



(43) Date de la publication internationale
22 septembre 2016 (22.09.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/146946 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01B 3/30 (2006.01) H01B 7/02 (2006.01)
H01B 3/44 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050586

(22) Date de dépôt international :
16 mars 2016 (16.03.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1552164 17 mars 2015 (17.03.2015) FR

(71) Déposant : LABINAL POWER SYSTEMS [FR/FR]; 36
rue Raymond Grimaud, 31700 Blagnac (FR).

(72) Inventeurs : KOLIATENE, Flavier; c/o Safran Engineering Services, 10 rue Velasquez B.P. 50440, 31704 Blagnac Cedex (FR). DUNAND, Michel; c/o Safran Engineering Services, 10 rue Velasquez B.P. 50440, 31704 Blagnac Cedex (FR).

(74) Mandataires : DESORMIERE, Pierre-Louis et al.; Cabinet Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 Paris Cedex 07 (FR).

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

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

Publiée :

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ELECTRIC CABLE FOR THE POWER SUPPLY OF ELECTRICAL APPARATUS

(54) Titre : CABLE ELECTRIQUE POUR L'ALIMENTATION D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

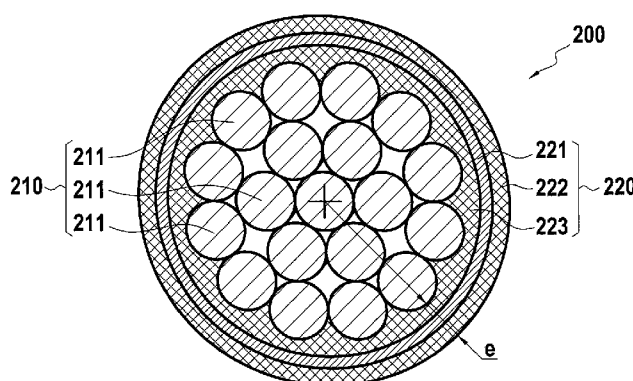


FIG.3

(57) Abstract : The invention relates to an electric cable (200) designed to be used in a harness for the power supply of electrical apparatus, comprising at least: a conductive core (210) comprising at least one conductive strand (211), and an insulating envelope (220) arranged around the conductive core. The insulating envelope of the cable has a relative dielectric permittivity which is lower than or equal to 2 and comprises: a first layer (221) comprising a polymer aerogel, and a second layer (222) covering the first layer, comprising a fluorinated polymer. The invention also relates to a harness comprising such an electric cable.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2016/146946 A1



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

L'invention concerne un câble électrique (200) destiné à être utilisé dans un harnais pour l'alimentation d'équipements électriques, comprenant au moins : une âme conductrice (210) comprenant au moins un brin conducteur (211), et une enveloppe isolante (220) disposée autour de l'âme conductrice. L'enveloppe isolante du câble présente une permittivité diélectrique relative inférieure ou égale à 2 et comprend : une première couche (221) comprenant un polymère aérogel, et une deuxième couche (222), recouvrant la première couche, comprenant un polymère fluoré. L'invention concerne aussi un harnais comprenant un tel câble électrique.

CABLE ELECTRIQUE POUR L'ALIMENTATION D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général des câbles électriques utilisés dans la transmission de puissance électrique à haute tension et à la limitation de l'apparition de décharges partielles au sein de ces câbles. L'invention concerne plus particulièrement mais non exclusivement la limitation de l'apparition de décharges partielles dans les
10 câbles et harnais électriques utilisés dans les aéronefs.

 L'avènement des avions de plus en plus électriques se traduit par l'utilisation accrue d'équipements électriques qui doivent être alimentés et contrôlés, dans des environnements parfois hostiles, grâce à de nombreux harnais électriques. Un harnais électrique est un ensemble
15 de fils ou câbles électriques de différentes jauges groupés en faisceau électrique et cheminant ensemble et aboutissant à des connecteurs. Dans certains cas le harnais peut être blindé ou disposé dans des goulottes métalliques pour les protéger de phénomènes électromagnétiques. Sa fiabilité est indispensable pour la disponibilité de l'ensemble des dispositifs
20 du système électrique de puissance. La présence de matériaux isolants permet d'assurer l'isolation entre les différents circuits électriques lorsque les câbles sont assemblés au sein d'un harnais. On appelle système d'isolation électrique (SIE) l'ensemble des isolants gazeux et solides qui forme l'isolation des câbles entre eux et les structures conductrices se
25 trouvant à proximité du harnais.

 L'utilisation de ces équipements électriques induit l'apparition de phénomènes indésirables, notamment lorsque les équipements sont soumis à des tensions électriques élevées (par exemple, des tensions alternatives de 230 VAC, des tensions continues de +/- 270 VDC, ou
30 encore de 540 VDC). Ces hautes tensions, associées à des environnements aéronautiques où la pression, la température et l'hygrométrie peuvent varier notablement selon les phases de vol de l'aéronef, entraînent l'apparition de décharges partielles au niveau du système d'isolation électrique des câbles du harnais.

35 Les décharges partielles sont des décharges électriques localisées pouvant court-circuiter partiellement l'intervalle isolant séparant

deux conducteurs d'un harnais. En pratique, elles se manifestent par la formation de micro-arcs électriques dans les gaz situés à proximité (par exemple entre deux câbles isolés) ou à l'intérieur de l'isolant (par exemple dans des cavités) des câbles électriques. Ces décharges peuvent entraîner la dégradation lente et progressive du matériau isolant du système d'isolation électrique des câbles, et occasionner sa rupture prématurée. La fiabilité et la disponibilité de la chaîne électrique de puissance peut donc être fortement impactée par ces décharges partielles.

Les hautes tensions utilisées augmentent le champ électrique dans les gaz du SIE, ce qui entraîne l'apparition de décharges partielles. Une solution connue à ce problème consiste à augmenter la distance entre les câbles voisins, ce qui a pour effet de réduire ce champ électrique. Une autre solution est de répartir différemment le champ électrique entre le matériau isolant et les gaz du SIE, en utilisant par exemple des câbles ayant une enveloppe isolante d'épaisseur bien plus importante. L'augmentation de cette épaisseur permet d'augmenter le champ électrique dans la partie isolante du SIE et de réduire le champ électrique dans le gaz entre les câbles, ce qui réduit l'apparition de décharges partielles.

Cependant, une telle solution pose un problème d'intégration car la masse du harnais et son encombrement général sont considérablement augmentés. Or, la tendance actuelle est au contraire à la diminution de la masse et de l'encombrement des éléments présents dans l'aéronef afin de réduire notamment sa consommation de carburant.

Il est donc souhaitable de disposer de câbles électriques et de harnais légers et compacts qui permettent d'éviter l'apparition de décharges partielles.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un câble électrique destiné à être utilisé dans un harnais pour l'alimentation d'équipements électriques, comprenant au moins une âme conductrice comprenant au moins un brin conducteur, et une enveloppe isolante disposée autour de l'âme conductrice, caractérisé en ce que l'enveloppe isolante présente une permittivité diélectrique relative inférieure ou égale à 2 et comprend une première couche

comprenant un polymère aérogel, et une deuxième couche, recouvrant la première couche, comprenant un polymère fluoré.

Une autre solution pour répartir différemment le champ électrique entre le matériau isolant et les gaz du SIE, est de diminuer la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante, ce qui a pour effet d'augmenter le champ dans la partie isolante du SIE et de réduire le champ électrique dans le gaz entre les câbles. Les Inventeurs ont alors déterminé, pour une épaisseur d'enveloppe isolante identique aux épaisseurs des enveloppes isolantes des câbles utilisés traditionnellement dans des applications à basse tension, que les décharges partielles étaient éliminées pour des tensions inférieures à 2 kilovolts crête lorsque la permittivité diélectrique relative du matériau formant l'enveloppe isolante est inférieure ou égale à 2 (pour des câbles de jauge (AWG) 24 à 2). Cette valeur prend également en compte les variations possibles de l'environnement du câble, notamment une baisse de pression combinée éventuellement à une augmentation de la température, comme cela peut être le cas dans certaines zones de l'aéronef.

En outre, l'utilisation d'une première couche en polymère aérogel permet de disposer d'un matériau isolant dont la permittivité est fortement diminuée par la présence de pores nanoscopiques contenant du gaz (dont la permittivité diélectrique relative est sensiblement égale à 1) et ainsi de pouvoir réduire la taille de cette couche et donc la masse du câble. La deuxième couche en polymère fluoré est externe et permet quant à elle d'assurer la résistance thermique et chimique (notamment aux fluides utilisés dans les aéronefs, par exemple : Skydrol, huile, kérosène, etc.) ainsi que la résistance à l'« arc tracking », elle participe aussi à l'élimination des décharges partielles se produisant dans le système d'isolation électrique. L'utilisation de telles couches permet de conserver un diamètre de câble similaire à celui des câbles utilisés traditionnellement pour des applications à basse tension.

De préférence, l'enveloppe isolante comprend en outre une troisième couche, disposée entre l'âme conductrice et la première couche, comprenant un polymère fluoré. Cette disposition est avantageuse notamment dans le cas où l'âme conductrice comprend une pluralité de brins. En effet, cette troisième couche permet de combler les interstices

pouvant subsister entre l'âme conductrice et le système d'isolation électrique, lieux propices à l'apparition de décharges partielles.

De préférence également, le polymère aérogel est un Polyimide aérogel.

- 5 De préférence encore, le polymère fluoré peut être choisi parmi : le Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE), le Perfluoroalkoxy (PFA), l'Éthylène Tétrafluoroéthylène (ETFE), l'Éthylène Propylène Fluoré (EPF).

- 10 Afin de réduire encore la probabilité d'apparition de décharges partielles dans le système d'isolation électrique et notamment dans la première couche, la taille des pores contenant du gaz du polymère aérogel est de préférence inférieure ou égale à 5 micromètres.

La deuxième couche peut être réalisée en utilisant un matériau basse densité poreux comprenant des pores ayant une taille qui est de préférence inférieure ou égale à 10 micromètres.

- 15 De préférence, une épaisseur de l'enveloppe isolante est comprise entre 0,15 mm et 0,50 mm.

- 20 Afin de faciliter la réalisation du câble selon l'invention, il est avantageux de disposer d'une première couche constituée par un ruban enroulé avec un taux de recouvrement d'au moins 51%. Aussi, une couche comprenant un polymère fluoré est de préférence constituée par un ruban enroulé avec un taux de recouvrement d'au moins 55%.

- 25 Selon un exemple de réalisation de l'invention, l'enveloppe isolante peut comprendre : une première couche comprenant du Polyimide aérogel, une deuxième couche comprenant du Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE) basse densité, et une troisième couche comprenant du Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE).

L'invention concerne aussi un harnais électrique comprenant au moins un câble électrique tel que celui décrit précédemment.

30 Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- 35 - la figure 1 est une vue schématique d'un harnais électrique,

- les figures 2A et 2B représentent schématiquement un câble électrique monobrin selon un mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 3 est une vue schématique en coupe d'un câble électrique multibrins selon un autre mode de réalisation de l'invention.

5

Description détaillée de l'invention

La présente invention propose un câble électrique qui peut être utilisé notamment, mais non exclusivement, pour la transmission d'énergie à haute tension entre des équipements électriques ou électroniques embarqués dans des avions. Comme expliqué ci-après en détails, la structure du câble de l'invention est remarquable en ce qu'elle permet d'éviter l'apparition de décharges partielles au sein du système d'isolation électrique (SIE) d'un harnais électrique lorsqu'il est utilisé notamment à haute tension.

La figure 1 montre un harnais électrique 1 pouvant être utilisé dans un avion. Il comprend ici sept câbles électriques 2 formant un faisceau entouré par une gaine de protection 3. Les câbles électriques selon l'invention sont parfaitement utilisables dans un tel harnais 1, qui est par ailleurs objet de la présente invention.

Les figures 2A et 2B détaillent un câble électrique 100 selon un mode de réalisation de l'invention. Le câble 100 comprend une âme conductrice 110 constituée ici d'un unique brin conducteur, ainsi qu'une enveloppe isolante 120 disposée autour de l'âme 110. Un brin conducteur (ou fil conducteur) est constitué par exemple de cuivre, d'aluminium, d'un alliage métallique, ou de tout autre matériau conduisant l'électricité. L'enveloppe isolante 120 est quant à elle constituée de matériaux isolants.

Afin de supprimer le phénomène de décharges partielles dans et autour de l'enveloppe isolante 120 lors de l'utilisation du câble à haute tension (pour des tensions inférieures à 2 kilovolts à pression atmosphérique et température ambiante notamment) et dans les conditions environnementales d'un avion, les Inventeurs ont déterminé que la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante doit être inférieure ou égale à 2. Cette valeur résulte de l'étude de la tension d'apparition des décharges partielles en fonction de la permittivité diélectrique relative du matériau formant l'enveloppe isolante des câbles dans le cas d'un câble recouvert d'une tresse de blindage, où il a été

observé que la tension d'apparition des décharges partielles est supérieure à 2 kilovolts crête quand la permittivité diélectrique relative du matériau formant l'enveloppe isolante des câbles est inférieure ou égale à 2.

Pour parvenir à de telles valeurs de permittivité diélectrique relative tout en conservant une faible épaisseur, l'enveloppe isolante 120 comprend tout d'abord une première couche 121 en polymère aérogel, qui recouvre l'âme 110 et est directement au contact de celle-ci. Cette première couche, puisqu'elle est aérée par des pores nanoscopiques (la permittivité diélectrique relative de l'air présent dans les pores étant sensiblement égale à 1), permet de réduire la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante 120 tout en réduisant son épaisseur, sa masse et en évitant l'apparition de décharges partielles. En outre, la taille des pores du polymère aérogel est de préférence inférieure à 10 micromètres pour assurer encore une meilleure protection contre les décharges partielles au sein de cette première couche 121, qui tendent à apparaître dans des cavités de taille plus importante.

L'enveloppe isolante 120 comprend par ailleurs une deuxième couche 122 en polymère fluoré, recouvrant la première couche 121 en polymère aérogel, qui assure notamment la résistance thermique et chimique ainsi que la résistance à l'arc tracking du câble 100. Par résistance chimique on entend la résistance au contact des fluides utilisés à bord de l'aéronef, comme par exemple le Skydrol, de l'huile ou du kérosène. Cette couche participe aussi à l'élimination du phénomène de décharges partielles.

Le polymère aérogel de la première couche 121 peut notamment être constitué par un Polyimide aérogel, ou tout autre type de polymère aéré. La deuxième couche peut quant à elle comprendre un polymère fluoré choisi par exemple parmi les suivants : Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE ou Téflon™), Perfluoroalkoxy (PFA), Éthylène Tétrafluoroéthylène (ETFE ou Tefzel™), Éthylène Propylène Fluoré (EPF), etc.

On pourra réaliser l'enveloppe isolante 120 en enroulant des rubans autour et tout le long de l'âme conductrice 110 pour les première et deuxième couches 121, 122, comme illustré sur la figure 2B.

A titre d'exemple, la première couche 121 peut être constituée d'un ruban de Polyimide aérogel d'une épaisseur de 30 μm enroulé autour

de l'âme conductrice 110 avec un taux de recouvrement d'au moins 51 %. La deuxième couche 122 peut être constituée quant à elle d'un ruban de Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE) basse densité d'une épaisseur d'environ 150 μm enroulée autour de la première couche 121 avec un
5 taux de recouvrement d'au moins 55 %. Dans cet exemple, la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante 120 est de l'ordre de 1,98.

Le taux de recouvrement correspond à la proportion avec laquelle le ruban se recouvre lui-même après avoir fait un tour autour de l'âme conductrice 110, ou de la première couche 121 le cas échéant. De
10 manière générale, le taux de recouvrement d'une couche comprenant un polymère aérogel est supérieur à 51%, et celui d'une couche comprenant un polymère fluoré est supérieur à 55%.

La figure 3 montre un câble 200 selon un autre mode de réalisation de l'invention. Le câble 200 comprend une âme conductrice 210
15 constituée d'une multitude de brins conducteurs 211, ainsi qu'une enveloppe isolante 220 comprenant trois couches 221, 222 et 223.

Les couches 221 et 222 correspondent respectivement aux première et deuxième couches 121 et 122 du câble 100 monobrin des figures 2A et 2B, et disposent respectivement des mêmes caractéristiques.

20 Dans ce mode de réalisation, une troisième couche 223 est disposée entre l'âme conductrice 210 et la première couche 221 en polymère aérogel de l'enveloppe isolante 220. Cette couche, qui est de préférence réalisée en un polymère fluoré choisi parmi ceux présentés plus haut, permet de combler les interstices pouvant se trouver entre
25 l'enveloppe isolante 220 et l'âme conductrice 210 afin d'éviter que des décharges partielles ne s'y produisent.

De la même manière que pour le câble 100, les trois couches 221, 222, 223 formant l'enveloppe isolante 220 du câble 200 peuvent être réalisées à partir de rubans qui sont enroulés successivement autour de
30 l'âme conductrice 210 avec, pour la couche en polymère aérogel 221, un taux de recouvrement d'au moins 51%, et pour les couches en polymère fluoré 222, 223, un taux de recouvrement d'au moins 55%.

A titre d'exemple, un câble 200 multibrins selon l'invention peut présenter : une première couche 221 réalisée à partir d'un ruban de
35 Polyimide aérogel de 30 μm d'épaisseur enroulé avec un taux de recouvrement d'au moins 51 %, une deuxième couche 222 réalisée à

partir d'un ruban de PTFE basse densité (par exemple ayant une densité de l'ordre de 2 g/cm^3) d'une épaisseur d'environ $75 \text{ }\mu\text{m}$, et une troisième couche 223 réalisée à partir d'un ruban de PTFE non fritté d'une épaisseur d'environ $75 \text{ }\mu\text{m}$, les deuxième et troisième couches étant enroulées avec
 5 un taux de recouvrement d'au moins 55 %. Dans cet exemple, la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante 220 est de l'ordre de 1,96.

De préférence, les enveloppes isolantes 120, 220 des câbles 100, 200 selon l'invention présentent une épaisseur e qui est comprise
 10 entre 0,15 mm et 0,25 mm, voire comprise entre 0,15 et 0,50 mm. L'épaisseur e étant, dans le cas du câble 200 multibrins, définie là où l'épaisseur de l'enveloppe isolante 220 est la plus faible.

Comme indiqué précédemment, la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante doit être inférieure ou égale à 2 pour éviter
 15 l'apparition de décharges partielles lorsque le câble est utilisé à haute tension. Le calcul théorique et le principe de mesure exposés ci-dessous permettent de vérifier qu'un câble répond à cette exigence.

Pour les câbles électriques selon l'invention présentés précédemment, la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante
 20 peut être déduite de manière théorique à partir du calcul de la capacité linéique du câble en configuration cylindrique (ce qui est équivalent à un câble coaxial). La formule (A) ci-dessous donne la capacité linéique C (exprimée en F/m) d'un câble coaxial en fonction du rayon de son âme conductrice r_1 , du rayon externe pris en limite de l'enveloppe isolante r_2 ,
 25 de la permittivité diélectrique du vide ϵ_0 et de la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante ϵ .

$$(A) \quad C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

30 Lorsque l'enveloppe isolante est multicouches, comme c'est le cas dans la présente invention, chaque couche i possède une capacité C_i . La capacité C_{eq} équivalente de l'enveloppe isolante multicouche (qui est équivalent à un ensemble de capacités C_i mises en série) est donnée par la formule (B) ci-dessous.

35

$$(B) \quad \frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

Ainsi, connaissant la capacité C_i de chaque couche formant le matériau isolant, on peut finalement calculer, en combinant les formules (A) et (B), une estimation de la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante pour vérifier qu'elle est bien inférieure ou égale à 2, conformément à l'invention.

Il est aussi possible de mesurer expérimentalement la permittivité diélectrique relative de l'enveloppe isolante en prenant un échantillon de câble (par exemple d'une longueur de 100 cm) muni de l'enveloppe isolante multicouches, et en mettant en place autour du câble une référence de masse pouvant prendre la forme d'une gaine conductrice par exemple solide ou liquide, afin de reproduire la configuration d'un câble coaxial.

L'âme conductrice ainsi que la référence de masse sont connectées à un analyseur d'impédance pour effectuer les mesures de la capacité en circuit ouvert, typiquement dans une gamme de fréquences de 100 Hz à 40 MHz. Les valeurs de capacité mesurées (généralement de l'ordre d'une dizaine de picofarad) permettent ainsi de déduire par calcul, à partir de l'équation (A), une estimation de la permittivité diélectrique relative ϵ_r de l'enveloppe isolante du câble testé.

Il est à noter que dans le présent exposé les expressions « compris entre ... et ... » ou « au moins de ... » doivent être comprises comme incluant les bornes.

REVENDICATIONS

1. Câble électrique (100 ; 200) destiné à être utilisé dans un harnais (1) pour l'alimentation d'équipements électriques, comprenant au moins :

une âme conductrice (110 ; 120) comprenant au moins un brin conducteur (211), et

une enveloppe isolante (120 ; 220) disposée autour de l'âme conductrice,

caractérisé en ce que l'enveloppe isolante présente une permittivité diélectrique relative inférieure ou égale à 2 et comprend :

une première couche (121 ; 221) comprenant un polymère aérogel, et

une deuxième couche (122 ; 222), recouvrant la première couche, comprenant un polymère fluoré.

2. Câble selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'enveloppe isolante (220) comprend en outre une troisième couche (223), disposée entre l'âme conductrice (210) et la première couche (221), comprenant un polymère fluoré.

3. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le polymère aérogel est un Polyimide aérogel.

4. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le polymère fluoré est choisi parmi : le Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE), le Perfluoroalkoxy (PFA), l'Éthylène Tétrafluoroéthylène (ETFE), l'Éthylène Propylène Fluoré (EPF).

5. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la taille des pores du polymère aérogel est inférieure ou égale à 10 micromètres.

6. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'une épaisseur (e) de l'enveloppe isolante (120 ; 220) est comprise entre 0,15 mm et 0,50 mm.

7. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la première couche (121 ; 221) est constituée par un ruban enroulé avec un taux de recouvrement d'au moins 51%.

5

8. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'une couche comprenant un polymère fluoré est constituée par un ruban enroulé avec un taux de recouvrement d'au moins 55%.

10

9. Câble selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que l'enveloppe isolante comprend :

une première couche (221) comprenant un Polyimide aérogel,

une deuxième couche (222) comprenant du Poly-

15

Tétrafluoroéthylène (PTFE) basse densité, et

une troisième couche (223) comprenant du Poly-Tétrafluoroéthylène (PTFE).

10. Harnais électrique (1) comprenant au moins un câble électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

20

1/1

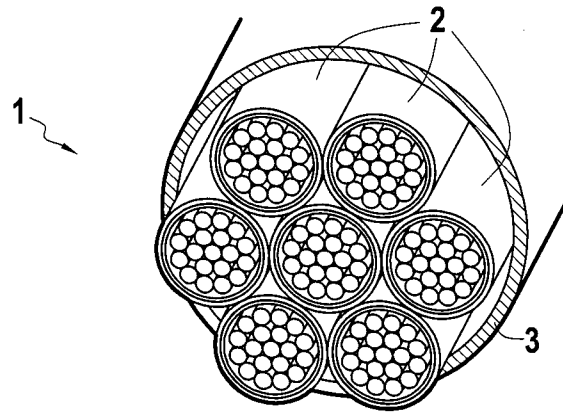


FIG.1

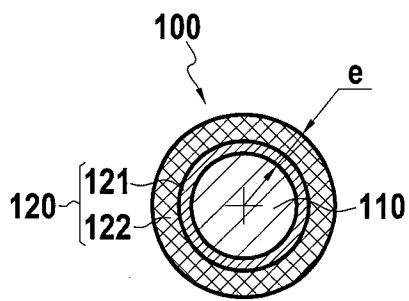


FIG.2A

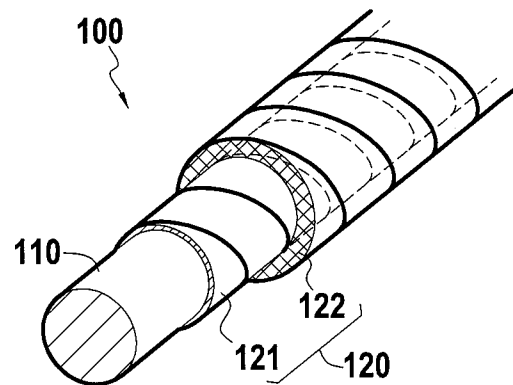


FIG.2B

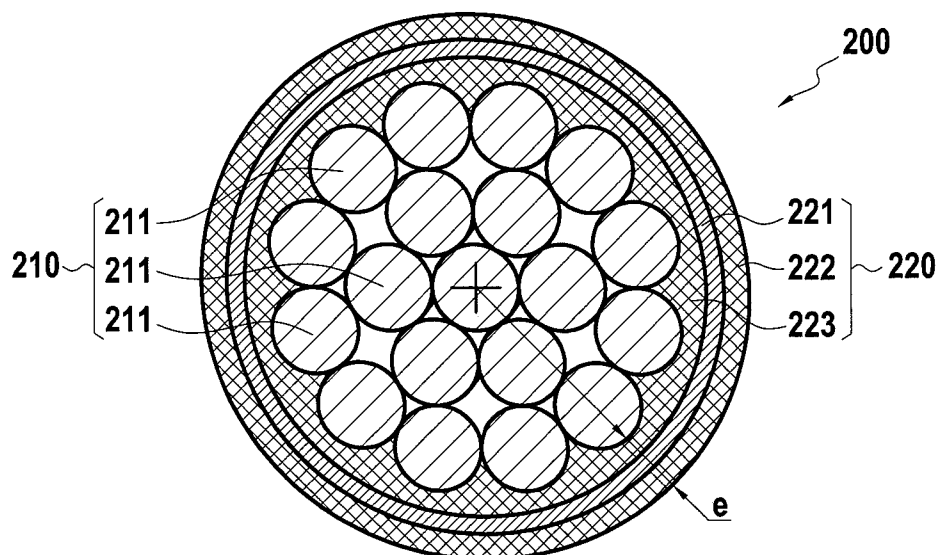


FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/050586

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01B3/30 H01B3/44 H01B7/02
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01B

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 498 909 A1 (DU PONT [US]) 19 January 2005 (2005-01-19) paragraph [0001] - paragraph [0059]; examples 1-3 -----	1-10
A	FR 2 617 325 A1 (AEROSPATIALE [FR]) 30 December 1988 (1988-12-30) page 4, line 1 - page 5, line 30; claims 1-9 -----	1-10
A	EP 2 557 572 A1 (NEXANS [FR]) 13 February 2013 (2013-02-13) paragraph [0008] - paragraph [0036]; claims 1-17; examples 1-3 -----	1-10
A	US 7 074 880 B2 (RHINE WENDELL [US] ET AL) 11 July 2006 (2006-07-11) the whole document -----	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 June 2016

Date of mailing of the international search report

08/07/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marsitzky, Dirk

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050586

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1498909	A1	19-01-2005	CA 2473824 A1 14-01-2005
			EP 1498909 A1 19-01-2005
			JP 4865995 B2 01-02-2012
			JP 2005035300 A 10-02-2005
			US 2005013998 A1 20-01-2005

FR 2617325	A1	30-12-1988	NONE

EP 2557572	A1	13-02-2013	CN 102956318 A 06-03-2013
			EP 2557572 A1 13-02-2013
			FR 2979032 A1 15-02-2013
			US 2013206452 A1 15-08-2013

US 7074880	B2	11-07-2006	AU 2003261238 A1 09-02-2004
			CA 2493243 A1 29-01-2004
			EP 1523512 A1 20-04-2005
			JP 2005533893 A 10-11-2005
			KR 20050037557 A 22-04-2005
			US 2004132845 A1 08-07-2004
			US 2005131163 A1 16-06-2005
			WO 2004009673 A1 29-01-2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050586

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01B3/30 H01B3/44 H01B7/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 498 909 A1 (DU PONT [US]) 19 janvier 2005 (2005-01-19) alinéa [0001] - alinéa [0059]; exemples 1-3 -----	1-10
A	FR 2 617 325 A1 (AEROSPATIALE [FR]) 30 décembre 1988 (1988-12-30) page 4, ligne 1 - page 5, ligne 30; revendications 1-9 -----	1-10
A	EP 2 557 572 A1 (NEXANS [FR]) 13 février 2013 (2013-02-13) alinéa [0008] - alinéa [0036]; revendications 1-17; exemples 1-3 -----	1-10
A	US 7 074 880 B2 (RHINE WENDELL [US] ET AL) 11 juillet 2006 (2006-07-11) le document en entier -----	1-10
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 juin 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 08/07/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Marsitzky, Dirk

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050586

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1498909	A1	19-01-2005	CA 2473824 A1	14-01-2005
			EP 1498909 A1	19-01-2005
			JP 4865995 B2	01-02-2012
			JP 2005035300 A	10-02-2005
			US 2005013998 A1	20-01-2005

FR 2617325	A1	30-12-1988	AUCUN	

EP 2557572	A1	13-02-2013	CN 102956318 A	06-03-2013
			EP 2557572 A1	13-02-2013
			FR 2979032 A1	15-02-2013
			US 2013206452 A1	15-08-2013

US 7074880	B2	11-07-2006	AU 2003261238 A1	09-02-2004
			CA 2493243 A1	29-01-2004
			EP 1523512 A1	20-04-2005
			JP 2005533893 A	10-11-2005
			KR 20050037557 A	22-04-2005
			US 2004132845 A1	08-07-2004
			US 2005131163 A1	16-06-2005
			WO 2004009673 A1	29-01-2004
