

(19)



(11)

EP 3 358 575 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
08.08.2018 Bulletin 2018/32

(51) Int Cl.:
H01B 7/28 (2006.01) **H01B 3/30 (2006.01)**
H01B 3/44 (2006.01) **H01B 7/29 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **18154329.9**

(22) Date de dépôt: **31.01.2018**

(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:
MA MD TN

(30) Priorité: **03.02.2017 FR 1750942**

(71) Demandeurs:
• **Nexans**
92400 Courbevoie (FR)
• **Safran Electrical & Power**
31702 Blagnac Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **HAEHNER, Thomas**
92160 ANTONY (FR)
• **RYBSKI, Patrick**
91330 YERRES (FR)
• **MANENTI, Laurent**
31820 PIBRAC (FR)
• **AUBERT, Eddy**
31470 Saint Lys (FR)
• **KOLIATENE, Flavien**
31190 Miremont (FR)

(74) Mandataire: **Peguet, Wilfried**
Ipsilon
Le Centralis
63, avenue du Général Leclerc
92340 Bourg-la-Reine (FR)

(54) **CÂBLE ELECTRIQUE RESISTANT AUX DECHARGES PARTIELLES**

(57) La présente invention se rapporte à un câble électrique comprenant un élément électriquement conducteur allongé, une couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et une couche élec-

triquement isolante fluorée comprenant un polymère fluoré entourant ladite couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI), lesdites couches ayant des épaisseurs spécifiques selon la section de l'élément électriquement conducteur allongé.

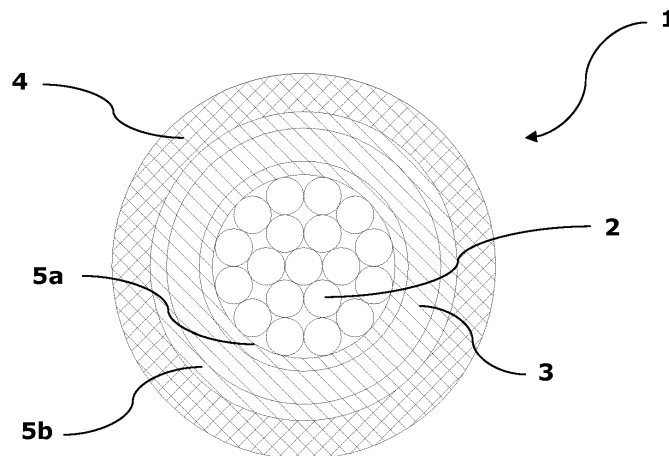


FIG.1

EP 3 358 575 A1

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un câble électrique comprenant un élément électriquement conducteur allongé, une couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et une couche électriquement isolante fluorée comprenant un polymère fluoré entourant ladite couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI), lesdites couches ayant des épaisseurs spécifiques selon la section de l'élément électriquement conducteur allongé.

[0002] L'invention s'applique typiquement mais non exclusivement aux câbles électriques utilisés dans le domaine de l'aéronautique, par exemple à bord des avions.

[0003] Dans l'art antérieur, il est connu d'équiper les avions de fils de câblage (e.g. plus de 500 kilomètres de câble dans l'A380), ces fils comprenant un élément conducteur entouré d'une première couche en polyimide de 0,017 à 0,065 mm d'épaisseur, elle-même entourée d'une couche en polytétrafluoroéthylène PTFE d'une épaisseur de 0,1 à 0,22 mm pour des sections nominales de conducteur allant de 0,15 à 95 mm². Toutefois, pour de tels fils de câblages, la tension appliquée est de l'ordre de 115 V (entre la phase et le neutre du système triphasé). Afin de réduire la section des câbles pour faire passer la même quantité de courant, la tension d'utilisation des câbles des avions a été augmentée à 230 V (entre la phase et le neutre du système triphasé). En doublant la tension, la masse des câbles est divisée par environ deux. Toutefois, le voltage relativement élevé, combiné aux contraintes liées à l'aéronautique, telles que l'humidité, la température élevée et la basse pression, peuvent générer des décharges partielles (DP) sur les équipements électriques, en particulier à la surface et/ou dans les défauts des isolants de câbles électriques. Or, les décharges partielles, qui sont de minuscules arcs électriques, provoquent avec le temps, une dégradation du matériau isolant jusqu'à la rupture du diélectrique entraînant l'établissement possible d'un arc électrique.

[0004] Afin de diminuer les décharges partielles, EP 2 557 572 A1 a décrit un câble électrique comprenant un élément conducteur, une couche comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément conducteur, et une couche fluorée comprenant un composé fluoré entourant ladite couche comprenant du polyimide (PI), l'épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées étant d'au moins 0,4 mm. Toutefois, les dimensions du câble ne sont pas optimisées pour minimiser son encombrement et/ou son poids tout en garantissant une résistance aux décharges partielles optimale.

[0005] La présente invention a pour but de proposer un câble qui évite tout ou partie des inconvénients précités. En particulier, la présente invention a pour but de fournir un câble ayant un encombrement et/ou un poids réduit, tout en garantissant une bonne résistance aux décharges partielles, notamment lorsque le câble est destiné au domaine de l'aéronautique et subit lors d'un vol, de hautes températures (aux alentours de 150°C), de basses pressions (environ 145 mbar) et des tensions élevées, telles que 230 V (entre la phase et le neutre du système triphasé) ou 400 V entre les phases.

[0006] A cet effet, la présente invention a pour objet un câble électrique comprenant :

- un élément électriquement conducteur allongé ayant une section transversale s (en mm²),
- une couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément électriquement conducteur allongé et ayant une épaisseur e_1 (en mm), et
- une couche électriquement isolante fluorée comprenant un polymère fluoré, entourant ladite couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI),

caractérisé en ce que l'épaisseur e_2 (en mm) de la couche électriquement isolante fluorée est inférieure à 0,4000 mm, et l'épaisseur totale $e_1 + e_2$ (en mm) est telle que $e_1 + e_2 \geq -0,02140 \times \ln(s) + 0,41613$.

[0007] Ainsi, les épaisseurs des différentes couches du câble de l'invention sont réduites, induisant un poids et/ou un encombrement minimaux en fonction du diamètre (i.e. de la section) de l'élément électriquement conducteur allongé, tout en garantissant l'absence des conditions propices à l'apparition de décharges partielles.

[0008] Dans un mode de réalisation préféré, s (en mm²) est telle que $0,25 \leq s \leq 85$, et de préférence $1 \leq s \leq 68$.

[0009] Selon une forme de réalisation de l'invention, l'épaisseur totale $e_1 + e_2$ (en mm) est telle que $e_1 + e_2 \geq s' \times 0,00482 + 0,33012$, avec s' étant la section transversale de l'élément électriquement conducteur allongé en AWG.

[0010] Dans la présente invention, l'expression « AWG » signifie « American Wire Gauge » et désigne une unité de mesure permettant de mesurer le diamètre d'un câble électrique. Un tableau de correspondance disponible dans la littérature permet de convertir la section s en mm² en section s' en AWG (<http://www.astm.org/Standards/B258.htm>, <http://www.astm.org/Standards/B286.htm>).

[0011] On préférera les tableaux de correspondance qui prennent en compte le caractère multi-brins d'un conducteur.

[0012] Dans un mode de réalisation préféré, s' (en AWG) est telle que -2 (i.e. AWG000) $\leq s' \leq 24$ (i.e. AWG24), et de préférence s' (en AWG) est telle que -1 (i.e. AWG00) $\leq s' \leq 10$ (i.e. AWG10).

[0013] Le câble de l'invention permet d'éviter les décharges partielles dans les conditions conventionnelles d'utilisation.

Il présente donc de préférence une tension seuil d'apparition des décharges partielles, valeur crête (également bien connu sous l'anglicisme PDIV pour « *partial discharge inception voltage* ») supérieure ou égale à 800 V à une pression de 145 mbar et une température de 150°C.

[0014] Il présente de préférence une tension seuil d'apparition des décharges partielles, valeur en volt RMS (également bien connu sous l'anglicisme PDIV in V RMS pour « *partial discharge inception voltage in voltage root mean square* ») supérieure ou égale à 566 V pour une tension sinusoïdale, à une pression de 145 mbar et une température de 150°C.

[0015] L'élément électriquement conducteur allongé est de préférence central.

[0016] Le polymère fluoré est de préférence un polymère obtenu par polymérisation de monomères parmi lesquels au moins l'un desdits monomères est le tétrafluoroéthylène ou le fluorure de vinyle.

[0017] À titre d'exemple, le polymère fluoré peut être un homopolymère ou un copolymère fluoré, et de préférence il est choisi parmi un polytétrafluoroéthylène (PTFE), un poly(tétrafluoroéthylène-co-hexafluoropropylène) (FEP), un copolymère perfluoro(alkyvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), un poly(éthylène-co-tétrafluoroéthylène) (ETFE) et une de leurs combinaisons.

[0018] De préférence, une couche est dite « comprendre un polymère fluoré » lorsqu'elle comporte, en masse par rapport à la masse de ladite couche, au moins 50% environ de polymère(s) fluoré(s), de préférence au moins 70% environ de polymère(s) fluoré(s), et de manière encore plus préférée au moins 80% environ de polymère(s) fluoré(s), et de manière encore plus préférée 90% environ de polymère(s) fluoré(s), tels que notamment du PTFE, du PFA, du ETFE, du FEP ou une de leurs combinaisons.

[0019] Avantagusement, le polymère fluoré est le PTFE.

[0020] Préférentiellement, l'épaisseur e_2 (en mm) de la couche électriquement isolante fluorée comprenant un polymère fluoré, tel que par exemple du PTFE, du PFA, du ETFE, du FEP ou une de leurs combinaisons, est telle que $0,2000 \text{ mm} \leq e_2 < 0,4000 \text{ mm}$, de préférence telle que $0,2000 \text{ mm} \leq e_2 \leq 0,3950 \text{ mm}$, et de préférence encore telle que $0,2500 \text{ mm} \leq e_2 \leq 0,3850 \text{ mm}$.

[0021] Dans l'invention, l'épaisseur e_2 de la couche électriquement isolante fluorée est mesurée après frittage de ladite couche. En effet, lors du frittage, le polymère fluoré peut perdre en volume. En particulier, le PTFE peut perdre environ 25% en volume.

[0022] Dans l'invention, l'épaisseur $e_1 + e_2$ est mesurée après frittage desdites couches.

[0023] La couche électriquement isolante fluorée est de préférence frittée.

[0024] Selon l'invention, la couche électriquement isolante fluorée peut être rubanée et/ou extrudée, et de préférence rubanée.

[0025] Lorsqu'elle est rubanée, la couche électriquement isolante fluorée peut correspondre à l'enroulement d'un ou de plusieurs rubans de polymères(s) fluoré(s). Elle est ensuite frittée, afin de lui conférer ses propriétés mécaniques.

[0026] Préférentiellement, la couche électriquement isolante fluorée comporte un ou plusieurs rubans de polymère(s) fluoré(s), de préférence un ou plusieurs rubans de PTFE.

[0027] Le câble peut comprendre en outre, au moins une couche adhésive fluorée comprenant un polymère fluoré, le polymère fluoré compris dans ladite couche adhésive étant notamment identique ou différent de celui compris dans la couche électriquement isolante fluorée.

[0028] Selon une caractéristique de l'invention, la ou les couches adhésives fluorées sont composées d'un ou de plusieurs polymères fluorés. On parle alors de couche adhésive fluorée.

[0029] En particulier, le ou les polymères fluorés de la couche adhésive fluorée sont choisis parmi un poly(tétrafluoroéthylène-cohexafluoropropylène) (FEP), un copolymère perfluoro(alkyvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), un poly(tétrafluoro-éthylène) (PTFE), un poly(éthylène-co-tétrafluoroéthylène) (ETFE) et une de leurs combinaisons, lesdits composés fluorés susmentionnés présentant des propriétés d'adhérence.

[0030] De manière avantageuse, au moins une couche adhésive fluorée est disposée sur au moins une des deux faces de la couche électriquement isolante comprenant du polyimide. Une couche adhésive a pour fonction de permettre l'adhésion entre les couches qu'elle relie ou entre l'élément électriquement conducteur allongé et la couche qu'elle relie.

[0031] La couche adhésive fluorée est généralement apte à faire adhérer l'élément électriquement conducteur allongé à la couche électriquement isolante de PI ou la couche électriquement isolante de PI à la couche électriquement isolante fluorée (e.g. couche comprenant PTFE, PFA, FEP, ETFE ou une de leurs combinaisons). En effet, le ou les polymères fluorés de la couche adhésive subissent au préalable un traitement qui leur donne leur propriété adhérente, comme c'est le cas pour le produit Kapton FN® commercialisé par la société Dupont.

[0032] Selon un mode de réalisation, la couche électriquement isolante comprenant un polyimide et la couche électriquement isolante fluorée (e.g. comprenant du PTFE) sont séparées par une couche adhésive fluorée.

[0033] La couche électriquement isolante comprenant un polyimide peut être recouverte sur chacune de ses faces d'une couche adhésive fluorée, et notamment d'un revêtement de copolymère d'éthylène propylène fluoré (FEP).

[0034] L'épaisseur de la couche adhésive fluorée (e.g. FEP) peut aller de 2 à 2,5 μm environ avant frittage.

[0035] L'épaisseur de la couche électriquement isolante comprenant un polyimide peut aller de 20 à 30 μm environ, et de préférence de 23 à 27 μm environ.

[0036] Le câble électrique de l'invention peut comprendre en outre une ou plusieurs couches électriquement isolantes comprenant du polyimide (PI) supplémentaires, chacune des couches électriquement isolantes comprenant un polyimide pouvant être recouverte sur chacune de ses faces d'une couche adhésive fluorée, et notamment d'un revêtement de copolymère d'éthylène propylène fluoré (FEP).

[0037] Dans ce cas, l'épaisseur e_1 (en mm) telle que définie dans l'invention désigne l'épaisseur totale des couches électriquement isolantes comprenant du polyimide (PI),

[0038] Le produit Kapton FN® convient pour la présente invention. Il se présente sous la forme de ruban comprenant une couche électriquement isolante de polyimide (PI) recouverte sur chacune de ses faces d'une couche de FEP (FEP/PI/FEP).

[0039] Deux couches électriquement isolantes comprenant un polyimide peuvent ainsi être obtenues par enroulement d'au moins deux épaisseurs dudit ruban pour qu'il y ait recouvrement, et en découle une épaisseur totale de couches électriquement isolantes de polyimide avant frittage (ou après frittage) de l'ordre de 50 à 51 μm environ, et une épaisseur totale de couches adhésives de FEP avant frittage (ou après frittage) de l'ordre de 9 à 10 μm environ. Ainsi, l'épaisseur de l'ensemble : FEP/PI/FEP/FEP/PI/FEP avant frittage (ou après frittage) est de l'ordre de 60 μm .

[0040] L'élément électriquement conducteur allongé convenant selon l'invention est par exemple du type massif ou multi-brins (« *stranded* »).

[0041] L'élément électriquement conducteur allongé peut correspondre à du cuivre (Cu), un alliage de Cu étamé, un alliage de Cu argenté, un alliage de Cu nickelé, de l'aluminium (Al), de l'aluminium nickelé ou de l'aluminium cuivré et nickelé (bien connu sous l'anglicisme « *nickel plated copper clad aluminum* »).

[0042] L'élément électriquement conducteur allongé selon l'invention est de préférence multi-brins.

[0043] Lorsque le câble comprend d'autre(s) couche(s) fluorées (i.e. autre(s) couche(s) comprenant un polymère fluoré tel que défini dans l'invention), l'épaisseur e_2 (en mm) désigne l'épaisseur de la couche électriquement isolante fluorée cumulée avec les épaisseurs respectives des autres couches fluorées optionnelles, en particulier comprenant au moins un homo- ou un copolymère fluoré tel que notamment du PTFE, du PFA, du ETFE, du FEP ou une de leurs combinaisons.

[0044] En particulier, lorsqu'une ou plusieurs couches adhésives fluorées sont présentes, l'épaisseur e_2 (en mm) désigne l'épaisseur de la couche électriquement isolante fluorée cumulée avec les épaisseurs des couches adhésives fluorées.

[0045] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la couche électriquement isolante fluorée est la couche fluorée la plus externe du câble.

[0046] Selon une autre forme de réalisation préférée de l'invention, le câble comprend en outre une ou plusieurs autres couches fluorées (i.e. couches fluorées supplémentaires).

[0047] Dans ce mode de réalisation, le câble peut comprendre au moins une couche fluorée supplémentaire, notamment choisie parmi une couche semi-conductrice fluorée, une autre couche électriquement isolante fluorée et une couche fluorée extérieure (superficielle) apte à être marquée (i.e. couche de marquage), et de préférence une couche semi-conductrice fluorée.

[0048] La couche semi-conductrice fluorée peut comprendre au moins un polymère fluoré, le composé fluoré compris dans ladite couche semi-conductrice étant notamment identique ou différent de celui compris dans la couche électriquement isolante fluorée.

[0049] La couche semi-conductrice fluorée peut se présenter sous la forme d'un ruban, d'un extrudât, d'un vernis, ou d'une de leurs combinaisons.

[0050] Selon l'invention, on considère plus particulièrement qu'une couche est semi-conductrice lorsque sa conductivité électrique est d'au moins 0,001 S.m^{-1} (siemens par mètre).

[0051] En particulier, lorsque la couche semi-conductrice fluorée se trouve sous la forme d'un ruban ou d'un extrudât, elle peut être composée d'au moins un polymère ou copolymère fluoré et de 0,1% à 40% en masse environ de charge (électriquement) conductrice, par rapport à la masse totale de ladite couche semi-conductrice fluorée.

[0052] Lorsque la couche semi-conductrice fluorée se trouve sous la forme d'un vernis, elle peut être composée d'au moins un polymère ou copolymère fluoré, de type dispersions de FEP, de PFA ou de PTFE, et de 0,1% à 40% en masse environ de charge (électriquement) conductrice, par rapport à la masse totale de ladite couche semi-conductrice fluorée.

[0053] De préférence, la couche semi-conductrice fluorée comprend au moins 10% en masse environ de charge électriquement conductrice, et encore plus préférentiellement au moins 25% en masse environ de charge électriquement conductrice, par rapport à la masse totale de ladite couche semi-conductrice fluorée.

[0054] La charge électriquement conductrice peut être choisie avantageusement parmi les noirs de carbone, les nanotubes de carbone et un de leurs mélanges.

[0055] Selon une caractéristique de l'invention, la couche semi-conductrice fluorée présente une résistivité longitudinale de 0,04 à 100 Ohm.m , et de préférence de 0,06 à 0,6 Ohm.m .

[0056] La couche extérieure (superficielle) apte à être marquée peut être sous la forme d'un ruban, d'un extrudât ou d'un vernis. Elle peut en particulier comprendre au moins un polymère ou copolymère fluoré, comme par exemple du

PTFE, du FEP, du PFA, du ETFE, et au moins un pigment de type complexe métallique.

[0057] Comme indiqué plus haut, lorsqu'une ou plusieurs autres couches fluorées sont présentes, l'épaisseur e_2 (en mm) désigne l'épaisseur de la couche électriquement isolante fluorée cumulée avec les épaisseurs des autres couches fluorées telle que celles précitées (couche de marquage fluorée, couche semi-conductrice fluorée, autre couche électriquement isolante fluorée, etc...).

[0058] Les autres couches fluorées du câble de l'invention si elles existent sont de préférence frittées (e.g. couche(s) adhésive(s) fluorée(s)).

[0059] La couche électriquement isolante comprenant du polyimide peut être réalisée par rubanage (enroulement d'un ruban polyimide), par enduction de vernis (mélange de composants polymérisant *in situ*) ou par extrusion, selon des techniques connues de l'homme du métier.

[0060] Le câble comprenant les caractéristiques susmentionnées est destiné à être utilisé dans le domaine de l'aéronautique, notamment à 230 V (entre la phase et le neutre du système triphasé) et est en particulier destiné à équiper les avions.

[0061] Pour une meilleure compréhension de l'invention, la description fera référence au dessin annexé et qui figure uniquement à titre illustratif et non limitatif.

[0062] La figure 1 illustre une vue en section transversale d'un câble électrique au stade de l'isolation (sans gaine) selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

Exemple de réalisation :

[0063] 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 sur la figure 1.

[0064] Selon un premier mode de réalisation, le fil de câblage (hook up wire) ou le câble de puissance **1**, représenté sur la figure 1, comprend : un élément électriquement conducteur allongé central **2**, notamment en cuivre ou en aluminium, de type multibrins, et, successivement et coaxialement autour de cet élément électriquement conducteur allongé central **2**, une première couche adhésive en FEP **5a**, une couche électriquement isolante en polyimide (PI) **3**, une seconde couche adhésive en FEP **5b** et une couche électriquement isolante en PTFE **4**, représentant ici la couche externe du câble **1**. Les différentes couches sont obtenues par rubanage. Le câble est ensuite traité thermiquement afin de fritter la couche externe de PTFE. Pour cela, une température supérieure à 340°C est appliquée.

[0065] L'ensemble FEP/PI/FEP correspond de manière préférée au ruban Kapton FN® de chez Dupont comprenant une couche de PI de 25,4 μm d'épaisseur revêtue sur chacune de ses faces d'une couche de FEP de 2,5 μm d'épaisseur avant frittage.

[0066] Après la pose (ou rubanage) de la couche électriquement isolante de PTFE, le câble électrique ainsi isolé est traité thermiquement dans un four à une température supérieure à la température de fusion du PTFE, à savoir à une température supérieure à 340°C, pour obtenir le frittage du PTFE et des couches de FEP. Par cette unique étape de traitement thermique qui comprend l'étape de thermosoudage du polyimide et l'étape de frittage du PTFE et des couches de FEP, on assure l'adhésion de toutes les épaisseurs de rubans. En effet, le traitement thermique conduit à la cohésion de la couche électriquement isolante de PTFE sur la couche électriquement isolante en PI et au collage de la couche électriquement isolante en PI sur lui-même et sur l'élément électriquement conducteur allongé.

[0067] Dans le tableau 1 ci-dessous, sont illustrés deux câbles conformes à l'invention et à titre comparatif deux câbles tels que décrits dans EP 2 557 572 A1, avec pour chacun des câbles l'épaisseur totale des couches électriquement isolantes de PI après frittage, l'épaisseur des couches fluorées après frittage (couches adhésives et couche électriquement isolante fluorée), leur section en mm^2 et en AWG (qui correspond au plus proche de la section en mm^2 pour des conducteurs multi-brins) et leur tension d'apparition de décharges PDIV en V RMS. Dans cet exemple, on a utilisé deux épaisseurs du ruban Kapton FN® de chez Dupont pour qu'il y ait recouvrement. On a donc une couche électriquement isolante fluorée de PTFE, deux couches électriquement isolante en polyimide (PI) et quatre couches adhésives de FEP selon la disposition suivante de la couche la plus externe à la couche la plus interne : PTFE/FEP/PI/FEP/FEP/PI/FEP/élément électriquement conducteur allongé.

[0068] La PDIV en V RMS a été mesurée selon la dernière édition (2015) de la norme EN 3475-307, méthode B.

TABLEAU 1

	Section (en mm^2)	Section (en AWG)	Epaisseur des couches fluorées (en mm)	Epaisseur de la couche de PI (en mm)	PDIV (en V RMS)
Câble 1	3	12	0,35	0,0508	≥ 566
Câble 2	42	1	0,30	0,0508	≥ 566

(suite)

	Section (en mm ²)	Section (en AWG)	Epaisseur des couches fluorées (en mm)	Epaisseur de la couche de PI (en mm)	PDIV (en V RMS)
Câble 3 (*)	3	12	0,50	0,0508	≥700
Câble 4 (*)	42	1	0,50	0,0508	≥1050
(*) Câble ne faisant pas partie de l'invention					

[0069] Il apparaît que l'on obtient respectivement un poids réduit de 4,9% pour le câble 1 et de 4,4% pour le câble 2, par rapport aux câbles 3 et 4 de l'art antérieur, tout en garantissant un niveau suffisant de tension d'apparition des décharges partielles.

[0070] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec un mode de réalisation particulier, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Câble électrique (1) comprenant :

- un élément électriquement conducteur allongé (2) ayant une section transversale s (en mm²),
- une couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI) (3) entourant ledit élément électriquement conducteur allongé (2) et ayant une épaisseur e_1 (en mm), et
- une couche électriquement isolante fluorée comprenant un polymère fluoré (4), entourant ladite couche électriquement isolante comprenant du polyimide (PI) (3),

caractérisé en ce que l'épaisseur e_2 (en mm) de la couche électriquement isolante fluorée est inférieure à 0,4000 mm, et l'épaisseur totale $e_1 + e_2$ (en mm) est telle que $e_1 + e_2 \geq -0,02140 \times \ln(s) + 0,41613$.

2. Câble électrique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** s est telle que $0,25 \leq s \leq 85$.

3. Câble électrique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** présente une tension seuil d'apparition des décharges partielles, valeur en volt RMS supérieure ou égale à 566 V à une pression de 145 mbar et une température de 150°C.

4. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le polymère fluoré est choisi parmi un polytétrafluoroéthylène (PTFE), un poly(tétrafluoroéthylène-co-hexafluoropropylène) (FEP), un copolymère perfluoro(alkyvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), un poly(éthylène-co-tétrafluoroéthylène) (ETFE) et une de leurs combinaisons.

5. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le polymère fluoré est le PTFE.

6. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur e_2 de la couche électriquement isolante fluorée comprenant un polymère fluoré (4) est telle que $0,2000 \text{ mm} \leq e_2 \leq 0,3950 \text{ mm}$.

7. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur e_2 de la couche électriquement isolante fluorée (4) est mesurée après frittage de ladite couche.

8. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche électriquement isolante fluorée (4) est rubanée.

9. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en

outre, au moins une couche adhésive fluorée comprenant un polymère fluoré (5a, 5b), le polymère fluoré compris dans ladite couche adhésive (5a, 5b) étant identique ou différent de celui compris dans la couche électriquement isolante fluorée (4).

- 5 10. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche électriquement isolante comprenant un polyimide (3) est recouverte sur chacune de ses faces d'une couche adhésive fluorée (5a, 5b).
- 10 11. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément électriquement conducteur allongé (2) correspond à du cuivre (Cu), un alliage de Cu étamé, un alliage de Cu argenté, un alliage de Cu nickelé, de l'aluminium (Al), de l'aluminium nickelé ou de l'aluminium cuivré et nickelé.
- 15 12. Câble électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche électriquement isolante fluorée (4) est frittée.
- 20 13. Câble électrique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre au moins une couche semi-conductrice fluorée.
- 25 14. Câble électrique selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la couche semi-conductrice fluorée comprend au moins un polymère fluoré, le composé fluoré compris dans ladite couche semi-conductrice étant identique ou différent de celui compris dans la couche électriquement isolante fluorée (4).
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

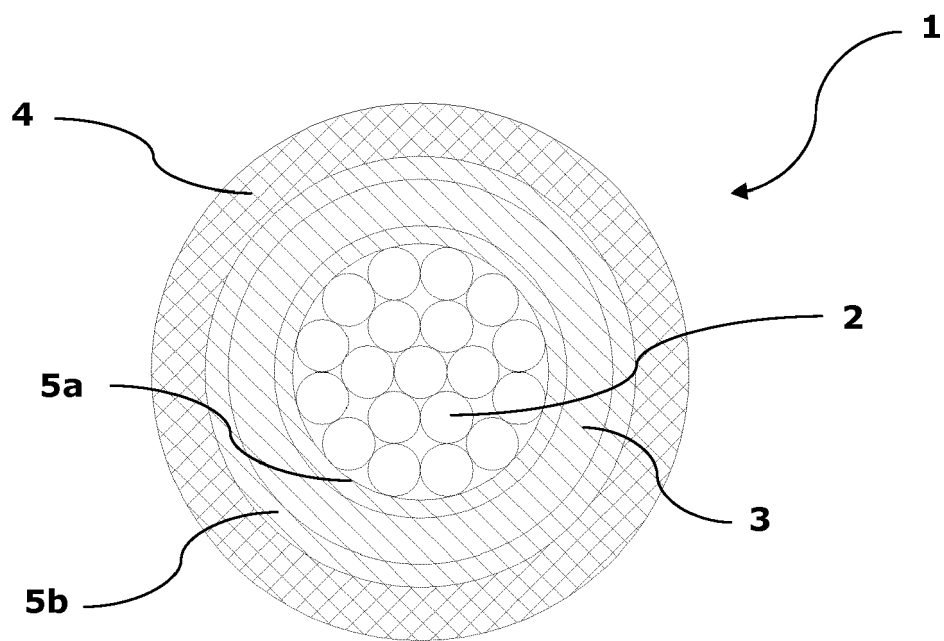


FIG.1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 15 4329

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)
A	US 2003/062190 A1 (KIM YOUNG JOON [US] ET AL) 3 avril 2003 (2003-04-03) * alinéas [0039] - [0044], [0056], [0068], [0081], [0082]; figures 1-4; exemples 1-9; tableau 1 *	1-14	INV. H01B7/28 H01B3/30 H01B3/44 H01B7/29
A	EP 2 557 572 A1 (NEXANS [FR]) 13 février 2013 (2013-02-13) * revendication 1; exemples 1-9 *	1-14	
A	EP 2 040 267 A1 (NEXANS [FR]) 25 mars 2009 (2009-03-25) * alinéas [0099] - [0102]; figure 1 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		22 mai 2018	Vanier, Cécile
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 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			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

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

EP 18 15 4329

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.

22-05-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003062190 A1	03-04-2003	AT 375594 T	15-10-2007
		AU 2002303379 A1	28-10-2002
		BR 0208995 A	27-04-2004
		CA 2444044 A1	24-10-2002
		CN 1509482 A	30-06-2004
		EP 1380036 A2	14-01-2004
		JP 2004533092 A	28-10-2004
		US 2003062190 A1	03-04-2003
		WO 02084674 A2	24-10-2002
EP 2557572 A1	13-02-2013	CN 102956318 A	06-03-2013
		EP 2557572 A1	13-02-2013
		ES 2581605 T3	06-09-2016
		FR 2979032 A1	15-02-2013
		US 2013206452 A1	15-08-2013
EP 2040267 A1	25-03-2009	BR PI0803759 A2	15-06-2010
		CN 101393780 A	25-03-2009
		EP 2040267 A1	25-03-2009
		ES 2576640 T3	08-07-2016
		FR 2921511 A1	27-03-2009
		US 2009090552 A1	09-04-2009

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 2557572 A1 [0004] [0067]