5 mm^2 environ, et plus préférentiellement allant de 0,2 mm^2 à 3 mm^2 environ.

[0022] Les fibres de carbone d'un brin carboné peuvent comprendre des fibres de carbone métallisées et/ou nues.

[0023] Une fibre de carbone métallisée est une fibre de carbone entourée par une ou plusieurs couche(s) métallique(s). Des fibres de carbone métallisées sont des fibres de carbone entourées (individuellement) par une ou plusieurs couche(s) métallique(s), i.e. chacune des fibres de carbone métallisées est entourée par une ou plusieurs couche(s) métallique(s).

[0024] À titre d'exemple, certaines des fibres de carbone ou la totalité des fibres de carbone contenues dans le brin carboné, sont métallisées. La présence de fibres métallisées peut permettre d'augmenter la conductivité électrique du brin carboné.

[0025] La ou les couche(s) métallique(s) des fibres de carbone métallisées peu(ven)t comprendre au moins un métal choisi parmi le cuivre, le nickel, le zinc, l'étain, l'argent, l'aluminium, et un de leurs alliages.

[0026] Par « alliage », on entend la combinaison ou mélange d'au moins deux métaux, notamment choisis parmi ceux listés ci-dessus.

[0027] De préférence, la couche métallique est de même nature que le(s) brin(s) métallique(s), notamment afin de limiter le risque de corrosion galvanique.

[0028] La couche métallique peut être directement en contact physique avec la fibre de carbone de la fibre de carbone métallisée.

[0029] La couche métallique peut être liée par interactions physiques et/ou chimiques, de préférence par liaison covalente, à la fibre de carbone pour permettre une bonne adhésion de la couche métallique à la fibre de carbone.

[0030] Une couche intermédiaire dite « d'adhésion » peut être placée entre la fibre de carbone et la couche métallique de la fibre de carbone métallisée, notamment afin d'améliorer l'adhésion de la couche métallique autour de la fibre de carbone. La couche intermédiaire peut être une couche métallique, pouvant comprendre un ou plusieurs métaux choisis parmi l'étain, le nickel, le cuivre, l'aluminium, l'argent, et un de leurs mélanges.

[0031] Dans l'invention, la couche métallique peut avoir une épaisseur moyenne d'au moins 100 nm environ, et de préférence d'au moins 500 nm environ. La couche métallique peut avoir une épaisseur moyenne d'au plus 5 μm , et de préférence d'au plus 1 μm environ. Ces valeurs d'épaisseur données pour la couche métallique ne sont pas comprises

dans les valeurs de diamètre des fibres de carbone indiquées dans l'invention.

[0032] De préférence, la couche métallique peut avoir une épaisseur constante sur toute la longueur de la fibre de carbone. Une épaisseur constante signifie que l'épaisseur de la couche métallique peut varier de $\pm 30\%$ environ par rapport à l'épaisseur moyenne de la couche métallique, de préférence de $\pm 20\%$ par rapport à l'épaisseur moyenne de la couche métallique, et plus préférentiellement de $\pm 10\%$ par rapport à l'épaisseur moyenne de la couche métallique.

[0033] Dans l'invention, l'épaisseur de la couche métallique peut être adaptée selon la nature du métal ou des métaux qu'elle comprend et selon la conductivité souhaitée. En particulier, une couche métallique comprenant un métal ayant une conductivité faible peut être plus épaisse qu'une couche métallique comprenant un métal ayant une conductivité plus élevée.

[0034] La métallisation de la fibre de carbone peut être réalisée par un procédé choisi parmi l'électrodéposition, l'électroplacage (connu sous l'anglicisme « *electroplating* »), l'électroplacage sans courant électrique (connu sous l'anglicisme « *electroless plating* »), l'évaporation thermique sous vide (« *heated evaporation* »), l'évaporation par faisceau d'électrons (« *electron beam evaporation* »), la pulvérisation cathodique (« *sputtering* »), la déposition assistée par faisceau ionique (« *ion assisted deposition* »). Selon un mode de réalisation préféré, la métallisation de la ou des fibre(s) de carbone est réalisée par électrodéposition.

[0035] Le brin carboné a de préférence un diamètre allant de 0,01 à 3 mm environ, et de préférence encore allant de 0,1 à 1,5 mm environ.

[0036] Le brin carboné a de préférence une section circulaire ou sensiblement circulaire (e.g. ovale).

[0037] Dans l'invention, la conductivité électrique d'un matériau, exprimée en % IACS (IACS correspondant à l'anglicisme « *International Annealed Copper Standard* »), est déterminée par rapport à la conductivité électrique à 20°C du cuivre pur recuit qui est de $5,8001 \times 10^7$ S/m. La conductivité électrique (S/m) caractérise l'aptitude d'un matériau à laisser les électrons qu'il contient se déplacer librement sous l'effet d'un champ électrique et donc permettre le passage d'un courant électrique. La conductivité électrique en %IACS est une conductivité déterminée en courant continu.

[0038] Le brin carboné peut avoir une conductivité électrique allant jusqu'à 2% IACS environ, de préférence allant jusqu'à 10% IACS environ, et de préférence allant jusqu'à 15% IACS environ, notamment lorsque les fibres de carbone comprennent des fibres de carbone métallisées.

[0039] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, l'âme conductrice multibrin comprend plusieurs brins carbonés tels que définis dans l'invention.

[0040] Lorsque l'âme conductrice multibrin comprend plusieurs brins carbonés, chacun des brins peut comprendre des fibres de carbone métallisées et/ou nues. Chaque brin carboné peut alors comprendre un nombre différent de fibres de carbone métallisées et/ou nues, un métal différent constitutif de la couche métallique des fibres de carbone métallisées, etc....

Brin carboné avant une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS et/ou non composite

[0041] Le brin carboné a soit une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS environ en courant continu, soit il est un brin non composite, soit il a une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS environ en courant continu et il est un brin non composite.

[0042] Selon une forme de réalisation de l'invention, le brin carboné est non composite, et de préférence le brin carboné est non composite et a une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS en courant continu.

[0043] Dans l'invention, l'expression « non composite » relative au brin carboné signifie que le brin carboné ne comprend pas de polymère organique ou que le brin carboné est exempt de polymère organique. En d'autres termes, un brin carboné non composite est différent d'un brin carboné dans lequel le carbone est mélangé avec (ou imprégné par) au moins un polymère organique. En effet, les brins carbonés composites tels que décrits dans l'art antérieur sont des brins non conducteurs ou des brins présentant une conductivité électrique insuffisante (i.e. conductivité électrique inférieure à 0,1% IACS en courant continu). Par ailleurs, l'imprégnation de brins carbonés dans une matrice polymère organique augmente la rigidité desdits brins carbonés, ce qui limite la flexibilité du câble obtenu.

[0044] Le brin carboné ayant une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS (et éventuellement non composite) a de préférence une conductivité électrique d'au moins 0,6% IACS environ, de préférence d'au moins 0,8% IACS environ, et de façon particulièrement préférée d'au moins 1% IACS environ, en courant continu.

Brins métalliques

[0045] Dans l'invention, l'expression « brin métallique » signifie que le brin comprend de 85 à 100% en poids environ de métal, et de préférence de 90 à 99% en poids de métal, par rapport au poids total du brin métallique.

[0046] Le brin métallique peut comprendre au moins un métal choisi parmi le cuivre, l'aluminium, l'argent, un alliage de cuivre, un alliage d'aluminium, un alliage d'argent, et un de leurs mélanges.

[0047] Le brin métallique a de préférence une conductivité électrique supérieure ou égale à 55% IACS, et de préférence

encore allant de 58 à 110% IACS environ.

[0048] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, l'âme conductrice multibrin comprend plusieurs brins métalliques tels que définis dans l'invention.

[0049] Lorsque l'âme conductrice multibrin comprend plusieurs brins métalliques, chacun des brins peut comprendre un métal ou un mélange de métaux différent.

[0050] Un brin métallique a de préférence un diamètre allant de 50 μm à 3 mm environ, et de préférence encore allant de 200 μm à 1,5 mm environ.

[0051] Le brin métallique peut avoir une section allant de 2 μm^2 à 10 mm^2 , de préférence allant de 0,1 mm^2 à 5 mm^2 environ, et plus préférentiellement allant de 0,2 mm^2 à 3 mm^2 environ.

[0052] Chacun des brin(s) métallique(s) de l'âme conductrice multibrin peut comprendre un ou plusieurs fils métalliques. On parle alors de brin métallique multifilaire. Cela permet ainsi d'assouplir l'âme conductrice multibrin.

[0053] Les brins métalliques sont de préférence de section circulaire ou sensiblement circulaire (e.g. ovale).

Âme conductrice multibrin

[0054] L'âme conductrice multibrin a de préférence une conductivité électrique d'au moins 30% IACS, de façon particulièrement préférée d'au moins 50% IACS, de façon plus particulièrement préférée d'au moins 60% IACS, de façon encore plus particulièrement préférée d'au moins 70% IACS, et plus préférentiellement encore d'au moins 95% IACS.

[0055] Selon l'invention, l'âme conductrice multibrin peut avoir une conductivité électrique d'au plus 104% IACS.

[0056] L'âme conductrice multibrin peut avoir une résistance à la traction d'au moins 200 MPa, de préférence d'au moins 225 MPa, de façon particulièrement préférée d'au moins 250 MPa, et de façon plus particulièrement préférée d'au moins 270 MPa.

[0057] L'âme conductrice multibrin comprend des brins non isolés.

[0058] Dans l'invention, l'expression « brins non isolés » signifie que chacun desdits brins est exempt d'une couche électriquement isolante, notamment d'une couche électriquement isolante à base de polymère(s) et/ou de céramique(s).

[0059] Avantagusement, tous les brins de l'âme conductrice multibrin sont des brins non isolés.

[0060] Un brin de l'âme conductrice multibrin a de préférence au moins une surface de contact physique direct avec un autre brin de l'âme conductrice multibrin qui lui est adjacent.

[0061] L'âme conductrice multibrin comprend de préférence des brins câblés ou torsadés.

[0062] Avantagusement, tous les brins de l'âme conductrice multibrin sont assemblés par des opérations de câblage, notamment pour former un toron ou un tordon. On parle alors de brins câblés ou torsadés.

[0063] L'âme conductrice multibrin est préférentiellement fabriquée selon une configuration torsadée.

[0064] Par ailleurs, les brins torsadés au sein de l'âme conductrice multibrin peuvent être dans une configuration concentrique (« *concentric stranding* »), aléatoire (« *bunched stranding* »), ou cordée (« *rope stranding* »).

[0065] Plusieurs types de constructions ou configurations concentriques sont appropriées telles que la configuration concentrique véritable (connue sous l'anglicisme « *true concentric stranding* »), la configuration concentrique de pas constant (connue sous l'anglicisme « *equilay concentric stranding* »), la configuration concentrique unidirectionnelle (connue sous l'anglicisme « *unidirectional concentric stranding* »), et la configuration concentrique unidirectionnelle et de pas constant (connue sous l'anglicisme « *unilay concentric stranding* »).

[0066] Dans la configuration concentrique véritable, l'élément électriquement conducteur allongé central est entouré par au moins lesdites première et deuxième couches de brins électriquement conducteurs posés de manière hélicoïdale selon un arrangement géométrique, avec un sens de pas alterné et une longueur de pas croissante.

[0067] Dans la configuration concentrique de pas constant, l'élément électriquement conducteur allongé central est entouré par au moins lesdites première et deuxième couches de brins électriquement conducteurs posés de manière hélicoïdale selon un arrangement géométrique, avec une direction de pas alternée et une longueur de pas constante.

[0068] Dans la configuration concentrique unidirectionnelle, l'élément électriquement conducteur allongé central est entouré par au moins lesdites première et deuxième couches de brins électriquement conducteurs posés de manière hélicoïdale selon un arrangement géométrique, avec la même direction de pas et une longueur de pas croissante.

[0069] Dans la configuration concentrique unidirectionnelle et de pas constant, l'élément électriquement conducteur allongé central est entouré par au moins lesdites première et deuxième couches de brins électriquement conducteurs posés de manière hélicoïdale selon un arrangement géométrique, avec la même direction de pas et la même longueur de pas.

[0070] Dans la configuration aléatoire, l'élément électriquement conducteur allongé et les brins électriquement conducteurs sont disposés de manière plus aléatoire. Tordus en une seule opération, tous les brins ont la même direction de pas et la même longueur de pas.

[0071] Dans la configuration cordée, des torons simples sont formés par un assemblage de brins en une configuration concentrique ou aléatoire. L'âme est formée par un assemblage des torons en une configuration finale concentrique ou aléatoire.

[0072] L'âme conductrice multibrin a préférentiellement la forme d'un toron de tordons, notamment comprenant l'élément électriquement conducteur allongé, et les brins électriquement conducteurs des première et deuxième couches. Dans ce mode de réalisation, les brins électriquement conducteurs forment ensemble un toron (structure globale), et chacun des brins électriquement conducteurs est multifilaire et est sous la forme d'un tordon.

[0073] La formation d'un toron est bien connue selon l'anglicisme « stranded wires », et la formation d'un tordon est bien connue selon l'anglicisme « bunched wires ». Le tordonnage permet de torsader ensemble des brins ou fils individuels dans la même direction, lesdits brins ou fils individuels n'ayant pas une organisation spécifique ou un arrangement géométrique particulier les uns par rapport aux autres. Les brins ou fils subissent donc un processus de torsion, lesdits brins étant initialement arrangés en faisceaux. Dans ce mode de réalisation, les propriétés mécaniques sont optimisées, notamment en termes de flexibilité.

[0074] L'âme conductrice multibrin comprend au moins deux couches de brins électriquement conducteurs.

[0075] L'âme conductrice peut comprendre en outre une ou plusieurs couches supplémentaires de brins électriquement conducteurs. Ainsi, les brins électriquement conducteurs (brins métalliques et brins carbonés) sont répartis dans les première et deuxième couches, et dans la ou les couches supplémentaires de brins électriquement conducteurs.

[0076] L'âme conductrice peut comprendre de 4 à 50 brins électriquement conducteurs, et de préférence de 10 à 40 brins électriquement conducteurs.

[0077] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, l'âme conductrice multibrin comprend uniquement des brins métalliques tels que définis dans l'invention, et des brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS tels que définis dans l'invention.

[0078] Les brins constitutifs de la première couche (respectivement de la deuxième couche) sont de préférence de forme telle que ladite première couche (respectivement ladite deuxième couche) a une surface irrégulière. En d'autres termes, les brins constitutifs de la première couche (respectivement de la deuxième couche) ne s'emboîtent pas pour former une enveloppe continue, ou chacun des brins constitutifs de la première couche (respectivement de la deuxième couche) ne présente pas une section transversale de forme complémentaire à celle des brins constitutifs de la première couche (respectivement de la deuxième couche) qui lui sont adjacents.

[0079] Ainsi, l'âme conductrice multibrin comprend avantageusement des interstices entre les brins.

[0080] L'élément électriquement conducteur allongé de l'âme conductrice multibrin peut être positionné au centre du câble (i.e. position centrale).

[0081] L'élément électriquement conducteur allongé de l'âme conductrice multibrin est sous la forme d'un brin électriquement conducteur.

[0082] L'élément électriquement conducteur allongé de l'âme conductrice multibrin peut être un brin métallique tel que défini dans l'invention ou un brin carboné tel que défini dans l'invention, et de préférence un brin métallique.

[0083] L'élément électriquement conducteur allongé de l'âme conductrice est parcouru comme tous les brins de l'âme conductrice multibrin (notamment des première et deuxième couches), par un courant électrique. En d'autres termes, il est différent d'un élément de renforcement mécanique tel que traditionnellement utilisé notamment dans les câbles OHL qui n'est pas parcouru par un courant électrique.

[0084] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, l'âme conductrice multibrin comprend une pluralité de brins métalliques tels que définis dans l'invention, et une pluralité de brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS tels que définis dans l'invention.

[0085] Le nombre de brin(s) métallique(s) au sein de l'âme conductrice multibrin est avantageusement supérieur ou égal au nombre de brin(s) carboné(s). Cela permet de garantir une bonne conductivité électrique de l'âme conductrice multibrin.

[0086] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, au moins l'une des première et deuxième couches comprend x brins métalliques et x' brins carbonés ; et au moins l'autre des première et deuxième couches comprend y brins carbonés et y' brins métalliques, de sorte que :

$$* x \geq x', \text{ et de préférence } x > x',$$

$$* y \geq y', \text{ et de préférence } y > y', \text{ et}$$

$$* x \geq 1, x' \geq 0, y \geq 1, \text{ et } y' \geq 0,$$

$$* x, x', y \text{ et } y' \text{ étant des nombres entiers.}$$

[0087] Lorsque $x = x'$, les brins métalliques et les brins carbonés sont avantageusement alternées au sein de la couche.

[0088] Lorsque $y = y'$, les brins métalliques et les brins carbonés sont avantageusement alternées au sein de la couche.

[0089] Lorsque $x > x'$ et $x' \neq 0$, les brins carbonés sont uniformément répartis au sein de la couche entre les brins métalliques.

[0090] Lorsque $y > y'$ et $y' \neq 0$, les brins métalliques sont uniformément répartis au sein de la couche entre les brins carbonés.

[0091] Les brins métalliques de l'âme conductrice multibrin ont de préférence une longueur du pas allant de 2 à 32D, et de préférence encore de 8 à 16D, où D correspond au diamètre de la couche.

[0092] Les brins carbonés de l'âme conductrice multibrin ont de préférence une longueur du pas allant de 2 à 32D, et de préférence encore de 8 à 16D, où D correspond au diamètre de la couche.

[0093] La longueur de pas correspond à la distance requise par un brin pour achever une révolution complète autour du diamètre de l'âme conductrice multibrin.

[0094] Les brins métalliques et carbonés peuvent avoir des sections de taille différente au sein de l'âme conductrice.

Couche polymère

[0095] Dans l'invention, l'âme conductrice multibrin est entourée par au moins une couche polymère. La couche polymère entoure donc les première et deuxième couches de brins électriquement conducteurs. Si d'autre(s) couche(s) de brins électriquement conducteurs sont présentes, la couche polymère entoure la couche la plus externe de brins électriquement conducteurs.

[0096] De préférence, la couche polymère est une couche électriquement isolante. On entend par « couche électriquement isolante » une couche ayant généralement une conductivité électrique d'au plus 1.10^{-8} S/m (siemens par mètre), de préférence d'au plus 1.10^{-9} S/m, et de façon particulièrement préférée d'au plus 1.10^{-10} S/m, mesurée à 25°C en courant continu.

[0097] On entend par couche polymère une couche comprenant au moins un polymère, le terme « polymère » en tant que tel signifiant de façon générale homopolymère ou copolymère (e.g. copolymère séquencé, copolymère statistique, terpolymère, ...etc).

[0098] Dans l'invention, le polymère de la couche polymère est avantageusement un polymère d'oléfine (polyoléfine) ou, en d'autres termes, un homo- ou copolymère d'oléfine.

[0099] Le polymère peut être un polymère thermoplastique ou réticulé.

[0100] De préférence, le polymère d'oléfine est un polymère d'éthylène ou de propylène.

[0101] Dans un mode de réalisation particulier, la couche polymère comprend au moins un polymère choisi parmi un polyéthylène linéaire basse densité (LLDPE), un polyéthylène très basse densité (VLDPE), un polyéthylène basse densité (LDPE), un polyéthylène moyenne densité (MDPE), un polyéthylène haute densité (HDPE), un copolymère d'éthylène et d'acétate de vinyle (EVA), un copolymère d'éthylène et d'acrylate de butyle (EBA), d'acrylate de méthyle (EMA), de 2-hexyléthyl acrylate (2HEA), un copolymère d'éthylène et d'alpha-oléfine, un copolymère d'éthylène et de propylène (EPR), un polyuréthane, un polymère fluoré, un polymère chloré tel qu'un polychlorure de vinyle (PVC), un polyoxyde de phénylène (PPO), un polymère technique, et un leurs mélanges.

[0102] Comme exemple de copolymère d'éthylène et d'alpha-oléfine, on peut citer par exemple les poly(éthylène-octène) (PEO).

[0103] Comme exemple de copolymères d'éthylène et de propylène (EPR), on peut citer les terpolymères d'éthylène propylène diène (EPDM).

[0104] On entend par « polymère technique » un polymère ayant des propriétés améliorées, notamment choisi parmi un polyphényléthylène éther, un polyamide, un polyétheréthercétone (PEEK), un polyimide, un copolymère d'éthylène fluoré (FEP), un polyéthylène furanoate (PEF), et un de leurs mélanges.

[0105] La couche polymère peut comprendre en outre au moins un additif choisi parmi les antioxydants, les stabilisants, les agents de réticulation, les retardateurs de grillage, des co-agents de réticulation, des agents favorisant la mise en œuvre tels que des lubrifiants ou des cires, des agents compatibilisants, des agents de couplage, des stabilisants des charges, et un de leurs mélanges.

[0106] De préférence, la couche polymère est une couche dite « HFFR » pour l'anglicisme « *Halogen-Free Flame Retardant* » selon la norme IEC 60754 Parties 1 et 2 (2011).

[0107] La couche polymère peut comprendre en outre au moins une charge. La charge de l'invention peut être une charge minérale ou organique. Elle peut être choisie parmi une charge ignifugeante, une charge inerte et un de leurs mélanges.

[0108] A titre d'exemple, la charge ignifugeante est une charge hydratée, choisie notamment parmi les hydroxydes métalliques tels que par exemple le dihydroxyde de magnésium (MDH) ou le trihydroxyde d'aluminium (ATH). Ces charges ignifugeantes agissent principalement par voie physique en se décomposant de manière endothermique (e.g. libération d'eau), ce qui a pour conséquence d'abaisser la température de la couche polymère et de limiter la propagation des flammes le long du câble. On parle notamment de propriétés de retard à la flamme, bien connues sous l'anglicisme « *flame retardant* ».

[0109] La charge inerte peut être, quant à elle, de la craie, du talc, ou de l'argile (e.g. le kaolin).

[0110] La couche polymère peut être extrudée.

[0111] La couche polymère peut être réticulée ou non réticulée. La réticulation peut s'effectuer par les techniques classiques de réticulation bien connues de l'homme du métier telles que par exemple la réticulation peroxyde et/ou l'hydrosilylation sous l'action de la chaleur ; la réticulation silane en présence d'un agent de réticulation ; la réticulation par faisceaux d'électron, rayons gamma, rayons X, ou microondes ; la réticulation par voie photochimique telle que l'irradiation sous rayonnement bêta, ou l'irradiation sous rayonnement ultraviolet en présence d'un photo-amorceur. La réticulation est de préférence effectuée selon la technique de réticulation silane.

[0112] La couche polymère peut avoir une épaisseur allant de 10 μm à 2 mm, de préférence de 100 μm à 1 mm, et plus préférentiellement de 100 μm à 700 μm .

[0113] La couche polymère entoure l'âme conductrice multibrin.

[0114] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la couche polymère est en contact physique direct avec la deuxième couche de l'âme conductrice multibrin, et lorsque l'âme conductrice multibrin comprend une ou plusieurs couches de brins électriquement conducteurs, la couche polymère est avantageusement en contact physique direct avec la couche la plus externe de brins électriquement conducteurs de l'âme conductrice multibrin.

Câble électrique

[0115] Le câble électrique peut être un câble de type câble d'énergie, en particulier basse tension ou moyenne tension, et de préférence basse tension.

[0116] Le câble électrique de l'invention peut comprendre en outre une armure mécanique, préférentiellement sous la forme d'un feuillet ou d'un ruban en aluminium ou acier, ou sous la forme d'une tresse métallique ou carbonée.

[0117] L'armure mécanique entoure de préférence la couche polymère.

Procédé

[0118] L'invention a pour deuxième objet un procédé de fabrication d'un câble électrique conforme au premier objet de l'invention, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

i) fabriquer au moins un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS,

ii) fabriquer au moins un brin métallique,

iii) assembler plusieurs brins obtenus selon les étapes i) et ii), afin de former la première couche, et la deuxième couche, autour de l'élément électriquement conducteur allongé, pour obtenir l'âme conductrice multibrin, et

iv) extruder la couche polymère autour de l'âme conductrice multibrin formée à l'étape iii).

[0119] L'étape iii) est avantageusement effectuée par toronnage ou tordonnage, et de préférence par toronnage.

[0120] L'étape i) [respectivement l'étape ii)] est avantageusement effectuée par toronnage ou tordonnage, et de préférence par tordonnage.

[0121] Le brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, le brin métallique, l'élément électriquement conducteur allongé, l'âme conductrice multibrin, et la couche polymère sont tels que définis dans le premier objet de l'invention.

Utilisations

[0122] L'invention a pour troisième objet l'utilisation d'une âme conductrice multibrin telle que définie dans le premier objet de l'invention, dans un câble d'énergie basse tension ou moyenne tension, notamment dans le domaine du transport, de l'automatisation industrielle, des câbles de contrôle électrique, ou des câbles chauffants.

[0123] Plus particulièrement, l'âme conductrice multibrin comprend au moins un élément électriquement conducteur allongé, au moins une première couche de brins électriquement conducteurs entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et au moins une deuxième couche de brins électriquement conducteurs entourant ladite première couche, caractérisée en ce qu'elle comprend :

* au moins un brin métallique, et

* au moins un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS environ en courant continu.

[0124] Le brin métallique, le brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité électrique d'au moins 0,1%

IACS environ en courant continu, et l'élément électriquement conducteur allongé sont de préférence tels que définis dans le premier objet de l'invention.

[0125] En particulier, l'âme conductrice multibrin peut être utilisée dans des câbles chauffants, notamment pour sièges chauffants, dégivrage des routes ou chauffage du sol des habitations, dans des câbles pour bras de machine articulés ou d'autres solutions robotiques.

[0126] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description d'exemples non limitatifs de câbles électriques selon l'invention, faits en référence à la figure 1 et la figure 2.

[0127] La figure 1 représente une vue en coupe transversale d'un câble selon l'état de la technique antérieure et de trois câbles selon trois modes de réalisation de l'invention.

[0128] La figure 2 représente une vue en coupe transversale de quatre câbles selon quatre autres modes de réalisation de l'invention.

[0129] Pour des raisons de clarté, seuls les éléments essentiels pour la compréhension de l'invention ont été représentés de manière schématique, et ceci sans respect de l'échelle.

[0130] La figure 1 représente une vue en coupe transversale d'un câble 1 selon l'art antérieur (figure 1a), et selon trois modes de réalisation distincts de l'invention (figures 1b, 1c, et 1d).

[0131] Sur la figure 1a, le câble électrique 1a comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 2a sous la forme d'un brin métallique, une première couche comprenant six brins métalliques 3a entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 2a, et une deuxième couche comprenant douze brins métalliques 4a entourant ladite première couche. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 5a.

[0132] Sur la figure 1b, le câble électrique 1b comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 2b sous la forme d'un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, une première couche comprenant six brins métalliques 3b entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 2b, et une deuxième couche comprenant douze brins métalliques 4b entourant ladite première couche. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 5b.

[0133] Sur la figure 1c, le câble électrique 1c comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 2c sous la forme d'un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, une première couche comprenant six brins métalliques 3c entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 2c, et une deuxième couche comprenant six brins métalliques 4c et six brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 4c' entourant ladite première couche, lesdits brins 4c et 4c' étant en configuration alternée. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 5c.

[0134] Sur la figure 1d, le câble électrique 1d comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 2d sous la forme d'un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, une première couche comprenant six brins métalliques 3d entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 2d, et une deuxième couche comprenant douze brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 4d entourant ladite première couche. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 5d.

[0135] La figure 2 représente une vue en coupe transversale d'un câble 10 selon quatre modes de réalisation distincts de l'invention (figures 2a, 2b, 2c, et 2d).

[0136] Sur la figure 2a, le câble électrique 10a comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 20a sous la forme d'un brin métallique, une première couche comprenant six brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 30a entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 20a, et une deuxième couche comprenant douze brins métalliques 40a entourant ladite première couche. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 50a.

[0137] Sur la figure 2b, le câble électrique 10b comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 20b sous la forme d'un brin métallique, une première couche comprenant six brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 30b entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 20b, et une deuxième couche comprenant neuf brins métalliques 40b et trois brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 40b' entourant ladite première couche, chacun des brins carbonés 40b' étant alterné avec trois brins métalliques 40b. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 50b.

[0138] Sur la figure 2c, le câble électrique 10c comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 20c sous la forme d'un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, une première couche comprenant six brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 30c entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 20c, et une deuxième couche comprenant neuf brins métalliques 40c et trois brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 40c' entourant ladite première couche, chacun des brins carbonés 40c' étant alterné avec trois brins métalliques 40c. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 50c.

[0139] Sur la figure 2d, le câble électrique 10d comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 20d sous la forme d'un brin carboné non composite et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS, une première couche comprenant trois brins métalliques 30d et trois brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 30d' entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 20d, lesdits brins 30d et 30d' étant en configuration alternée, et une deuxième couche comprenant neuf brins métalliques 40d et trois brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 40d' entourant ladite première couche, chacun des brins carbonés 40d' étant alterné avec trois brins métalliques 40d. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 50d.

Exemples

[0140] Afin de montrer les effets techniques de la présente invention, des essais ont été réalisés.

Formation de l'âme conductrice

[0141] L'exemple consiste à préparer une âme conductrice multibrin **A1** comprenant :

- un élément électriquement conducteur allongé central en cuivre de 0,408 mm de diamètre,
- une première couche de brins électriquement conducteurs entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et constituée de 3 brins métalliques en cuivre de 0,408 mm de diamètre, et 3 brins en fibres de carbone de 0,38 mm de diamètre (fibres 3K non métallisées) ; et
- une deuxième couche de brins électriquement conducteurs entourant ladite première couche et constituée de 9 brins métalliques en cuivre de 0,408 mm de diamètre, et 3 brins en fibres de carbone de 0,38 mm de diamètre (fibres 3K non métallisées),

lesdits brins étant répartis selon la configuration telle que décrite dans la figure 3 et explicitée ci-dessous.

[0142] Sur la figure 3, le câble électrique 100 comprend une âme conductrice multibrin comprenant un élément électriquement conducteur allongé central 200 sous la forme d'un brin métallique, une première couche comprenant trois brins métalliques 300 et trois brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 300' entourant ledit élément électriquement conducteur allongé central 200, lesdits brins 300 et 300' étant en configuration alternée, et une deuxième couche comprenant neuf brins métalliques 400 et trois brins carbonés non composites et/ou ayant une conductivité d'au moins 0,1% IACS 400' entourant ladite première couche, chacun des brins carbonés 400' étant alterné avec trois brins métalliques 400. L'âme conductrice multibrin est entourée par une couche polymère 500.

[0143] L'âme conductrice multibrin **A1** conforme à l'invention a été comparée avec une âme conductrice **A0** dans laquelle tous les brins (19 brins : 1 + 6 + 12) sont des brins métalliques en cuivre de 0,408 mm de diamètre, **A0** ne faisant pas partie de l'invention.

[0144] Le tableau ci-dessous montre les performances mécaniques et électriques des deux âmes conductrices multibrin **A0** et **A1**.

TABEAU

Âme conductrice	Résistivité ($\Omega \cdot m$)	Conductivité (% IACS)	Résistance à la traction (MPa)	Masse linéique (Kg/m)
A0	$1,702 \times 10^{-8}$	101,3%	235	0,0191
A1	$2,462 \times 10^{-8}$	70,0%	277	0,0163

[0145] L'âme conductrice multibrin de l'invention présente de meilleures propriétés mécaniques qu'une âme en cuivre pure, tout en garantissant une bonne conductivité de 70% IACS et un poids plus faible.

Revendications

1. Câble électrique (1b, 1c, 1d, 10a, 10b, 10c, 10d, 100) comprenant une âme conductrice multibrin, et une couche polymère (5b, 5c, 5d, 50a, 50b, 50c, 50d, 500) entourant ladite âme conductrice multibrin, ladite âme conductrice multibrin comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé (2b, 2c, 2d, 20a, 20b, 20c, 20d, 200),

au moins une première couche de brins électriquement conducteurs (3b, 3c, 3d, 30a, 30b, 30c, 30d, 30d', 300, 300') entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et au moins une deuxième couche de brins électriquement conducteurs (4b, 4c, 4c', 4d, 40a, 40b, 40b', 40c, 40c', 40d, 40d', 400, 400') entourant ladite première couche, **caractérisé en ce que** ladite âme conductrice comprend :

- * au moins un brin métallique (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400), et
- * au moins un brin carboné (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') non composite exempt de polymère organique, ledit brin carboné comprenant des fibres de carbone continues.

2. Câble électrique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les fibres de carbone sont câblées, torsadées ou tressées.

3. Câble électrique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le brin carboné (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') est sous la forme d'une mèche de fibres de carbonées.

4. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fibres de carbone comprennent des fibres de carbone métallisées et/ou nues.

5. Câble électrique selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les fibres de carbone sont métallisées et sont des fibres de carbone entourées par une ou plusieurs couche(s) métallique(s), la ou les couche(s) métallique(s) des fibres de carbone métallisées comprenant au moins un métal choisi parmi le cuivre, le nickel, le zinc, l'étain, l'argent, l'aluminium, et un de leurs alliages.

6. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le brin carboné (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') a un diamètre allant de 0,01 à 3 mm.

7. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le brin carboné (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') a une conductivité électrique d'au moins 0,1% IACS.

8. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le brin métallique (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400) comprend au moins un métal choisi parmi le cuivre, l'aluminium, l'argent, un alliage de cuivre, un alliage d'aluminium, un alliage d'argent, et un de leurs mélanges.

9. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le brin métallique (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400) a un diamètre allant de 50 µm à 3 mm.

10. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le brin carboné (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') et le brin métallique (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400) ont une section circulaire.

11. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'âme conductrice multibrin comprend des brins non isolés.

12. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'âme conductrice multibrin comprend des brins torsadés.

13. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'âme conductrice multibrin comprend une pluralité de brins métalliques (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400), et une pluralité de brins carbonés (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') non composites exempts de polymère organique et comprenant des fibres de carbone continues.

14. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le nombre de brin(s) métallique(s) (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400) au sein de l'âme conductrice multibrin est supérieur ou égal au nombre de brin(s) carboné(s) (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400').

15. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des

première et deuxième couches comprend x brins métalliques et x' brins carbonés ; et au moins l'autre des première et deuxième couches comprend y brins carbonés et y' brins métalliques, de sorte que :

- * $x \geq x'$,
- * $y \geq y'$,
- * $x \geq 1$, $x' \geq 0$, $y \geq 1$, et $y' \geq 0$, et
- * x, x', y et y' étant des nombres entiers.

16. Procédé de fabrication d'un câble électrique tel que défini à l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- i) fabriquer au moins un brin carboné (2b, 2c, 2d, 4c', 4d, 20c, 20d, 30a, 30b, 30c, 30d', 40b', 40c', 40d', 300', 400') non composite exempt de polymère organique, ledit brin carboné comprenant des fibres de carbone continues,
- ii) fabriquer au moins un brin métallique (3b, 3c, 3d, 4b, 4c, 20a, 20b, 30d, 40a, 40b, 40c, 40d, 200, 300, 400),
- iii) assembler plusieurs brins obtenus selon les étapes i) et ii), afin de former la première couche, et la deuxième couche, autour de l'élément électriquement conducteur allongé (2b, 2c, 2d, 20a, 20b, 20c, 20d, 200), pour obtenir l'âme conductrice multibrin, et
- iv) extruder la couche polymère (5b, 5c, 5d, 50a, 50b, 50c, 50d, 500) autour de l'âme conductrice multibrin formée à l'étape iii).

17. Utilisation d'une âme conductrice multibrin telle que définie à l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans un câble d'énergie basse tension ou moyenne tension.

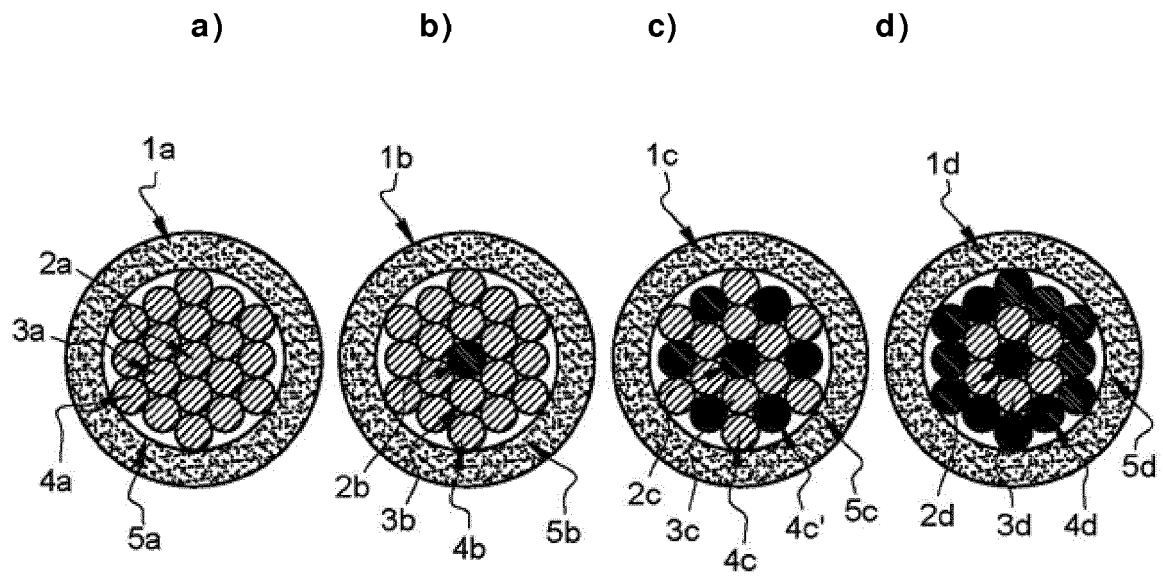


FIG. 1

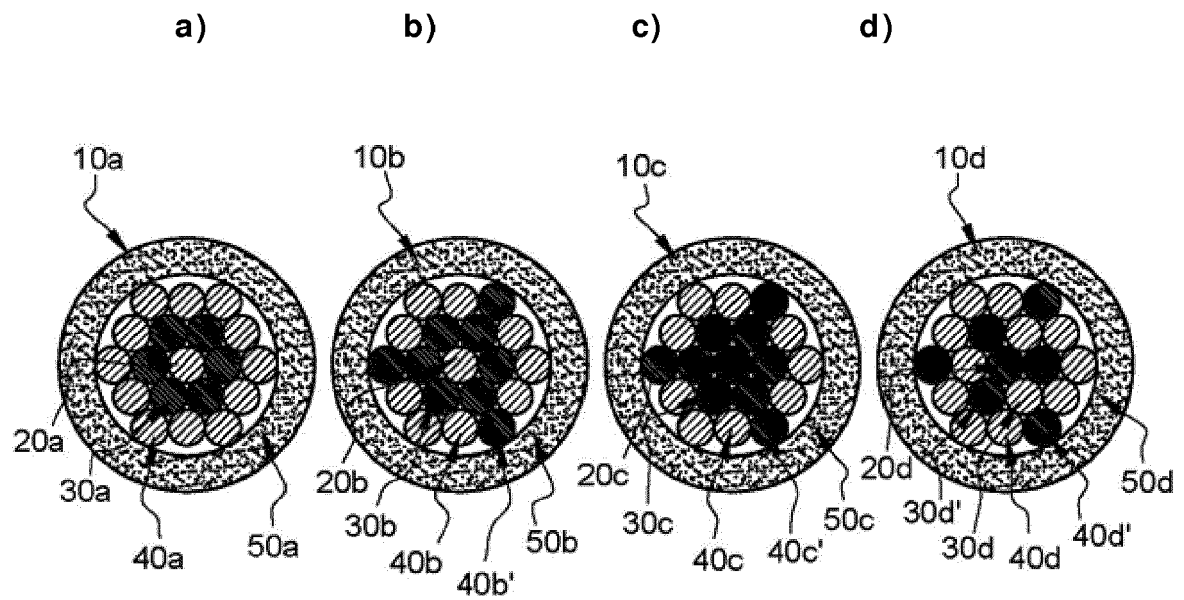


FIG. 2

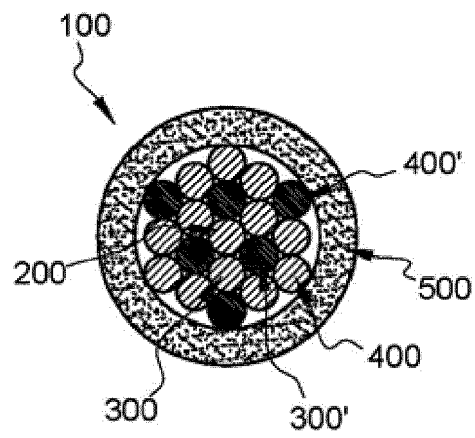


FIG.3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 19 9938

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2012/267141 A1 (KAMIYAMA HIDEKI [JP] ET AL) 25 octobre 2012 (2012-10-25) * figure 1d *	1-4, 6-13, 15-17	INV. H01B1/04 H01B7/00 H01B7/18
X	US 2018/240569 A1 (RICHMOND ZACHARY J [US] ET AL) 23 août 2018 (2018-08-23) * figure 3 *	1-4, 6-17	ADD. H01B5/08
X	CN 202 887 771 U (ANHUI ZONGHENG HI TECH CABLE CO LTD) 17 avril 2013 (2013-04-17) * figure 1 *	1-4, 7, 8, 10-14, 16, 17	
A	JP 3 475433 B2 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 8 décembre 2003 (2003-12-08) * abrégé; figure 3 *	1-17	
X	US 6 576 844 B1 (KAMATA TAKESHI [JP]) 10 juin 2003 (2003-06-10) * figures 1(a), 5(b) *	1-5, 7, 8, 10-14, 16, 17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	US 2018/247724 A1 (RICHMOND ZACHARY J [US] ET AL) 30 août 2018 (2018-08-30) * figure 1 *	1-17	H01B H05B
A	EP 1 766 639 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 28 mars 2007 (2007-03-28) * alinéa [0017] *	1-17	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		23 janvier 2020	Alberti, Michele
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 19 19 9938

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-01-2020

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

US 2012267141 A1 25-10-2012 CN 102714073 A 03-10-2012
JP 5683974 B2 11-03-2015
JP 5697045 B2 08-04-2015
JP 2011171291 A 01-09-2011
JP WO2011090133 A1 23-05-2013
US 2012267141 A1 25-10-2012
WO 2011090133 A1 28-07-2011

20

US 2018240569 A1 23-08-2018 CN 108461171 A 28-08-2018
EP 3364422 A1 22-08-2018
JP 2018186071 A 22-11-2018
KR 20180096525 A 29-08-2018
US 2018240569 A1 23-08-2018

25

CN 202887771 U 17-04-2013 AUCUN

30

JP 3475433 B2 08-12-2003 JP 3475433 B2 08-12-2003
JP H06103831 A 15-04-1994

35

US 6576844 B1 10-06-2003 DE 60024748 T2 06-07-2006
EP 1089299 A2 04-04-2001
JP 3978301 B2 19-09-2007
JP 2001167644 A 22-06-2001
US 6576844 B1 10-06-2003

40

US 2018247724 A1 30-08-2018 CN 108511105 A 07-09-2018
EP 3367390 A1 29-08-2018
JP 2018170267 A 01-11-2018
KR 20180098145 A 03-09-2018
US 2018247724 A1 30-08-2018

45

EP 1766639 A1 28-03-2007 BR PI0512215 A 19-02-2008
CA 2567760 A1 19-01-2006
CN 101002288 A 18-07-2007
EP 1766639 A1 28-03-2007
ES 2553954 T3 15-12-2015
JP 4944020 B2 30-05-2012
JP 2008502814 A 31-01-2008
PL 1766639 T3 29-01-2016
US 2005279527 A1 22-12-2005
US 2006102378 A1 18-05-2006
WO 2006006996 A1 19-01-2006

50

55

EPO FORM P4460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1926108 B1 [0006]