



(11) **EP 2 224 459 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**12.12.2018 Bulletin 2018/50**

(51) Int Cl.:  
**H01B 9/02 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **10154403.9**

(22) Date de dépôt: **23.02.2010**

(54) **Câble électrique à haute tension**

Hochspannungskabel

High voltage electrical cable

(84) Etats contractants désignés:  
**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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **27.02.2009 FR 0951257**

(43) Date de publication de la demande:  
**01.09.2010 Bulletin 2010/35**

(73) Titulaire: **Nexans  
92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Koelblin, Christian  
01800, Meximieux (FR)**  
• **Milan, Daniel  
01000, Bourg en Bresse (FR)**  
• **Mercado, Christophe  
01240, Certines (FR)**  
• **Bechard, Frédéric  
B-7000, Mons (BE)**  
• **Daenekas, Franz  
30826, Garbsen (DE)**

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

(56) Documents cités:  
**FR-A- 2 378 338 US-B1- 6 441 084**

- **SOUTHWIRE COMPANY: "High Voltage Product Catalog 69kV-230kV, High Voltage Solutions" [Online] 20 décembre 2007 (2007-12-20), , USA , XP002541323 Extrait de l'Internet: URL:<http://www.southwire.com> \* page 60 - page 62 \***
- **SOUTHWIRE COMPANY: "T&D UPDATE, Slender Sheaths Put Underground HV on a Diet" [Online] 2006, , USA , XP002541324 Extrait de l'Internet: URL:<http://www.southwire.com/processChannel.do?channelId=f0fdae48de66b010VgnVCM1000002702a8c0RCRD> \* page 2, alinéa 2 - page 3, alinéa 1 \***
- **PEGRAM, J: "BENEFITS TO UTILITIES FROM SEMICONDUCTING LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE JACKETS ON MEDIUM VOLTAGE POWER DISTRIBUTION CABLES" RURAL ELECTRIC POWER CONFERENCE, 39TH ANNUAL CONFERENCE, [Online] 28 avril 1996 (1996-04-28), - 30 avril 1996 (1996-04-30) pages C3-1-C3-8, XP002541322 ISBN: 0-7803-3047-1 Extrait de l'Internet: URL:<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=495244&isnumber=10811?tag=1> > [extrait le 2009-08-12]**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**EP 2 224 459 B1**

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte à un câble électrique comprenant un élément conducteur, et successivement autour de cet élément conducteur, une couche électriquement isolante, un écran métallique et une gaine extérieure de protection

**[0002]** Elle s'applique typiquement, mais non exclusivement, aux domaines des câbles d'énergie à haute ou à très haute tension à courant continu ou alternatif. Ces câbles d'énergie sont typiquement des câbles de 60 à 600 kV.

**[0003]** Les câbles d'énergie à haute ou à très haute tension comprennent typiquement un élément conducteur central et, successivement et coaxialement autour de cet élément conducteur, un écran semi-conducteur interne, une couche électriquement isolante extrudée, un écran semi-conducteur externe, un écran métallique et une gaine extérieure de protection. La gaine extérieure de protection est notamment réalisée de plus en plus souvent en matières retardant la propagation de la flamme ou résistant à la propagation de la flamme. On parle de gainage de type HFFR (pour l'anglicisme « *Halogen Free Flame Retardant* »).

**[0004]** On a observé que lors de l'installation de ces câbles électriques, plus particulièrement lors de la pose de ces câbles ou de la pose des jonctions et terminaisons sur ces câbles, la gaine extérieure de protection pouvait être endommagée, et ainsi créer un défaut prématuré dans ladite gaine extérieure qui entraînerait la détérioration du câble notamment par la pénétration d'humidité dans ledit câble.

**[0005]** Afin de vérifier si le câble électrique a été endommagé lors de son installation, il est connu de réaliser un test électrique, utilisant une haute tension à polarité constante (courant continu), entre l'écran métallique et un revêtement conducteur déposé sur ladite gaine extérieure de protection. Ce test peut également être répété tout le long de la vie du câble électrique.

**[0006]** Une première technique consiste à enduire la gaine extérieure de protection du câble électrique d'une couche de graphite sous forme de poudre. Cependant, la manipulation de la poudre de graphite est délicate et entraîne un risque de salissure dans les ateliers de gainage. En outre, il est difficile de répartir de façon homogène la poudre de graphite sur tout le pourtour de la gaine extérieure de protection du câble électrique par manque d'une forte adhésion de la poudre de graphite sur ladite gaine extérieure. Cette non-homogénéité de la couche de graphite sur la gaine extérieure de protection ne permet pas de réaliser ledit test électrique de façon fiable.

**[0007]** Une deuxième technique consiste à appliquer un vernis conducteur sur la gaine extérieure de protection du câble électrique. Le désavantage de cette technique est la présence de solvants volatils dans le vernis conducteur qui peuvent être irritants et/ou toxiques. En outre, ledit vernis possède des propriétés mécaniques très différentes de celles de la gaine extérieure de protection, ce qui peut compromettre la bonne adhésion du vernis sur la gaine extérieure de protection lors de la manipulation du câble électrique.

**[0008]** On connaît en outre le document de Southwire intitulé « High Voltage Solutions » (XP-002541323), qui décrit une couche externe semi-conductrice de polyéthylène co-extrudée avec une gaine externe.

**[0009]** Le but de la présente invention est de pallier les inconvénients des techniques de l'art antérieur.

**[0010]** La présente invention a pour objet un câble électrique comprenant un élément conducteur, et successivement autour de cet élément conducteur, une couche électriquement isolante, un écran métallique et une gaine extérieure de protection, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche externe extrudée entourant la gaine extérieure de protection, ladite couche externe extrudée étant directement en contact avec ladite gaine extérieure de protection, et étant obtenue à partir d'une composition comprenant plus de 50,0 parties en poids de polymère apolaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition et une charge électriquement conductrice. Cette couche externe est d'ailleurs dite couche (électriquement) « conductrice ».

**[0011]** Le terme « conducteur » ou « conductrice » utilisé dans la présente invention doit être également compris comme signifiant « semi-conducteur » ou « semi-conductrice ».

**[0012]** Le câble électrique de l'invention présente avantageusement une couche externe extrudée déposée de façon homogène directement sur la gaine extérieure de protection avec une surface de contact sensiblement identique sur toute la gaine extérieure de protection. L'ensemble formé par la gaine extérieure de protection et la couche externe extrudée peut donc être considéré comme un bicouche, ledit bicouche ne comportant préférentiellement pas de couche intermédiaire intercalée entre la gaine extérieure de protection et la couche externe.

**[0013]** De plus, la couche externe extrudée présente une adhésion améliorée de façon significative. Ainsi, elle ne peut être désolidarisée de la gaine extérieure de protection lors de la manipulation ou de l'installation du câble électrique.

**[0014]** Par conséquent, le test électrique peut être facilement appliqué au câble électrique de l'invention et donner des résultats fiables sur la qualité de la protection de la gaine extérieure de protection.

**[0015]** Enfin, la couche externe extrudée offre des propriétés mécaniques optimisées (e.g. résistance à la rupture, allongement à la rupture et module d'élasticité), et notamment une flexibilité (i.e. module d'élasticité) améliorée qui permet de réduire avantageusement le risque de fissuration de ladite couche externe lors, par exemple, de la manipulation et/ou de l'installation du câble.

**[0016]** De préférence, la composition peut comprendre au moins 60 parties en poids de polymère apolaire pour 100

parties en poids de polymère dans la composition, et de préférence au moins 80 parties en poids de polymère apolaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition. Dans un mode de réalisation particulier, elle peut également comprendre un polymère apolaire (ou un mélange de polymère apolaire) en tant qu'unique polymère dans la composition.

**[0017]** Le terme « polymère » en tant que tel signifie de façon générale homopolymère ou copolymère, le polymère pouvant être un polymère thermoplastique ou élastomère. On préfère utiliser les polymères thermoplastiques et la composition sera dite dans ce cas composition thermoplastique.

**[0018]** A titre d'exemple, le polymère apolaire est une polyoléfine, comprenant les homopolymères et les copolymères d'oléfines, de préférence de type basse densité. Les polyoléfines basse densité ont typiquement une densité d'au plus 0,930 g/cm<sup>3</sup>, de préférence d'au plus 0,920 g/cm<sup>3</sup>. La densité des polyoléfines de l'invention est classiquement déterminée par des méthodes bien connues de l'art antérieur détaillées dans les normes ASTM D1505 ou ISO 1183. La polyoléfine basse densité peut être choisie parmi les polyéthylènes linéaires basse densité (LLDPE), les polyéthylènes très basse densité (VLDPE), et les polyéthylènes ultra basse densité (ULDPE), ou un de leurs mélanges.

**[0019]** Les polymères apolaires de l'invention ne comportent ainsi sensiblement pas de groupements polaires tels que par exemple des groupements acrylate, carboxylique ou vinyle acétate.

**[0020]** Selon une caractéristique de l'invention, la température de fusion du polymère apolaire peut être d'au moins 110°C, de préférence d'au moins 120°C. La température de fusion des polymères de la présente invention est classiquement mesurée au pic de fusion dudit polymère par analyse calorimétrique différentielle (DSC) avec une rampe de température de 10°C/min sous atmosphère d'azote.

**[0021]** Selon une autre caractéristique de l'invention, l'indice de fluidité (MFR) (conformément à la norme ASTM D 1238 ou ISO 1133) du polymère apolaire peut être d'au plus 30g/10min (190°C ; 2,16 kg), de préférence d'au plus 20g/10min, et de façon particulièrement préférée d'au plus 10 g/10 min.

**[0022]** Le polymère apolaire peut être issu d'une polymérisation en présence d'un catalyseur Ziegler-Natta ou Philips conventionnel. De préférence, on utilise un LLDPE Ziegler-Natta. Plus particulièrement, on utilise un LLDPE Ziegler-Natta connu sous le nom de C4-LLDPE ou copolymère d'éthylène et de butène.

**[0023]** Selon un mode de réalisation particulier, la composition comprend en outre un polymère polaire, de préférence au plus 40 parties en poids de polymère polaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition, et de façon particulièrement préférée au plus 20 parties en poids de polymère polaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition. Un polymère polaire dans la composition permet d'améliorer la dispersion des charges électriquement conductrices dans la composition et l'adhésion de la couche externe extrudée sur la gaine extérieure de protection en fonction du caractère polaire ou apolaire de ladite gaine extérieure.

**[0024]** A titre d'exemple, le polymère polaire peut être un copolymère d'éthylène acrylate, choisi de préférence parmi les copolymères d'éthylène butyle acrylates (EBA), les copolymères d'éthylène éthyle acrylates (EEA), et les copolymères d'éthylène méthyle acrylates (EMA), ou un de leurs mélanges.

**[0025]** Dans un mode de réalisation particulier, la composition de l'invention peut comprendre entre 30 et 90 % en poids de polymère.

**[0026]** La composition peut comprendre au moins 10% en poids de charge électriquement conductrice, de préférence au plus 40% en poids de charge électriquement conductrice, et de façon particulièrement préférée entre 15 et 30% en poids de charge électriquement conductrice.

**[0027]** En-dessous de 10 % en poids de charge électriquement conductrice, la conductivité volumique de la composition peut s'avérer insuffisante. En outre, au-dessus de 40 % en poids de charge électriquement conductrice, la préparation ainsi que la mise en oeuvre de la composition peut devenir difficile, et la composition devient également économiquement défavorable.

**[0028]** La charge électriquement conductrice peut être choisie parmi du noir de carbone, du graphite, des nanotubes de carbone, des charges inorganiques dopées tels que par exemple de l'oxyde de zinc dopé à l'aluminium ayant une conductivité élevée et linéaire, et des poudres de polymères conducteurs intrinsèques, ou un de leurs mélanges. La charge électriquement conductrice préférée de l'invention est le noir de carbone.

**[0029]** Les noirs de carbone préférés de l'invention ont les caractéristiques suivantes :

- une valeur d'absorption d'huile (di(n-butyle)phthalate), selon la norme ASTM D 2414-90, d'au moins 100cm<sup>3</sup>/100g, et
- une valeur de surface spécifique BET, selon la norme ASTM D 3037, d'au moins 40 m<sup>2</sup>/g.

**[0030]** La composition selon l'invention peut comprendre en outre d'autres charges, des additifs, des adjuvants, des stabilisants, et/ou des agents de protection contre le vieillissement.

**[0031]** Les stabilisants peuvent être typiquement des antioxydants, ces antioxydants étant choisis de préférence parmi les antioxydants phénoliques à encombrement stérique comme par exemple le tetrakismethylene(3,5-di-t-butyl-4-hydroxy-hydrocinnamate)methane, le 2,2'-thiodiethylene bis[3-(3,5-di-ti-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate], le 2,2'-Thio-bis(6-t-butyl-4-methylphenol) ou le 2,2'-methylenebis(6-t-butyl-4-methylphenol) ; et les antioxydants à base de phosphore comme par exemple le Tris(2,4-di-t-butyl-phenyl)phosphite.

[0032] Le type de stabilisant et son taux dans la composition seront choisis en fonction de la température maximale subie par le polymère pendant la production du mélange et pendant la mise en oeuvre par extrusion sur le câble ainsi que selon la durée maximale d'exposition à cette température.

[0033] Les agents de protection contre le vieillissement (thermique) peuvent être typiquement des agents de protection contre le vieillissement thermique tels que des quinolines, comme par exemple le poly-2,2,4-triméthyl-1,2-dihydroquinoline (TMQ).

[0034] Les stabilisants et/ou les agents de protection contre le vieillissement peuvent être ajoutées dans la composition de l'invention dans une quantité d'au plus 2% en poids, de préférence une quantité allant de 0,2 à 1% en poids.

[0035] Les autres charges peuvent être des charges minérales sans halogène destinées à améliorer le comportement au feu de la composition, comme par exemple des charges claires, et plus particulièrement des charges ignifugeantes dites charges « HFFR » pour l'anglicisme « *Halogen Free Flame Retardant* », telles que le trihydrate d'aluminium (ATH), le dihydrate de magnésium (MDH), le trioxyde d'antimoine ou le borate de zinc. Lesdites charges claires peuvent en outre comporter un traitement de surface, pour faciliter par exemple leur incorporation dans le polymère fondu lors du mélange de la composition ou pour augmenter leur efficacité contre les effets du feu. La composition selon l'invention peut ainsi avantageusement comprendre en outre une charge ignifugeante.

[0036] Les autres charges peuvent également être des charges aptes à réduire le phénomène de gouttes incandescentes lors d'un incendie (« *anti-drip-agent* »), de préférence sans halogène.

[0037] Les autres charges, prises indépendamment les unes des autres ou en combinaison, peuvent être ajoutées dans la composition de l'invention en une quantité d'au plus 50 % en poids, et de préférence en une quantité d'au plus 30% en poids. De préférence, la composition peut comprendre au moins 10% en poids desdites autres charges.

[0038] Dans un mode de réalisation particulier, la couche externe peut être réticulée ou non.

[0039] La couche externe de l'invention a de préférence une épaisseur pouvant être d'au plus 400 µm, et de préférence d'au plus 300 µm. Cette épaisseur est apparentée à une couche externe dite de type « *skin* ».

[0040] La gaine extérieure de protection du câble selon l'invention a de préférence une dureté Shore D d'au moins 50 selon la norme ISO 868.

[0041] L'adhésion de la couche externe peut être améliorée par la nature de la gaine extérieure de protection, notamment lorsque ladite gaine extérieure est de type apolaire, et optionnellement chargée avec des charges minérales, notamment des charges ignifugeantes.

[0042] Afin de garantir un câble électrique dit « HFFR » pour l'anglicisme « *Halogen Free Flame Retardant* », les différentes couches polymériques du câble électrique de l'invention ne comprennent préférentiellement pas de composés halogénés. Ces composés halogénés peuvent être de toutes natures, tels que par exemple des polymères fluorés ou des polymères chlorés comme le polychlorure de vinyle (PVC), des plastifiants halogénés, des charges minérales halogénés, ...etc.

[0043] Selon une caractéristique supplémentaire du câble électrique de l'invention, ce dernier comprend en outre un écran semi-conducteur interne entre l'élément conducteur et la couche électriquement isolante, et un écran semi-conducteur externe entre la couche électriquement isolante et l'écran métallique.

[0044] Le câble électrique ainsi formé est appelé câble d'énergie à haute ou à très haute tension.

[0045] Un autre objet de l'invention est un procédé de mesure du courant électrique dans la gaine extérieure de protection du câble électrique de l'invention, le procédé comprenant les étapes consistant à :

i. appliquer une tension entre la couche externe extrudée, ladite couche externe étant reliée à la terre, et l'écran métallique du câble électrique, ladite tension étant fournie par une source haute tension à courant continu et à voltage variable, et

ii. faire varier la tension de la source haute tension pour vérifier la stabilité de la tension et les valeurs du courant de charge fournies par la source haute tension afin d'identifier si la gaine extérieure de protection comporte un défaut de structure.

[0046] L'écran métallique peut être mis en contact avec la source haute tension par exemple en découpant une « fenêtre » dans la gaine extérieure de protection pour placer une électrode dans l'écran métallique. La tension est augmentée jusqu'à une valeur prédéterminée, et laissée active pendant une durée prédéterminée. A titre d'exemple, selon la norme NF-C.33.253, la valeur prédéterminée de la tension est fixée à 20 kV et celle de la durée est fixée à 15 minutes.

[0047] Lorsque l'on observe une chute de la valeur de la tension ainsi qu'une augmentation et/ou une instabilité du courant de charge débité, la gaine extérieure de protection comporte un défaut. La chute de la valeur de la tension d'une part, et l'augmentation et/ou l'instabilité du courant de charge débité d'autre part, sont facilement identifiables respectivement à l'aide d'un voltmètre haute tension en combinaison avec un réducteur de tension (pour la tension) et d'un shunt ohmique en combinaison avec un voltmètre approprié (pour le courant).

[0048] Le défaut peut alors être localisé par exemple par échométrie électrique, puis la partie endommagée du câble

peut être réparée.

**[0049]** D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description d'un exemple non limitatif d'un câble électrique selon l'invention fait en référence à la figure 1.

**[0050]** La figure 1 illustre une vue schématique en perspective éclatée d'un câble électrique selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

**[0051]** 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.

**[0052]** Le câble d'énergie 1 à haute tension ou à très haute tension, représenté sur la figure 1, comprend un élément conducteur 2 central, notamment en cuivre ou en aluminium, et, successivement et coaxialement autour de cet élément, une couche semi-conductrice 3 dite « interne », une couche électriquement isolante 4, une couche semi-conductrice 5 dite « externe », un écran métallique 6 de mise à la terre et/ou de protection, une gaine extérieure 7 de protection, et une couche externe 8 extrudée conforme à l'invention.

**[0053]** Les couches 3, 4 et 5 sont classiquement des couches extrudées et réticulées par des procédés bien connus de l'homme du métier.

**[0054]** La présence des couches semi-conductrices 3 et 5 est préférentielle, mais non essentielle. La structure de protection, qui comporte l'écran métallique 6 et la gaine extérieure 7 de protection, peut également comporter d'autres éléments de protection. La structure de protection de ce câble est en tant que telle de type connu et hors du cadre de la présente invention.

## **Exemples**

### **[0055]**

Composition 1 (essai comparatif) : composition semi-conductrice thermoplastique commercialisée par la société DOW Chemicals sous la référence DHDA 7708-BK.

Composition 2 (essai comparatif) : composition semi-conductrice thermoplastique commercialisée par la Kyungwon New Materials Inc sous la référence Pramkor 7001.

Composition 3 : composition comprenant :

- 74,5 % en poids de LLDPE (polymère thermoplastique apolaire), commercialisé par la société Polimeri Europa SpA sous la référence Flexirène CL10 (densité = 0,918 g/cm<sup>3</sup> ; Indice de fluidité MFR = 2,6 g/10 min ; température de fusion = 121°C),
- 25 % en poids de noir de carbone commercialisé par la société Cabot Corporation sous la référence Vulcan XC-500, et
- 0,5 % en poids d'un antioxydant commercialisé par la société Flexsys N.V. sous la référence Flektol TMQ.

Composition 4 : composition comprenant :

- 54,8 % en poids de LLDPE (polymère thermoplastique apolaire), commercialisé par la société Polimeri Europa SpA sous la référence Flexirène CL10 (densité = 0,918 g/cm<sup>3</sup> ; Indice de fluidité MFR = 2,6 g/10 min ; température de fusion = 121°C),
- 29,8 % en poids de dihydrate de magnésium (MDH), commercialisé par la société Albemarle Corporation sous la référence Magnifin H5A,
- 15 % en poids de noir de carbone, commercialisé par la société Cabot Corporation sous la référence Vulcan XC-72, et
- 0,4 % en poids d'un antioxydant, commercialisé par la société Ciba Specialty Chemicals Inc. sous la référence Irganox 1010FF.

Composition 5 : composition comprenant :

- 49,6 % en poids de LLDPE (polymère thermoplastique apolaire), commercialisé par la société Polimeri Europa SpA sous la référence Flexirène CL10 (densité = 0,918 g/cm<sup>3</sup> ; Indice de fluidité MFR = 2,6 g/10 min ; température de fusion = 121°C),
- 35,0 % en poids de dihydrate de magnésium (MDH), commercialisé par la société Albemarle Corporation sous la référence Magnifin H5A,
- 15 % en poids de noir de carbone, commercialisé par la société Cabot Corporation sous la référence Vulcan

XC-72, et

- 0,4 % en poids d'un antioxydant commercialisé par la société Ciba Specialty Chemicals Inc. sous la référence Irganox 1010FF.

**[0056]** Les compositions 1 à 5 sont mélangées dans un mélangeur continu ou une extrudeuse bi-vis. Le polymère, et éventuellement les additifs, sont introduits par des moyens de dosage appropriés dans le mélangeur, le polymère étant mis à l'état fondu. Ensuite, les charges électriquement conductrices, et éventuellement les autres charges, sont introduites dans la masse fondue et homogénéisées. Le mélange obtenu est granulé à l'aide d'un dispositif de granulation.

**[0057]** Les granulés obtenus à l'étape de granulation sont extrudés, l'extrudat étant déposé autour d'une gaine extérieure de protection (également extrudée) d'une épaisseur de 2 à 3 mm entourant un fil métallique d'une section de 1,5 mm<sup>2</sup>. L'épaisseur respective des couches externes, obtenues respectivement à partir des compositions 1 à 3 extrudées, est comprise entre 0,15 et 0,2 mm.

**[0058]** Les bicouches des câbles électriques ainsi obtenus sont soumises à un contrôle visuel.

**[0059]** La nature des gaines de protections constitutives des bicouches est rassemblée dans le tableau 1 ci-après.

**Tableau 1**

	Composition 1	Composition 2	Composition 3	Composition 4	Composition 5
Gaine HFFR	Détachement important de la couche externe	Détachement important de la couche externe	Aucun détachement de la couche externe	NM*	Aucun détachement de la couche externe
*NM = caractéristique non mesurée					

**[0060]** La gaine HFFR (ou gaine extérieure de protection) du tableau 1 est un matériau HFFR commercialisé par la société NEXANS sous la référence HS3411-T.

**[0061]** Au vu des résultats qualitatifs visuels rassemblés dans le tableau 1, seule les compositions thermoplastiques de l'invention peuvent s'extruder sur la gaine extérieure de protection du câble sans qu'un détachement important de la couche externe ne puisse être constaté, contrairement aux compositions 1 et 2.

**Tableau 2**

	Composition 1	Composition 2	Composition 3	Composition 4	Composition 5
Résistance à la rupture (MPa)	11,7	29,8	24,2	16,5	15,5
Allongement à la rupture (%)	450	513	575	518	454
Module d'élasticité (MPa)	NM*	1620	1046	1056	1267
Résistivité volumique à 23°C (Ohm.m)	0,25	10	0,22	0,36	0,25
Dureté (Shore D)	55	NM*	57	NM*	NM*
Durée de combustion en sens vertical de joncs pleins (secondes)	NM*	NM*	259	298	366
Appréciation de la mise à feu lors du test de combustion de joncs pleins	NM*	NM*	Mise à feu facile	Mise à feu moyenne	Mise à feu difficile
*NM = Valeur ou caractéristique non mesurée					

**[0062]** Les propriétés mécaniques (résistance à la rupture, allongement à la rupture et module d'élasticité) ainsi que la résistivité volumique à 23°C ont été mesurées sur des éprouvettes prélevées dans des rubans extrudés (d'une épaisseur de 0,3 mm) obtenus à partir des compositions 1 à 5.

**[0063]** La résistance à la rupture et l'allongement à la rupture sont déterminées selon la norme IEC 60811-1-1, les éprouvettes étant du type « haltères » ISO 37-2 et la vitesse de traction utilisée étant de 100 mm/min.

**[0064]** Le module d'élasticité (ou Module de Young) est quant à lui déterminé par des essais de traction selon la norme ISO 527-1 ou ASTM D 638, les éprouvettes étant du type « haltères » ISO 37-2 et la vitesse de traction utilisée étant de 100 mm/min. Le module d'élasticité permet de caractériser la rigidité d'un matériau. Plus sa valeur est élevée, plus la matière est dite rigide.

**[0065]** La résistivité volumique est déterminée selon la norme ASTM D991 ou une méthode dérivée de la norme ISO 3915.

**[0066]** La valeur Shore D est déterminée à l'aide d'un duromètre, suivant la norme ISO868 ou ASTM D 2240.

**[0067]** La durée de combustion en sens vertical d'une flamme de joncs pleins est déterminée de la façon suivante. Des joncs pleins d'un diamètre de 4 mm sont extrudés avec chacune des compositions 1 à 5. Ces joncs sont ensuite séchés pendant 48 h à une température de 70°C dans une étuve à air chaud pour éliminer une éventuelle influence d'humidité absorbée sur le comportement au feu. Après séchage, les joncs sont découpés en morceaux d'une longueur de 22 cm. Sous une hotte d'aspiration de fumées est placé un statif de laboratoire sur lequel est fixé une noix de serrage à une hauteur de 30 cm. Cette noix de serrage tient une courte tige de statif dans le sens horizontal. A l'extrémité de cette tige, une deuxième noix de serrage est fixée. Chaque jonc est fixé verticalement dans cette deuxième noix de serrage, la longueur de serrage étant de 2 cm. La longueur libre disponible pour la flamme est ainsi de 20 cm. Le jonc est ensuite mis à feu à l'aide d'une flamme de butane. Le temps entre la mise à feu du jonc (c'est-à-dire du moment où le jonc brûle tout seul) et l'extinction complète de la flamme, est mesuré à l'aide d'un chronomètre. Pour chacune des compositions testées, 3 joncs sont brûlés et la valeur moyenne des durées de combustion ainsi obtenues calculée (en secondes). L'interprétation des valeurs est comme telle: plus la durée de combustion est longue, et ceci uniquement pour une combustion sur toute la longueur et où le jonc est consommé en totalité sur 20 cm, plus la charge ignifugeante est efficace pour retarder la combustion.

**[0068]** Pour apprécier le cas possible d'une extinction de la flamme avant que le jonc soit consommé (qui représenterait le cas le plus favorable), on introduit le critère de l'appréciation de la mise à feu (lors du test de combustion de joncs pleins). Plus cette mise à feu est difficile, plus l'effet de retardation au feu est prononcé.

**[0069]** Les résultats rassemblés dans le tableau 2 montrent que les compositions 3 à 5 selon l'invention présente des propriétés mécaniques et de résistivité améliorées de façon significative par rapport aux essais comparatifs, tout en gardant une très bonne adhésion sur la gaine extérieure de protection (voir résultats du tableau 1).

**[0070]** Quant au module d'élasticité, les valeurs plus faibles des compositions 3 à 5 par rapport à composition 2 montrent que les compositions selon l'invention sont bien plus flexibles mécaniquement, même pour les compositions 4 et 5 fortement chargées. Cette flexibilité accrue réduit le risque de fissuration de la couche externe lors de la manipulation et/ou de l'installation du câble.

**[0071]** Les compositions 4 et 5 contenant en plus une charge ignifugeante du type HFFR montrent un effet retardant à la flamme accru par rapport à composition 3, particulièrement prononcé pour la composition 5.

**[0072]** Ainsi, le comportement au feu de l'ensemble constitué par ladite couche externe conductrice selon l'invention et par la gaine extérieure de protection de type HFFR, est très favorable, ledit ensemble présentant en outre de très bonnes propriétés mécaniques, une bonne conductivité électrique ainsi qu'une bonne adhésion.

## Revendications

1. Câble électrique (1) comprenant un élément conducteur (2), et successivement autour de cet élément conducteur (2), une couche (4) électriquement isolante, un écran métallique (6) et une gaine extérieure (7) de protection, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre une couche externe (8) extrudée entourant la gaine extérieure (7) de protection, ladite couche externe (8) extrudée étant directement en contact avec ladite gaine extérieure (7) de protection, et étant obtenue à partir d'une composition comprenant plus de 50,0 parties en poids de polymère apolaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition et une charge électriquement conductrice.
2. Câble selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la composition comprend au moins 60 parties en poids de polymère apolaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition, de préférence au moins 80 parties en poids de polymère apolaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition.
3. Câble selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le polymère apolaire est choisi parmi les polyéthylènes linéaires basse densité (LLDPE), les polyéthylènes très basse densité (VLDPE), et les polyéthylènes ultra basse densité (ULDPE), ou un de leurs mélanges.
4. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la composition comprend en outre au plus 40 parties en poids de polymère polaire pour 100 parties en poids de polymère dans la composition, de préférence au plus 20 parties en poids de polymère polaire pour 100 parties en poids de polymère dans la

composition.

- 5 5. Câble selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le polymère polaire est choisi parmi les copolymères d'éthylène butyle acrylates (EBA), les copolymères d'éthylène éthyle acrylates (EEA), et les copolymères d'éthylène méthyle acrylates (EMA), ou un de leurs mélanges.
6. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la composition comprend au moins 10% en poids de charge électriquement conductrice.
- 10 7. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la composition comprend au plus 40% en poids de charge électriquement conductrice.
8. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la charge électriquement conductrice est choisie parmi du noir de carbone, du graphite, des nanotubes de carbone, des charges inorganiques dopées, et des poudres de polymères conducteurs intrinsèques, ou un de leurs mélanges.
- 15 9. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche externe (8) a une épaisseur d'au plus 400  $\mu\text{m}$ , de préférence d'au plus 300  $\mu\text{m}$ .
- 20 10. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la gaine extérieure de protection à une dureté Shore D d'au moins 50 selon la norme ISO 868.
11. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un écran semi-conducteur interne (3) entre l'élément conducteur (2) et la couche (4) électriquement isolante, et un écran semi-conducteur externe (5) entre la couche électriquement isolante (4) et l'écran métallique (6).
- 25 12. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la composition comprend en outre une charge ignifugeante.

30

#### Patentansprüche

1. Stromkabel (1), umfassend ein Leitelement (2), und aufeinander folgend um dieses Leitelement (2) herum angeordnet, eine elektrisch isolierende Schicht (4), eine Metallabschirmung (6) und einen Außenschutzmantel (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** es ferner eine extrudierte Außenschicht (8) umfasst, die den Außenschutzmantel (7) umgibt, wobei die extrudierte Außenschicht (8) mit dem Außenschutzmantel (7) unmittelbar im Kontakt steht und aus einer Zusammenfassung erhalten worden ist, die mehr als 50,0 Gewichtsteile apolares Polymer pro 100 Gewichtsteile Polymer in der Zusammensetzung sowie einen leitenden Füllstoff umfasst.
- 35 2. Kabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung mindestens 60 Gew.-Teile apolares Polymer pro 100 Gew.-Teile Polymer in der Zusammensetzung, vorzugsweise 80 Gew.-Teile apolares Polymer pro 100 Gew.-Teile Polymer in der Zusammensetzung, umfasst.
- 40 3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das apolare Polymer gewählt ist aus LLDPE, VLDPE und ULDPE oder einer Mischung davon.
- 45 4. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung ferner höchstens 40 Gew.-Teile polares Polymer pro 100 Gew.-Teile Polymer in der Zusammensetzung, vorzugsweise höchstens 20 Gew.-Teile polares Polymer pro 100 Gew.-Teile Polymer in der Zusammensetzung, umfasst.
- 50 5. Kabel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das polare Polymer gewählt ist aus den EBA-Copolymeren, den EEA-Copolymeren und den EMA-Copolymeren oder einer Mischung davon.
- 55 6. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung einen elektrisch leitenden Füllstoff zu mindestens 10 Gew. % umfasst.
7. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche,



**dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung einen elektrisch leitenden Füllstoff zu höchstens 40 Gew. % umfasst.

8. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass** der elektrisch leitende Füllstoff gewählt ist aus Russ, Graphit, Kohlenstoffnanoröhrchen, dotierten anorganischen Füllstoffen und eigenleitenden Polymerpulvern oder einer Mischung davon.

9. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenschicht (8) eine Stärke von höchstens 400 µm, vorzugsweise höchstens 300 µm, aufweist.

10. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenschutzmantel eine Shore-D-Härte von mindestens 50 nach ISO 868 aufweist.

11. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ferner einen halbleitenden Innenschirm (3) zwischen dem Leitelement (2) und der elektrisch isolierenden Schicht (4) sowie einen halbleitenden Außenschirm (5) zwischen der elektrisch isolierenden Schicht (4) und der Metallabschirmung (6) umfasst.

12. Kabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung ferner einen Flammenschutzfüllstoff umfasst.

## Claims

1. Electrical cable (1) comprising a conductive element (2), and successively around this conductive element (2), an electrically-insulating layer (4), a metal screen (6) and an outer protective sheath (7), **characterized in that** it further comprises an extruded outer layer (8) surrounding the outer protective sheath (7), wherein the extruded outer layer (8) is in direct contact with the outer protective sheath (7), and is obtained from a composition comprising more than 50.0 parts by weight of apolar polymer per 100 parts by weight of polymer in the composition, and an electrically-conductive filler.

2. Cable according to claim 1, **characterized in that** the composition comprises at least 60 parts by weight of apolar polymer per 100 parts by weight of polymer in the composition, preferably at least 80 parts by weight of apolar polymer per 100 parts by weight of polymer in the composition.

3. Cable according to claim 1 or 2, **characterized in that** the apolar polymer is selected from among linear low density polyethylenes (LLDPE), very low density polyethylenes (VLDPE), and ultra low density polyethylenes (ULDPE), or one of their mixtures.

4. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the composition further comprises at most 40 parts by weight of polar polymer per 100 parts by weight of polymer in the composition, preferably at most 20 parts by weight of polar polymer per 100 parts by weight of polymer in the composition.

5. Cable according to claim 4, **characterized in that** the polar polymer is selected from among copolymers of ethylene butyl acrylate (EBA), copolymers of ethylene ethyl acrylates (EEA), and copolymers of ethylene methyl acrylates (EMA), or one of their mixtures.

6. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the composition comprises at least 10% by weight of electrically-conductive filler.

7. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the composition comprises at most 40% by weight of electrically-conductive filler.

8. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the electrically-conductive filler is selected from among carbon black, graphite, carbon nanotubes, doped inorganic fillers, and intrinsically-conductive polymer powders, or one of their mixtures.

9. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the outer layer (8) has a thickness of at

most 400  $\mu\text{m}$ , preferably at most 300  $\mu\text{m}$ .

10. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the outer protective sheath has a Shore D hardness of at least 50 according to ISO 868.

5 11. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it further comprises an internal semiconductor screen (3) between the conductive element (2) and the electrically-insulating layer (4), and an external semiconductor screen (5) between the electrically-insulating layer (4) and the metal screen (6).

10 12. Cable according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the composition further comprises a flame retardant filler.

15

20

25

30

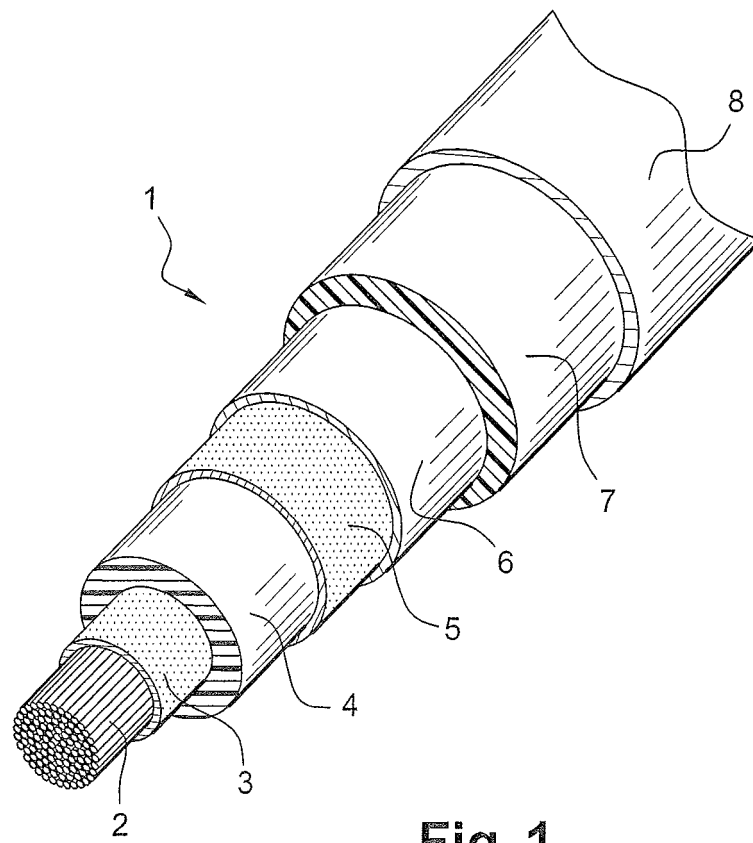
35

40

45

50

55



**Fig. 1**

**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.*

**Littérature non-brevet citée dans la description**

- **SOUTHWIRE.** *High Voltage Solutions* [0008]