

(19)



(11)

EP 2 557 572 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
13.02.2013 Bulletin 2013/07

(51) Int Cl.:
H01B 3/00 (2006.01) H01B 3/30 (2006.01)
H01B 3/44 (2006.01) H01B 7/28 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12179482.0**

(22) Date de dépôt: **07.08.2012**

(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

- **Phul, Virak**
91320 Wissous (FR)
- **Rybski, Patrick**
91330 Yerres (FR)
- **Clouet, Pascal**
91270 Vigneux sur Seine (FR)
- **Lecluse, Wilfried**
78210 Saint Cyr l'Ecole (FR)
- **da Silva, Rui Manuel**
91380 Chilly-Mazarin (FR)

(30) Priorité: **09.08.2011 FR 1157253**

(71) Demandeur: **Nexans**
75008 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Peguet, Wilfried et al**
Feray Lenne Conseil
Le Centralis
63, avenue du Général Leclerc
92340 Bourg-la-Reine (FR)

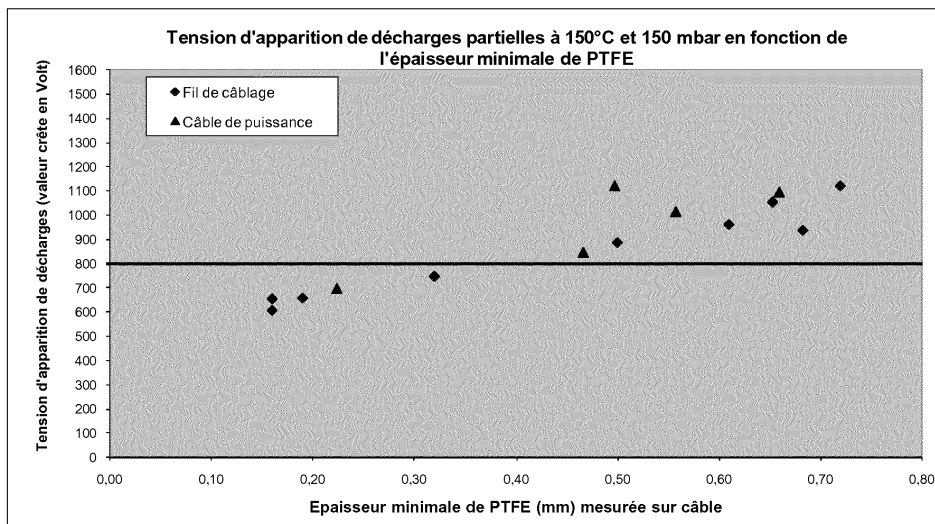
- (72) Inventeurs:
- **Janah, Hakim**
62137 Coulogne (FR)
 - **Daumand, Thierry**
35580 Guignen (FR)

(54) **Câble électrique résistant aux décharges partielles**

(57) La présente invention concerne un câble électrique (1) comprenant :
- un élément conducteur (2),
- une première couche (3) comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément conducteur (2),
- une deuxième couche (4) fluorée comprenant au moins

un composé fluoré, entourant ladite première couche, et
- optionnellement au moins une couche semi-conductrice fluorée comprenant au moins un composé fluoré,
caractérisé en ce que l'épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées est d'au moins 0,4 mm.

Fig.2



EP 2 557 572 A1

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un câble électrique, et s'applique typiquement mais non exclusivement aux câbles électriques utilisés en aéronautique, par exemple à bord des avions.

[0002] Ce type de câble électrique doit satisfaire de nombreux critères nécessaires à son utilisation dans l'aéronautique, notamment lorsqu'il est soumis à des tensions élevées, de l'ordre de 230 V, et pour les câbles situés dans les zones non pressurisées.

[0003] Ce 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 électroniques, tels que les câbles électriques. Or, les décharges partielles, qui sont de minuscules arcs électriques dans le matériau isolant du câble, provoquent avec le temps, une dégradation de la matière isolante qui peut mener à la rupture du diélectrique.

[0004] D'autres critères peuvent également être pris en compte comme le poids et le diamètre dudit câble qui ne doivent pas être excessifs, et la marquabilité dudit câble afin de permettre, quand cela est nécessaire, son identification.

[0005] Dans l'art antérieur, il est connu d'équiper les avions de fils de câblage, 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.

[0006] Le document EP 1 498 909 concerne une composition multi-couches ayant pour fonction d'isoler et/ou de protéger des matériaux conducteurs électriques, tels que des câbles pour l'aéronautique. Cette composition isolante comprend successivement autour de l'élément électrique à protéger, une première couche en polyimide (PI), une deuxième couche en copolymère perfluoro(alkylvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA) et éventuellement une couche externe en polytétrafluoroéthylène (PTFE). L'épaisseur de la couche de PI va de 8 à 150 μm et l'épaisseur de PTFE va de 1 à 200 μm. Toutefois, la résistance aux décharges partielles d'un câble entouré de cette composition n'est pas non plus optimisée pour des tensions élevées, telles que 230 V.

[0007] La présente invention a pour but de proposer un nouveau câble qui évite tout ou partie des inconvénients précités. En particulier, la présente invention a pour but de fournir un câble résistant 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) et de basses pressions (environ 150 mbar)

[0008] A cet effet, la présente invention a pour objet un câble électrique comprenant :

- un élément conducteur, de préférence allongé, et de façon encore plus préférée central,
- une première couche comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément conducteur,
- une deuxième couche fluorée comprenant un composé fluoré, entourant ladite première couche, et
- optionnellement au moins une couche semi-conductrice fluorée pouvant comprendre au moins un composés fluoré, le composé fluoré compris dans ladite couche semi-conductrice étant notamment identique ou différent de celui compris dans la deuxième couche fluorée, et
- optionnellement au moins une couche adhésive fluorée pouvant comprendre au moins un composé fluoré, le composé fluoré compris dans ladite couche adhésive étant notamment identique ou différent de celui compris dans la deuxième couche fluorée,

caractérisé en ce que l'épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées, est d'au moins 0,4 mm, et de préférence d'au moins 0,5 mm.

[0009] Plus particulièrement, le composé fluoré peut être un polymère (ou copolymère) fluoré, et de préférence il peut être choisi parmi : du polytétrafluoroéthylène (PTFE), du poly(tétrafluoroéthylène-co-hexafluoropropylène) (FEP), copolymère perfluoro(alkylvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), et du poly(éthylène-co-tétrafluoroéthylène) (ETFE), ou une de leurs combinaisons

[0010] Il a été mis en évidence et de manière surprenante que ladite épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées d'au moins 0,4 mm au sein des différentes couches du câble, permet d'augmenter la résistance dudit câble aux décharges partielles et ce quel que soit le diamètre du câble.

[0011] Par « épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées », on entend :

- soit l'épaisseur de la deuxième couche (fluorée), pouvant notamment comprendre du PTFE, PFA, ETFE et FEP ou une de leurs combinaisons, qui est d'au moins 0,4 mm,
- soit l'épaisseur de cette deuxième couche (fluorée) cumulée avec l'épaisseur d'autres couches fluorées optionnelles comprenant au moins un composé fluoré tel que notamment du PTFE, PFA, ETFE et FEP ou une de leurs combinaisons, ces couches fluorées optionnelles peuvent être ladite couche semi-conductrice fluorée et/ou ladite couche adhésive fluorée, et/ou toutes autres couches fluorées optionnelles (ex : couche de marquage) comprenant au

moins un composé fluoré défini dans l'invention, l'épaisseur totale de l'ensemble de ces couches, comprenant un ou plusieurs composés fluorés, tels que notamment du PTFE, PFA, ETFE et FEP ou une de leurs combinaisons, étant d'au moins 0,4mm.

- 5 **[0012]** De préférence, une couche est dite comprendre au moins un composé fluoré lorsqu'elle comporte, en poids par rapport au poids de ladite couche, au moins 50% de composé(s) fluoré(s), de préférence au moins 70 % de composé (s) fluoré(s), et de manière encore plus préférée au moins 80% de composé(s) fluoré(s), et de manière encore plus préférée 90% de composé(s) fluoré(s), tels que notamment du PTFE, PFA, ETFE ou FEP ou une de leurs combinaisons.
- 10 **[0013]** Avantageusement, le composé fluoré est le PTFE.
- [0014]** Préférentiellement, l'épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées, tels que par exemple en PTFE, PTFA, ETFE ou FEP ou une de leurs combinaisons, après frittage, est d'au moins 0,5 mm, et de préférence de 0,56 mm, tandis que l'épaisseur totale maximale de l'ensemble des couches fluorées, tels que par exemple en PTFE, PFA, ETFE ou FEP ou une de leurs combinaisons, sera avantageusement aux alentours de 0,7 mm. Ainsi, l'épaisseur, notamment maximale, de l'ensemble des couches fluorées, sera fonction du volume destiné pour le câblage dans l'avion.
- 15 **[0015]** Selon l'invention, la deuxième couche fluorée (e.g. PTFE, PFA, ETFE ou FEP) peut être rubanée et/ou extrudée.
- [0016]** Lorsqu'elle est rubanée, la deuxième couche peut correspondre à l'enroulement d'un ou de plusieurs rubans de composé(s) fluoré(s) (e.g. PTFE (cf : exemple 2), PFA, ETFE ou FEP ou une de leurs combinaisons). Elle est ensuite frittée afin de lui conférer ses propriétés mécaniques.
- 20 **[0017]** Préférentiellement, la deuxième couche comporte un ou plusieurs rubans de composé(s) fluoré(s), de préférence un ou plusieurs ruban de PTFE, recouvert d'une couche extrudée d'un desdits composés fluorés (e.g. PTFE, PFA, FEP, ETFE, ou une de leurs combinaisons, de préférence, en PFA, FEP ou en ETFE)).
- [0018]** En particulier, la deuxième couche est partiellement ou totalement frittée, de préférence totalement frittée.
- [0019]** Selon une variante de réalisation, la première couche de PI et la deuxième couche fluorée (e.g. PTFE) sont séparées par une couche adhésive ou une couche semi-conductrice ou une de leurs combinaisons.
- 25 **[0020]** Avantageusement, la couche semi-conductrice est disposée en surface autour de la deuxième couche, ou entre la première et la deuxième couche, ou entre l'élément conducteur et la première couche, ou une de leurs combinaisons.
- [0021]** La couche semi-conductrice se présente sous la forme de ruban, d'extrudât, ou de vernis, ou une de leurs combinaisons. Selon l'invention, on considère plus particulièrement qu'une couche est semi-conductrice lorsque sa conductivité électrique est d'au moins $0,001 \text{ S.m}^{-1}$ (siemens par mètre).
- 30 **[0022]** En particulier, lorsque la couche semi-conductrice se trouve sous forme de ruban ou d'extrudât, elle peut être composée de polymère ou de copolymères fluorés (cf. couche semi-conductrice fluorée) comprenant, en poids par rapport au poids total de ladite couche semi-conductrice, de 0,1% à 40% de charge (électriquement) conductrice.
- [0023]** Lorsque que la couche semi-conductrice se trouve sous forme de vernis, elle peut être composée de composants fluorés, de type dispersions de FEP ou de PFA ou de PTFE comprenant, en poids par rapport au poids total de ladite couche semi-conductrice, de 0,1% à 40% de charge (électriquement) conductrice.
- 35 **[0024]** De préférence, la ou les couches semi-conductrices peuvent comprendre au moins 10 % en poids de charge électriquement conductrice, et encore plus préférentiellement au moins 25% en poids de charge électriquement conductrice, par rapport au poids total de ladite couche semi-conductrice. La charge électriquement conductrice peut être choisie avantageusement parmi les noirs de carbone, les nanotubes de carbone, ou un de leurs mélanges.
- 40 **[0025]** Selon une caractéristique de l'invention, la couche semi-conductrice présente une résistivité longitudinale de 0,04 à 100 Ohm.m, de préférence de 0,06 à 0,6 Ohm.m.
- [0026]** Préférentiellement, la première couche en polyimide varie de 0,015 mm à 0,1 mm, et de préférence, est de l'ordre de 0,030 à 0,075 mm, et encore plus préférentiellement de l'ordre de 0,060 mm. Cette première couche comprenant du polyimide peut être réalisée par rubanage (enroulement d'un ruban polyimide) ou par enduction de vernis (mélange de composants polymérisant in situ), selon des techniques connues de l'homme du métier.
- 45 **[0027]** De manière avantageuse, au moins une couche adhésive est disposée sur : au moins une des deux faces de la première couche comprenant du polyimide, ou entre l'élément conducteur et la couche semi-conductrice lorsque celle-ci se situe entre l'élément conducteur et la première couche, ou une de leurs combinaisons. Une couche adhésive a pour fonction de permettre l'adhésion entre les couches qu'elle relie ou entre l'élément conducteur et la couche qu'elle relie.
- 50 **[0028]** Selon une caractéristique de l'invention, la ou les couches adhésives est composée 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 sont choisis parmi : poly(tétrafluoroéthylène-cohexafluoropropylène) (FEP), copolymère perfluoro(alkyvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), polytétrafluoro-éthylène (PTFE), et poly(éthylène-co-tétrafluoroéthylène) (ETFE), ou une de leurs combinaisons, lesdits composés fluorés susmentionnés présentant des propriétés d'adhérence. En effet, ils sont aptes à faire adhérer l'élément conducteur à la première couche (couche de PI) ou la couche de PI à la deuxième couche (e.g. couche de 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.

[0030] Par exemple, la première couche en polyimide peut être recouverte sur chacune de ses faces d'un revêtement de copolymère d'éthylène propylène fluoré (FEP) en tant que couche adhésive. Le produit Kapton FN[®] convient pour la présente invention. Il se présente sous forme de ruban. L'épaisseur de FEP par face est dans ce cas de 2,5 μm et l'épaisseur de PI est de 25,4 μm. La couche de PI dans le câble est ainsi obtenue par enroulement d'au moins deux épaisseurs de ruban pour qu'il y ait recouvrement, et en découle une épaisseur de couche de PI de l'ordre de 0,05 mm et une épaisseur de couche PI avec couches adhésives (produit Kapton FN[®]) de l'ordre de 0,06 mm.

[0031] De préférence, le ratio d'épaisseur de la deuxième couche (par exemple une couche de PTFE) sur la couche de PI varie de 4 à 22, et de préférence de 7,5 à 12, pour des sections nominales de conducteur allant de 0,15 à 95 mm².

[0032] L'élément conducteur convenant selon l'invention est par exemple du type massif ou câblé (« *stranded* ») et peut correspondre à : du cuivre (Cu), à un alliage de Cu étamé, à un alliage de Cu argenté, à un alliage de Cu nickelé, à de l'aluminium (Al) nickelé, à de l'aluminium cuivré et nickelé (bien connu sous l'anglicisme « *nickel plated copper clad aluminum* »).

[0033] Dans un autre mode de réalisation, le câble électrique comprend en outre une couche extérieure (superficielle) apte à être marquée. Cette dernière couche peut être un ruban ou un extrudât de polymère fluoré ou un vernis fluoré (comme par exemple en PTFE, FEP, PFA, ETFE ou un de leurs mélanges) comprenant des pigments de type complexes métalliques.

[0034] Le câble comprenant les caractéristiques susmentionnées est destiné à être utilisé dans le domaine de l'aéronautique et est notamment destiné à équiper les avions.

[0035] Pour une meilleure compréhension de l'invention, la description fera référence à des dessins annexés et qui figurent uniquement à titre illustratif et non limitatif.

[0036] Sur ces dessins :

- 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 ; et
- La figure 2 représente un graphique montrant la tension d'apparition de décharges (PDIV) à 150°C pour une pression de 150 mbar en fonction de l'épaisseur en mm de la deuxième couche en PTFE et pour différents types de câbles, et de sections nominales de conducteurs de 0,95 à 70 mm².

Exemples de réalisation :

Exemple 1 : exemple de composition d'un câble selon l'invention (figure 1)

[0037] 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.

[0038] 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 conducteur 2 central, notamment en cuivre ou en aluminium, de type multibrins, et, successivement et coaxialement autour de cet élément, une première couche adhésive en FEP 5a, une couche en polyimide PI 3 dite « première couche », une seconde couche adhésive 5b et une couche en PTFE 4, dite deuxième couche, 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.

[0039] Dans cet exemple, l'épaisseur de PI est de 0,058 mm et l'épaisseur de la deuxième couche de PTFE après frittage est de l'ordre de 0,56 mm, de sorte que le ratio PTFE/PI = 0,56/0,058 = 9,65.

Exemple 2 : procédé et autre composition d'un câble selon l'invention

[0040] Selon un autre mode de réalisation, un câble électrique comprend un conducteur électrique, par exemple en cuivre ou en alliage de cuivre recouvert d'une couche de nickel, généralement de type multibrins.

[0041] Ledit conducteur électrique est recouvert d'une couche adhésive en FEP, elle-même recouverte d'une couche en PI, elle-même recouverte d'une autre couche adhésive en FEP. Cet 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.

[0042] L'ensemble FEP/PI/FEP est ensuite entourée par une couche, comprenant un enroulement de trois rubans PTFE : un premier ruban de PTFE d'une épaisseur avant frittage de l'ordre de 180 μm, un deuxième ruban PTFE d'une épaisseur avant frittage de l'ordre de 180 μm, et un troisième ruban PTFE qui comprend avantageusement une

EP 2 557 572 A1

couche de PTFE pigmentée (3%) et présente une épaisseur avant frittage de l'ordre de 76 μm . Le pigment du troisième ruban PTFE est un complexe métallique. Celui-ci permet le marquage par laser UV de la surface de la couche extérieure dudit troisième ruban. Généralement les pigments ne représentent pas plus de 5% en poids dudit troisième ruban. Il est préférable de ne pas dépasser cette valeur de 5%, voire de la minimiser afin de ne pas dégrader les propriétés électriques du câble.

[0043] Après la pose (ou rubanage) du premier ruban de PTFE, le conducteur 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. Par cette unique étape de traitement thermique qui comprend l'étape de thermosoudage du polyimide et l'étape de frittage du PTFE, on assure l'adhésion de toutes les épaisseurs de rubans. En effet, le traitement thermique conduit à la cohésion du ruban PTFE sur le ruban PI et au collage du ruban PI sur lui-même et sur l'élément conducteur.

[0044] Après cette étape de cuisson, le deuxième puis le troisième ruban sont posés.

[0045] Ensuite, l'étape de marquage du troisième ruban (marquage par laser UV) est réalisée selon des techniques connues de l'homme du métier.

[0046] Enfin, un deuxième traitement thermique à une température supérieure à 340°C est effectué, de sorte à fritter le deuxième et troisième ruban de PTFE (c'est-à-dire les rubans posés après le premier traitement thermique). Les différentes étapes de traitement thermique s'effectuent généralement dans un four ou une batterie de fours.

[0047] Après cuisson, l'épaisseur totale de la couche en PTFE est de l'ordre de 0,68 mm.

[0048] Puis, le câble est avantageusement recouvert d'un écran métallique (tressage de fils métalliques) et d'une gaine composite. Ces deux derniers éléments sont connus de l'homme du métier.

Exemple 3: Test de résistance de câbles obtenu selon l'exemple 2 pour différente épaisseur de PTFE et différentes sections nominales de conducteurs (figure 2)

[0049] La tension d'apparition de décharges a été mesurée pour différents câbles. Ces câbles ont été réalisés en suivant le procédé de l'exemple 2. Le premier traitement thermique a lieu après la pose du premier ruban et le deuxième et dernier traitement thermique a lieu après la pose du dernier ruban. Les caractéristiques des câbles au stade isolation (sans tresse métallique et gaine) selon l'invention sont représentées dans le tableau ci-dessous :

[0050] L'épaisseur moyenne de Kapton FN[®] représente l'épaisseur mesurée sur le câble une fois fabriqué, tandis que l'épaisseur des rubans de PTFE correspond à l'épaisseur des rubans PTFE utilisés (avant fabrication du câble) et l'épaisseur cumulée correspond à l'épaisseur mesurée une fois le câble fabriqué.

EP 2 557 572 A1

ex	Nature du conducteur/ section nominale (mm ²)	Epaisseur moyenne de Kapton FN® (mm)	épaisseurs des rubans de PTFE(μm)						Epaisseur cumulée PTFE (mm)
			1	2	3	4	5	6	
1	NPC/0.95	0,060	64	64					0,19
2	NPC/0.95	0,060	76	76	76	76			0,50
3	NPC/0.95	0,060	76	76	76	76	76	76	0,72
4	NPC/1.45	0,062	100	100					0,32
5	NPC/1.45	0,062	100						0,16
6	NPC/1.45	0,069	100	76	76	76	76		0,653
7	NPC/4.1	0,062	100	76	76	76	76		0,61
8	NPC/4.1	0,062	100						0,16
9	NPC/6.6	0,069	180	180	76				0,683
10	NPA/27.1	0,076	76	76					0,224
11	NPA/27.1	0,074	180	100					0,466
12	NPA/27.1	0,058	180	180	76				0,557
13	NPA/42.9	0,060	180	180	76				0,497
14	NPA/70	0,056	180	180	76				0,659

Les exemples 1 à 9 sont des fils de câblage et les exemples 10 à 14 sont des câbles de puissance.

NPC : cuivre plaqué Nickel

NPA : Aluminium plaqué Nickel

[0051] Pour chaque échantillon de 1000 +/- 5 mm, une boucle de câble est réalisée. Le diamètre de la boucle est compris entre 8 et 12 fois le diamètre extérieur du câble.

[0052] La tresse du câble est défaits sur environ 5 mm pour permettre de la connecter à la terre.

[0053] La boucle du câble est positionnée dans une étuve configurée de manière à permettre l'application de vide, de tension et la connexion au système de mesure (oscilloscope).

[0054] Lorsque les conditions de température et de pression sont atteintes et stabilisées, une tension alternative 50 Hz est appliquée entre le conducteur et la tresse.

[0055] La tension est augmentée de 50 Volt/s, jusqu'à apparition de décharges partielles. La tension correspondante (Partial Discharges Inception Voltage) est relevée.

[0056] L'une des fonctionnalités de l'oscilloscope permet de compter le nombre de décharges dépassant un gabarit préalablement défini (5 pC).

[0057] La définition de la tension d'apparition des décharges partielles est celle atteinte quand il se produit au moins une décharge par seconde pendant une période de 30 secondes.

[0058] La tension est ensuite augmentée de 100 volts au dessus du PDIV avant de redescendre pour déterminer la tension d'extinction des décharges partielles, qui est définie par l'oscilloscope comme la tension à laquelle la dernière décharge a été détectée.

[0059] Comme le montre le graphique 2, les câbles présentant une épaisseur cumulée de couches comprenant du PTFE supérieure ou égale à 0,4 mm, peuvent supporter une tension d'apparition de décharges (PDIV) supérieure aux câbles présentant une épaisseur totale de couches comprenant du PTFE inférieure à 0,4mm, et ce quelle que soit la section du conducteur ou sa nature. Il a été considéré une limite de PDIV supérieure à 800 V, valeur crête, qui est la tension minimale sans décharges actuellement pressentie pour l'application 230 V de fils de câblage et de câbles de puissance..

[0060] Ces essais montrent ainsi qu'une épaisseur de couche(s) comprenant du PTFE d'au moins 0,4 mm permet d'obtenir des câbles présentant une bonne résistance aux décharges partielles à une température élevée 150°C et à basse pression 150mBar.

[0061] 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 :
 - 5 - un élément conducteur (2),
 - une première couche (3) comprenant du polyimide (PI) entourant ledit élément conducteur (2),
 - une deuxième couche (4) fluorée comprenant au moins un composé fluoré, entourant ladite première couche, et
 - optionnellement au moins une couche semi-conductrice fluorée comprenant au moins un composé fluoré,
- 10 **caractérisé en ce que** l'épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées est d'au moins 0,4 mm.
2. Câble électrique (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'épaisseur totale de l'ensemble des couches fluorées est d'au moins 0,5 mm.
- 15 3. Câble électrique (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le composé fluoré de la deuxième couche (4) est choisi parmi : du polytétrafluoroéthylène (PTFE), du poly(tétrafluoroéthylène-co-hexafluoropropylène) (FEP), copolymère perfluoro (alkyvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), et du poly(éthylène-co-tétra fluoroéthylène) (ETFE), ou une de leurs combinaisons.
- 20 4. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le composé fluoré est le PTFE.
5. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la deuxième couche se présente sous la forme d'un ou de plusieurs rubans et d'extrudât, ou une de leurs combinaisons.
- 25 6. Câble électrique (1) selon la revendication 5, dans lequel la deuxième couche comporte un ou plusieurs rubans d'un desdits composés fluorés, de préférence un ou plusieurs ruban de PTFE, recouvert d'une couche extrudée d'un desdits composés fluorés.
7. Câble selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la deuxième couche est totalement frittée.
- 30 8. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite couche semi-conductrice est positionnée en surface autour de la deuxième couche (4), ou entre la première couche (3) et la deuxième couche (4), ou entre l'élément conducteur (2) et la première couche (3), ou une de leurs combinaisons.
- 35 9. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche semi-conductrice se présente sous la forme de ruban, ou d'extrudât, ou de vernis, ou une de leurs combinaisons.
- 40 10. Câble électrique (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**, lorsque la couche semi-conductrice se trouve sous forme de ruban ou d'extrudât, elle est composée de polymère ou de copolymères fluorés comprenant, en poids par rapport au poids total de ladite couche semi-conductrice, de 0,1% à 40% de charge (électriquement) conductrice,
- 45 11. Câble électrique (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**, lorsque que la couche semi-conductrice se trouve sous forme de vernis, elle est composée de composants fluorés comprenant, en poids par rapport au poids total de ladite couche semi-conductrice, de 0,1% à 40% de charge (électriquement) conductrice.
- 50 12. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche semi-conductrices présente une résistivité longitudinale de 0,04 à 100 Ohm.m.
- 55 13. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la première couche (3) varie de 0,028 mm à 0,1 mm.
14. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une couche adhésive est disposée sur : au moins une des deux faces de le première couche (3), ou entre l'élément conducteur (2) et la couche semi-conductrice lorsque celle-ci se situe entre l'élément conducteur (2) et la première couche (3), ou une de leurs combinaisons.
15. Câble électrique (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la couche adhésive est composée

d'un ou de plusieurs polymères fluorés.

5 16. Câble électrique (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le ou les polymères fluorés de la couche adhésive sont choisis parmi : poly(tétrafluoroéthylène-cohexafluoropropylène) (FEP), perfluoro(alkyvinyléther)/tétrafluoroéthylène (PFA), polytétrafluoroéthylène (PTFE), et poly(éthylène-co-tétrafluoroéthylène) (ETFE), ou une de leurs combinaisons, lesdits composés fluorés susmentionnés présentant des propriétés d'adhérence.

10 17. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ratio d'épaisseur de la ou des couches fluorée(s) sur la couche de PI, varie de 4 à 22.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

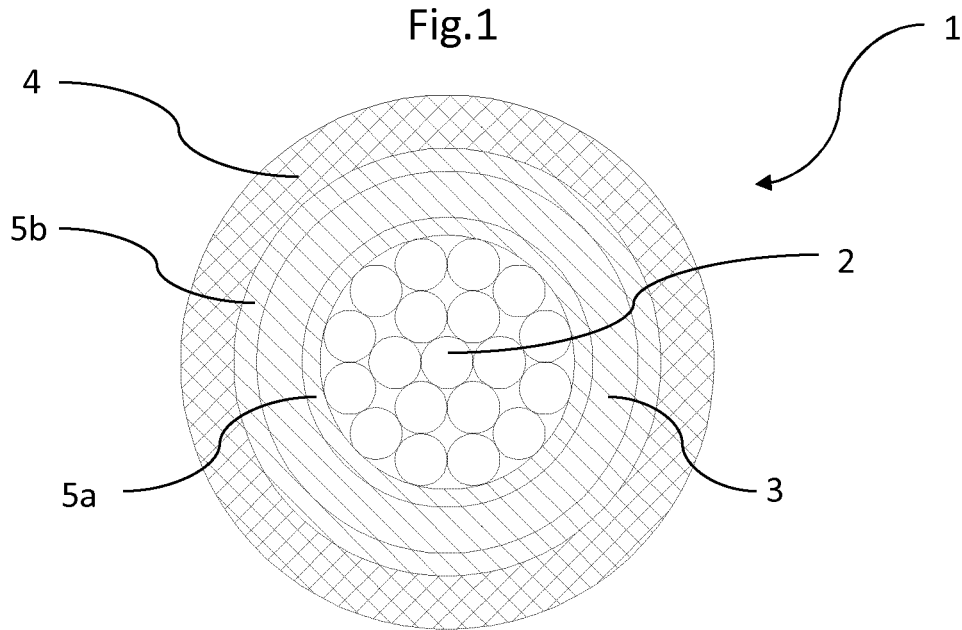
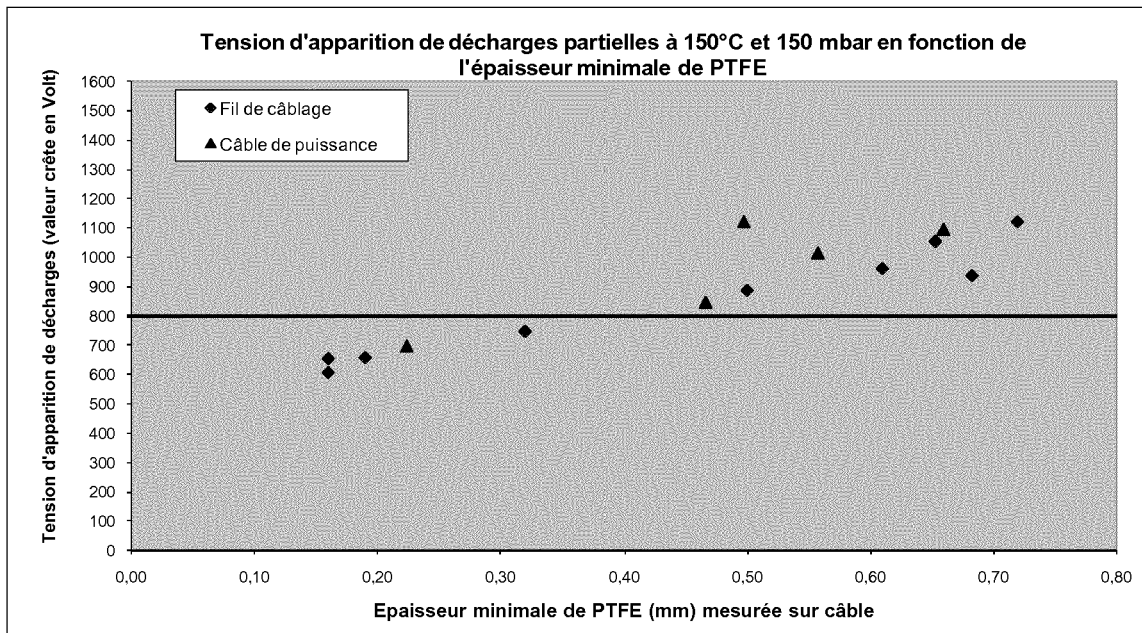


Fig.2





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 12 17 9482

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,D	EP 1 498 909 A1 (DU PONT [US]) 19 janvier 2005 (2005-01-19) * alinéas [0001], [0006], [0007], [0011] - [0016], [0027] - [0029], [0036], [0037], [0044], [0050], [0053] * * alinéas [0073] - [0076]; figure 1; exemple 1 *	1-17	INV. H01B3/00 H01B3/30 H01B3/44 H01B7/28
X	WO 02/084674 A2 (JUDD WIRE INC [US]; KIM YOUNG JOON [US]; WAN ZENG [US]; YI JUN HONG [U] 24 octobre 2002 (2002-10-24) * alinéas [0014], [0025], [0030], [0037], [0040], [0042], [0049] - [0055]; figure 1 * * alinéas [0078], [0-90]; tableau 1 * -----	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 21 septembre 2012	Examineur Vanier, Cécile
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			

1
EPO FORM 1503 03/02 (P04C02)

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

EP 12 17 9482

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.

21-09-2012

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

WO 02084674	A2	24-10-2002	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

EPO FORM P0460

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 1498909 A [0006]