



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**05.02.2014 Bulletin 2014/06**

(51) Int Cl.:  
**H01B 7/28** (2006.01) **H01B 5/00** (2006.01)  
**H01B 17/50** (2006.01) **H01B 3/12** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13174520.0**

(22) Date de dépôt: **01.07.2013**

(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**

(72) Inventeur: **Sumera, Rodrigue**  
**62860 Epinoy (FR)**

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

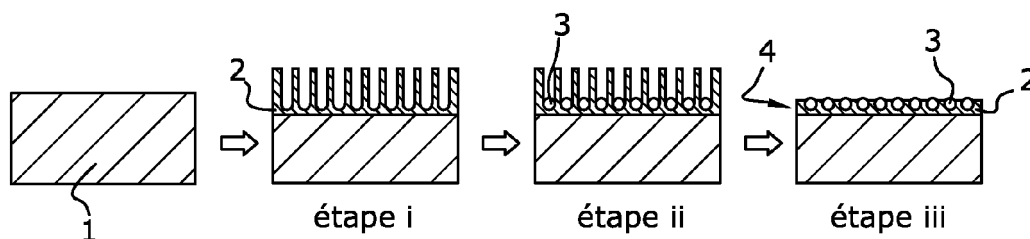
(30) Priorité: **02.08.2012 FR 1257527**

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

(54) **Procédé pour fabriquer un câble électrique comprenant un revêtement hydrophobe**

(57) La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé (1) entouré par un revêtement hydrophobe (4), caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :  
i. former une couche d'hydroxyde d'alumine poreux (2) comprenant des pores, autour dudit élément électrique-

ment conducteur allongé,  
ii. remplir au moins en partie les pores de la couche d'hydroxyde d'alumine poreux (2), par un matériau hydrophobe (3), et  
iii. dissoudre partiellement la couche d'hydroxyde d'alumine poreux, de manière à former ledit revêtement hydrophobe (4).



**Fig. 1**

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte à un procédé pour fabriquer un câble électrique comprenant un revêtement hydrophobe, ainsi qu'un câble électrique obtenu par ledit procédé.

**[0002]** Elle s'applique typiquement, mais non exclusivement, aux câbles de transmission électrique à haute tension ou câbles aériens de transport d'énergie, bien connus sous l'anglicisme OHL "*OverHead Lines*".

**[0003]** Plus particulièrement, l'invention concerne un câble électrique apte à réduire l'effet couronne.

**[0004]** Les lignes aériennes sont traditionnellement constituées par un ou plusieurs conducteurs électriques nus, tendus sur un ensemble approprié de pylônes. Ces lignes sont classiquement destinées au transport de l'énergie électrique sous une haute tension alternative (225 à 800 kV). Chaque conducteur électrique a donc un diamètre de quelques centimètres et peut être composé de plusieurs fils métalliques assemblés. Le long du conducteur électrique nu, il se manifeste toujours un effet appelé effet couronne. L'effet de couronne se produit en effet sur tous les conducteurs électriques et lignes aériennes, soumis à une haute tension. Dès que le champ électrique à la surface du conducteur électrique, notamment dépendant des rayons de courbures locaux, devient localement suffisamment grand (i.e. supérieur au champ d'ionisation de l'air humide, de l'ordre de 10kV/cm ; voire supérieur au champ d'ionisation de l'air sec, de l'ordre de 30 kV/cm), l'air s'ionise et forme autour du conducteur électrique une couronne lumineuse.

**[0005]** En configuration opérationnelle du conducteur électrique, l'une des conséquences de l'effet couronne est la production de bruit lorsque le conducteur est mouillé. De ce fait, le conducteur électrique peut devenir une source de gêne notable et de désagréments importants pour ceux qui se trouvent ou demeurent au voisinage de ce type de conducteur. En effet, dans ces conditions, la conductibilité de l'air augmente, et de ce fait, il se produit une ionisation plus intense et plus efficace. L'effet couronne cause également des déperditions d'énergie et peut provoquer des risques sanitaires liés aux rayonnements électromagnétiques, au bruit acoustique et aux pertes de puissance.

**[0006]** Afin de palier à ce problème, une solution consiste à rendre la surface du conducteur électrique hydrophobe. L'hydrophobie de surface permet d'éviter une rétention d'eau au niveau du conducteur électrique afin de diminuer par exemple la formation de givre ou le dépôt d'aspérités sur la surface extérieure du conducteur électrique, et ainsi limiter le phénomène d'effet couronne.

**[0007]** Pour ce faire, le document WO 2006/072648 propose d'entourer un conducteur électrique en aluminium avec un revêtement hydrophobe en matière plastique tel qu'une cire polymère, obtenu par atomisation.

**[0008]** Toutefois, l'inconvénient de ce type de revêtement hydrophobe est qu'il nécessite un retraitement périodique de surface pour garantir son efficacité.

**[0009]** Le but de la présente invention est de pallier les inconvénients des techniques de l'art antérieur en proposant notamment un procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant un revêtement hydrophobe permettant de garantir un effet couronne diminué de façon significative tout en étant facile à mettre en oeuvre et présentant une bonne stabilité dans le temps.

**[0010]** La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, entouré par un revêtement hydrophobe, **caractérisé en ce que** le procédé comprend les étapes suivantes :

- i. former une couche d'hydroxyde d'alumine (i.e. hydroxyde d'oxyde d'aluminium) poreux comprenant des pores, autour dudit élément électriquement conducteur allongé,
- ii. remplir au moins en partie les pores de la couche d'hydroxyde d'alumine poreux, par un matériau hydrophobe, et
- iii. dissoudre partiellement la couche d'hydroxyde d'alumine poreux, de manière à former ledit revêtement hydrophobe.

**[0011]** Grâce au procédé de l'invention, un revêtement hydrophobe peut être facilement formé autour de la surface d'au moins un élément électriquement conducteur allongé, tout en présentant une très bonne stabilité chimique à long terme ne nécessitant notamment pas de retraitement de surface. L'effet couronne du câble électrique ainsi formé diminue avantageusement de façon significative.

**[0012]** Dans la présente invention, on entend par « hydrophobe » un revêtement ou une couche dont la surface présente un angle de contact (ou angle de goutte) strictement supérieur à 90°, et de préférence d'au moins 110°.

**[0013]** La mesure de l'angle de contact rend compte de l'aptitude d'un liquide à s'étaler sur une surface par mouillabilité. La méthode consiste à mesurer l'angle de la tangente du profil d'une goutte déposée sur le revêtement ou la couche, avec la surface du revêtement ou de la couche.

**[0014]** Cet angle de contact est typiquement mesuré à l'aide d'un goniomètre, à 25°C, en utilisant de l'eau distillée.

### Etape i

**[0015]** La couche d'hydroxyde d'alumine poreux entourant l'élément électriquement conducteur allongé est de préférence une couche qui est directement en contact physique avec l'élément électriquement conducteur allongé. En d'autres termes, le câble électrique ainsi formé ne comprend de préférence pas de couche intercalée entre la couche d'hydroxyde d'alumine poreux et l'élément électriquement conducteur.

**[0016]** Dans un mode de réalisation particulièrement

avantageux, l'étape i est une étape d'anodisation, notamment lorsque l'élément électriquement conducteur allongé est un élément en aluminium ou en alliage d'aluminium.

**[0017]** L'anodisation est un traitement de surface (de type conversion) qui permet de former par oxydation anodique, à partir de l'élément électriquement conducteur, la couche d'hydroxyde d'alumine. Ainsi, l'anodisation va consommer une partie de l'élément électriquement conducteur pour former ladite couche d'hydroxyde d'alumine.

**[0018]** Lors de l'anodisation, la couche d'hydroxyde d'alumine se forme à partir de la surface de l'élément électriquement conducteur vers le cœur dudit élément électriquement conducteur, contrairement à un dépôt électrolytique.

**[0019]** L'anodisation est classiquement basée sur le principe de l'électrolyse de l'eau. Elle consiste à immerger l'élément électriquement conducteur dans un bain d'anodisation, ledit élément électriquement conducteur étant placé au pôle positif d'un générateur de courant continu.

**[0020]** Le bain d'anodisation est plus particulièrement un bain acide, de préférence un bain d'acide phosphorique ou un bain d'acide sulfurique. On parle alors respectivement d'anodisation phosphorique ou d'anodisation sulfurique.

**[0021]** Dans l'étape i, lorsque la couche d'hydroxyde d'alumine poreux est formée avantageusement par anodisation, la densité de courant appliquée pour l'anodisation peut être d'au plus 10 A/dm<sup>2</sup>, de préférence peut aller de 0,5 à 6 A/dm<sup>2</sup>, et de façon particulièrement préférée peut aller de 1 à 4 A/dm<sup>2</sup>.

**[0022]** Cette densité de courant permet de garantir qu'une quantité suffisante de pores a été formée lors de l'étape i. Lesdits pores peuvent être des pores ordonnés ou non.

#### Etape ii

**[0023]** Dans un mode de réalisation particulier, l'étape ii est une étape dans laquelle l'élément électriquement conducteur allongé recouvert de ladite couche d'hydroxyde d'alumine poreux peut être immergée dans une solution dudit matériau hydrophobe.

**[0024]** A titre d'exemple, le matériau hydrophobe peut être choisi parmi les polymères fluorés, tels que par exemple un polytétrafluoroéthylène (PTFE), les esters et les acides gras, ou un de leurs mélanges.

**[0025]** Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, les pores de la couche d'hydroxyde d'alumine poreux ne sont de préférence pas remplis en totalité par le matériau hydrophobe. En d'autres termes, le matériau hydrophobe ne recouvre pas en totalité la couche d'hydroxyde d'alumine poreux. En effet, il n'est pas nécessaire de remplir les pores en totalité pour plusieurs raisons.

**[0026]** La première raison est au niveau de l'économie

de matériau hydrophobe pouvant être réalisée.

**[0027]** La deuxième raison est au regard de l'étape iii de dissolution qui peut amener à dissoudre, outre la couche d'alumine poreux, le matériau hydrophobe.

**[0028]** La troisième raison est que, même si l'angle de goutte est bien supérieur à 90°, prouvant ainsi le caractère hydrophobe du revêtement, la goutte est dite « collante » car elle a tendance à adhérer à la surface du revêtement hydrophobe.

**[0029]** L'homme du métier pourra jouer sur différents paramètres, tels que la granulométrie ou la taille de la poudre du matériau hydrophobe, la concentration du matériau hydrophobe dans la solution, la température de la solution, le temps d'imprégnation, afin de remplir au moins partiellement lesdits pores, et notamment afin de ne pas les remplir complètement.

**[0030]** Il sera facile de vérifier le caractère hydrophobe du revêtement hydrophobe, et plus particulièrement de la surface (extérieure) du revêtement hydrophobe, en mesurant l'angle de goutte, à savoir :

- si il n'y a pas de matériau hydrophobe dans les pores, l'angle de contact sera alors inférieur à 90° : le revêtement ne sera alors pas considéré comme hydrophobe;
- si le matériau hydrophobe rempli partiellement les pores, sans les remplir en totalité, l'angle de contact sera alors supérieur à 90° et la goutte aura tendance à glisser à la surface du revêtement hydrophobe: le revêtement obtenu sera donc bien hydrophobe ;
- si le matériau hydrophobe rempli totalement les pores, l'angle de goutte sera alors supérieur à 90°, mais la goutte sera dite « collante » car elle aura tendance à adhérer à la surface du revêtement hydrophobe, ce qui n'est pas le mode de réalisation préféré de la présente invention.

**[0031]** Lorsque le matériau hydrophobe rempli totalement les pores, cela signifie notamment que lesdits pores sont remplis de façon homogène avec un remplissage de plus de 90% du volume des pores par le matériau hydrophobe, et de préférence de 100% du volume des pores par le matériau hydrophobe.

#### Etape iii

**[0032]** Dans l'étape iii, le revêtement hydrophobe formé est notamment une couche d'hydroxyde d'alumine comprenant à sa surface des protubérances (i.e. excroissances) dudit matériau hydrophobe.

**[0033]** Ainsi, lors de la dissolution de l'hydroxyde d'alumine, l'hydroxyde d'alumine est dissout partiellement, mais pas en totalité, afin de garder suffisamment d'hydroxyde d'alumine pour pouvoir garantir une bonne adhérence du matériau hydrophobe sur l'élément électriquement conducteur, grâce à la couche d'hydroxyde d'alumine.

**[0034]** La dissolution de l'hydroxyde d'alumine est en

autre suffisante pour permettre d'obtenir les propriétés hydrophobes du revêtement hydrophobe, de sorte à obtenir un revêtement avec un angle de contact strictement supérieur à 90° (mesuré à l'aide d'un goniomètre, à 25°C, avec de l'eau distillée). Plus particulièrement, la dissolution de l'hydroxyde d'alumine dans l'étape iii est suffisante pour permettre au matériau hydrophobe de former des protubérances affleurant à la surface du revêtement hydrophobe.

**[0035]** Dans un mode de réalisation préféré, l'étape iii est une étape dans laquelle la couche d'hydroxyde d'alumine poreux est dissoute dans une solution acide. L'homme du métier pourra faire varier la concentration en acide de ladite solution ainsi que la température de ladite solution pour jouer sur la cinétique de dissolution de la couche poreuse.

**[0036]** A titre d'exemple, on peut citer comme solution acide, une solution comprenant de l'acide chromique et de l'acide phosphorique.

**[0037]** L'homme du métier pourra déterminer facilement le temps d'immersion et la température de la solution adéquats, afin de dissoudre la quantité nécessaire de la couche d'hydroxyde d'alumine pour obtenir l'hydrophobie de la surface du revêtement hydrophobe.

**[0038]** Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, le revêtement hydrophobe du câble électrique de l'invention est la couche la plus à l'extérieur du câble électrique. Ce revêtement est donc en contact direct avec l'environnement extérieur du câble électrique. En d'autres termes, le câble électrique formé à l'étape iii ne comporte de préférence pas d'élément entourant le revêtement hydrophobe.

**[0039]** Concernant l'élément électriquement conducteur allongé de l'invention, il est destiné au transport d'énergie (i.e. transmission électrique à haute tension).

**[0040]** Il peut être de préférence métallique, notamment à base d'aluminium, à savoir soit uniquement en aluminium, soit en alliage d'aluminium tel que par exemple en alliage d'aluminium et de zirconium.

**[0041]** L'aluminium ou l'alliage d'aluminium a l'avantage de présenter un couple conductivité électrique/poids spécifique optimisé de façon significative, notamment par rapport au cuivre.

**[0042]** L'élément électriquement conducteur de l'invention peut être classiquement un assemblage de fils (ou brins) métalliques dont la section transversale peut être de forme ronde ou non, ou une combinaison des deux. Lorsqu'ils ne sont pas de forme ronde, la section transversale de ces fils peut être par exemple de forme trapézoïdale ou de forme en « Z ». Les différents types de forme sont définis dans la norme IEC 62219.

**[0043]** L'élément électriquement conducteur peut être positionné préférentiellement au centre du câble électrique ou coaxialement à l'axe longitudinal du câble électrique.

**[0044]** Dans un mode de réalisation particulier, l'élément électriquement conducteur allongé n'a pas subi de traitement destiné à modifier structurellement l'état de

sa surface extérieure, pour en augmenter notamment la rugosité de surface, préalablement à l'étape i.

**[0045]** A titre d'exemple, on peut citer comme traitement destiné à modifier structurellement l'état de sa surface extérieure une gravure physique telle que l'application par presse d'un motif, directement sur la surface extérieure dudit élément électrique conducteur, ou une gravure chimique telle qu'une gravure oxydante.

**[0046]** Le procédé de l'invention peut comprendre en outre au moins l'une des étapes suivantes, préalables à l'étape i :

a. dégraisser l'élément électriquement conducteur, et/ou

b. décaper l'élément électriquement conducteur.

**[0047]** De préférence, l'étape a et l'étape b peuvent être réalisées de façon concomitante.

**[0048]** Par ailleurs, le procédé de l'invention peut comprendre en outre l'étape suivante, préalable à l'étape i :

c. neutraliser l'élément électriquement conducteur.

**[0049]** Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, le procédé de l'invention peut comprendre lesdites trois étapes a, b et c, l'étape c étant réalisée après les étapes a et b.

#### L'étape a

**[0050]** L'étape de dégraissage a pour objet d'éliminer les différents corps et particules contenus dans les graisses susceptibles d'être présentes sur la surface de l'élément électriquement conducteur allongé.

**[0051]** Elle peut être effectuée par voie chimique ou aidée par voie électrolytique.

**[0052]** A titre d'exemple, l'étape a de dégraissage peut être réalisée en plongeant au moins partiellement l'élément électriquement conducteur dans une solution comprenant au moins un tensio-actif en tant qu'agent dégraissant.

#### L'étape b

**[0053]** L'étape de décapage sert à éliminer les oxydes susceptibles d'être présents sur la surface de l'élément électriquement conducteur allongé. Il existe plusieurs méthodes de décapage : chimique, électrolytique ou mécanique.

**[0054]** De préférence, on pourra utiliser un décapage chimique consistant à éliminer les oxydes par dissolution, voir par éclatement de la couche d'oxyde, sans attaquer le matériau de l'élément électriquement conducteur sous-jacent.

**[0055]** A titre d'exemple, l'étape b de décapage peut être réalisée en plongeant au moins partiellement l'élément électriquement conducteur dans une solution comprenant une base en tant qu'agent décapant.

[0056] Lorsque l'étape a et l'étape b sont réalisées concomitamment, une unique solution comprenant un agent dégraissant et un agent décapant peut être utilisée pour à la fois décaper et dégraisser l'élément électriquement conducteur.

#### L'étape c

[0057] L'étape de neutralisation permet de conditionner l'élément électriquement conducteur, avant que le dépôt de l'étape i ne soit effectué.

[0058] Plus particulièrement, lorsque l'étape i est une étape d'anodisation, l'étape c de neutralisation consiste à conditionner l'élément électriquement conducteur en le plongeant au moins partiellement dans une solution identique au bain d'anodisation prévu à l'étape i, afin de mettre la surface de l'élément électriquement conducteur au même pH que le bain d'anodisation de l'étape i.

[0059] Cette solution permet en outre d'une part d'éliminer certaines traces d'oxydes pouvant nuire à l'anodisation, et d'autre part d'éliminer les éventuels résidus de l'agent de décapant. La neutralisation permet de mettre la surface de l'aluminium au même pH que le bain anodique.

[0060] A titre d'exemple, l'étape c de neutralisation peut être réalisée en plongeant au moins partiellement l'élément électriquement conducteur dans une solution comprenant un acide en tant qu'agent neutralisant.

[0061] Un autre objet de l'invention est un câble électrique obtenu à partir du procédé tel que décrit ci-avant.

[0062] Plus particulièrement, le câble électrique de l'invention comprend au moins un élément électriquement conducteur allongé, entouré par un revêtement hydrophobe, **caractérisé en ce que** le revêtement hydrophobe est une couche d'hydroxyde d'alumine comprenant à sa surface des protubérances (i.e. excroissances) dudit matériau hydrophobe. En d'autres termes, le matériau hydrophobe ne recouvre pas en totalité la couche d'hydroxyde d'alumine.

[0063] Le câble électrique selon l'invention peut présenter un diamètre apparent (i.e. diamètre extérieur) pouvant aller de 10 à 100 mm.

[0064] Le câble électrique de l'invention peut être plus particulièrement un câble de transmission électrique à haute tension, notamment de type ligne aérienne (OHL) à haute tension alternative d'au moins 225kV et pouvant aller jusqu'à 800 kV. Ce type de câble est généralement tendu entre deux pylônes.

[0065] A titre d'exemple, le câble électrique de l'invention peut comprendre un élément central allongé du type élément électriquement conducteur et/ou élément de renforcement, cet élément central allongé étant entouré par un premier élément allongé du type élément électriquement conducteur allongé entouré par le revêtement hydrophobe selon la présente invention. En outre, le câble électrique peut comprendre un second élément du type élément électriquement conducteur allongé, positionné entre l'élément central et le premier élément : le

premier élément entoure alors le second élément. Le ou les éléments entourant l'élément central allongé peuvent être positionnés coaxialement autour dudit élément central allongé.

5 [0066] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière des exemples qui vont suivre en référence aux figures annotées, lesdits exemples et figures étant donnés à titre illustratif et nullement limitatif.

10 La figure 1 représente de façon schématique la succession des étapes du procédé de fabrication selon l'invention.

15 La figure 2 représente une imagerie FEG (*Field Emission Gun*) d'une coupe transversale d'un fil en aluminium traité par anodisation phosphorique.

La figure 3 représente de façon schématique un câble électrique, en coupe transversale, obtenu selon le procédé de l'invention.

20 La figure 4 représente de façon schématique un autre câble électrique, en coupe transversale, obtenu selon le procédé de l'invention.

[0067] Pour des raisons de clarté, les mêmes éléments ont été désignés par des références identiques. De même, seuls les éléments essentiels pour la compréhension de l'invention ont été représentés de manière schématique, et ceci sans respect de l'échelle.

[0068] La figure 1 illustre la représentation schématique de la succession des étapes i, ii et iii, du procédé de l'invention.

[0069] A titre d'exemple, on va anodiser (étape i) un fil d'aluminium, de diamètre 3 mm, en formant une couche d'hydroxyde d'alumine tout autour dudit fil, par anodisation phosphorique (8-30% en poids d'acide phosphorique dans de l'eau distillée) à température ambiante (i.e. 25°C), sous l'application d'une densité de courant comprise entre 1 et 4 A/dm<sup>2</sup>. Le fil d'aluminium obtenu est ainsi recouvert d'une couche d'hydroxyde d'alumine poreux. Ce fil d'aluminium recouvert est illustré en coupe transversale sur la figure 2.

[0070] Puis, on va implanter le matériau hydrophobe (étape ii) dans les pores de la couche d'hydroxyde d'alumine poreux en plongeant le fil d'aluminium recouvert de ladite couche d'hydroxyde d'alumine poreux, dans une solution de PTFE (1-5% en poids de PTFE dans de l'eau distillée) à température ambiante (i.e. 25°C), pendant 15 minutes.

[0071] Enfin, on va dissoudre (étape iii) partiellement (i.e. non en totalité) la couche d'hydroxyde d'alumine poreux en plongeant le fil obtenu à l'étape précédente (cf. étape ii) dans une solution acide comprenant de l'acide phosphorique (3-6% en poids d'acide phosphorique dans de l'eau distillée) et de l'acide chromique (1-2% en poids d'acide chromique dans de l'eau distillé) à une température comprise entre 30 et 60°C, la vitesse de dissolution étant de 0,5 µm/min à 30°C, afin de former un revêtement hydrophobe.

**[0072]** La surface du revêtement hydrophobe obtenu présente des angles de contact de l'ordre de 130-140°, mesurés avec de l'eau distillée à l'aide d'un goniomètre, à 25°C.

**[0073]** Préalablement à l'étape i, il est préférable tout d'abord de décaper et de dégraisser ledit fil conducteur en aluminium (étape non représentée), en le plongeant dans une solution de soude et de tensio-actifs telle que par exemple la solution référencée GARDOCLEAN commercialisée par la société CHEMETALL (30-50 g/L de soude) à 40-60°C, pendant 30 secondes. Puis, le fil conducteur est plongé dans une solution d'acide sulfurique (20% en poids d'acide sulfurique dans de l'eau distillée) pour l'étape de neutralisation (étape non représentée), à température ambiante (i.e. 25°C) pendant 10 secondes.

**[0074]** Afin de visualiser schématiquement le revêtement hydrophobe formé selon le procédé décrit ci-avant, la figure 3 présente une coupe transversale d'un câble électrique 10a obtenu selon le procédé de l'invention, dans lequel l'élément 1 électriquement conducteur allongé est recouvert dudit revêtement hydrophobe 4. Ce revêtement hydrophobe 4 comprend une couche d'hydroxyde d'alumine 2 et des protubérances de matériau hydrophobe 3 affleurant à la surface de ladite couche d'hydroxyde d'alumine 2.

**[0075]** La figure 4 représente quant à elle un autre câble électrique 10b de type OHL, obtenu selon le procédé de l'invention.

**[0076]** Ce câble OHL comprend un premier élément 1 électriquement conducteur allongé recouvert par ledit revêtement hydrophobe 4. Ce revêtement hydrophobe 4 comprend une couche d'hydroxyde d'alumine 2 et des protubérances de matériau hydrophobe 3 affleurant à la surface de ladite couche d'hydroxyde d'alumine 2.

**[0077]** En outre, le câble électrique 10b comprend un élément central 5 allongé électriquement conducteur et/ou de renforcement, entouré par un second élément 6 électriquement conducteur allongé, le premier élément 1 entourant le second élément 6.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant au moins un élément électriquement conducteur (1) allongé, entouré par un revêtement hydrophobe (4), **caractérisé en ce que** le procédé comprend les étapes suivantes :

- i. former une couche d'hydroxyde d'alumine poreux (2) comprenant des pores, autour dudit élément électriquement conducteur allongé, l'élément électriquement conducteur étant un élément en aluminium ou en alliage d'aluminium,
- ii. remplir au moins en partie les pores de la couche d'hydroxyde d'alumine poreux (2), par un matériau hydrophobe (3), et
- iii. dissoudre partiellement la couche d'hydroxy-

de d'alumine poreux, de manière à former ledit revêtement hydrophobe (4).

- 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'étape i est une étape d'anodisation.
- 3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la densité de courant appliquée pour l'anodisation est d'au plus 10 A/dm<sup>2</sup>.
- 4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'étape i est une étape d'anodisation phosphorique ou sulfurique.
- 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape ii est une étape dans laquelle l'élément électriquement conducteur recouvert de ladite couche d'hydroxyde d'alumine poreux est immergée dans une solution dudit matériau hydrophobe.
- 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** matériau hydrophobe (3) de l'étape ii est choisi parmi les polymères fluorés, les esters et les acides gras, ou un de leurs mélanges.
- 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape iii est une étape dans laquelle la couche d'hydroxyde d'alumine poreux est dissoute dans une solution acide.
- 8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la solution acide comprend de l'acide chromique et de l'acide phosphorique.
- 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement hydrophobe (4) est la couche la plus à l'extérieur du câble électrique.
- 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément électriquement conducteur (1) n'a pas subi de traitement destiné à modifier structurellement l'état de sa surface extérieure, préalablement à l'étape i.
- 11. Câble électrique obtenu à partir du procédé tel que défini aux revendications 1 à 10, comprenant au moins un élément électriquement conducteur (1) allongé, entouré par un revêtement hydrophobe (4), **caractérisé en ce que** le revêtement hydrophobe est une couche d'hydroxyde d'alumine comprenant à sa surface des protubérances dudit matériau hydrophobe (3).

12. Câble électrique selon la revendication 11, **caracté-  
risé en ce qu'il** est un  
câble de transmission électrique à haute tension.

13. Câble électrique selon la revendication 12, **caracté- 5  
risé en ce qu'il**  
comprend un élément central allongé du type élé-  
ment électriquement conducteur et/ou élément de  
renforcement, cet élément central allongé étant en-  
touré par un premier élément du type élément élec- 10  
triquement conducteur allongé entouré par ledit re-  
vêtement hydrophobe.

15

20

25

30

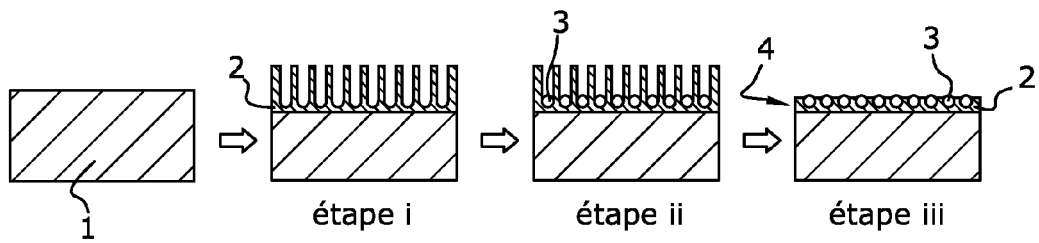
35

40

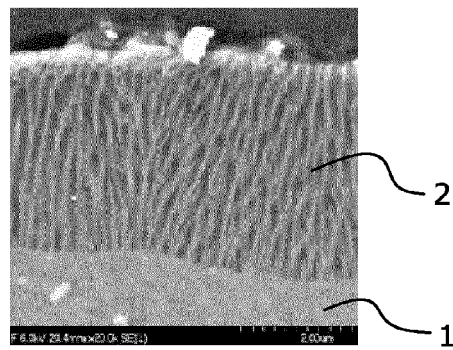
45

50

55

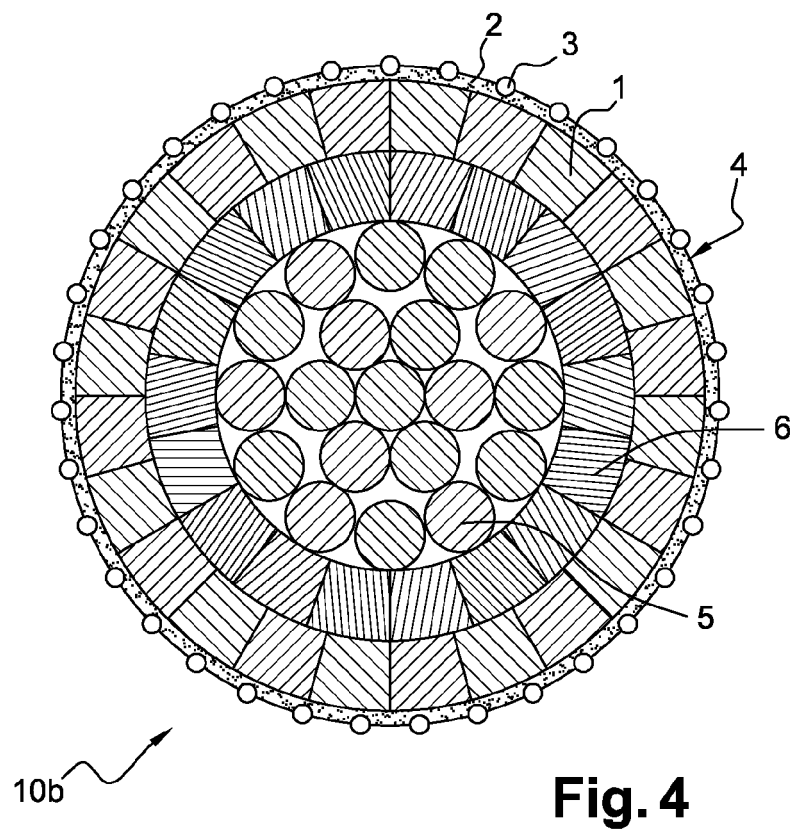
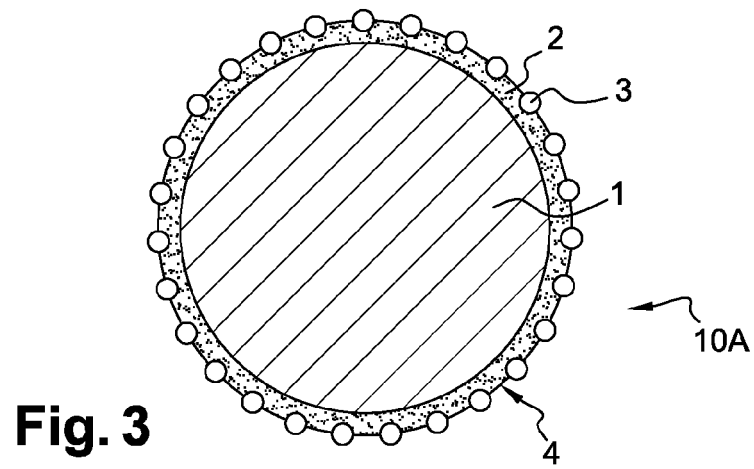


**Fig. 1**



**Fig. 2**







## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 17 4520

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 5 091 609 A (SAWADA KAZUO [JP] ET AL) 25 février 1992 (1992-02-25) * colonne 2, ligne 35-45 * * colonne 3, ligne 18-22, 33-53 * * revendication 1; exemples 1,3 * -----	1-13	INV. H01B7/28 H01B5/00 H01B17/50 H01B3/12
A	DE 41 24 730 A1 (FRIEBE & REININGHAUS AHC [DE] AHC OBERFLAECHENTECHNIK GMBH & [DE]) 28 janvier 1993 (1993-01-28) * le document en entier * -----	1-13	
A,D	WO 2006/072648 A1 (VALTION TEKNILLINEN [FI]; MAKKONEN LASSE [FI]) 13 juillet 2006 (2006-07-13) * alinéas [0014] - [0016]; revendications 1-13; figure 1 * -----	1-13	
A	US 3 961 111 A (SMITH HAROLD VERNON) 1 juin 1976 (1976-06-01) * le document en entier * -----	1-13	
A	US 2009/194914 A1 (UOZU YOSHIHIRO [JP] ET AL) 6 août 2009 (2009-08-06) * le document en entier * -----	1-13	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 29 novembre 2013	Examineur 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			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 13 17 4520

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.

29-11-2013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5091609 A	25-02-1992	CA 2027553 A1 DE 69013784 D1 DE 69013784 T2 EP 0410003 A1 HK 96695 A US 5091609 A WO 9009670 A1	15-08-1990 08-12-1994 16-03-1995 30-01-1991 23-06-1995 25-02-1992 23-08-1990
DE 4124730 A1	28-01-1993	AUCUN	
WO 2006072648 A1	13-07-2006	FI 20041573 A WO 2006072648 A1	04-06-2006 13-07-2006
US 3961111 A	01-06-1976	AUCUN	
US 2009194914 A1	06-08-2009	BR PI0713932 A2 CN 101484614 A CN 102286765 A EP 2045368 A1 JP 4658129 B2 KR 20090028634 A KR 20120027551 A US 2009194914 A1 WO 2008001847 A1	18-12-2012 15-07-2009 21-12-2011 08-04-2009 23-03-2011 18-03-2009 21-03-2012 06-08-2009 03-01-2008

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**

- WO 2006072648 A [0007]