

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2021/205103 A1**

(43) Date de la publication internationale  
14 octobre 2021 (14.10.2021)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :  
*B29C 44/32* (2006.01)      *H01B 3/48* (2006.01)  
*C04B 28/00* (2006.01)

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2021/050588

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

(22) Date de dépôt international :  
02 avril 2021 (02.04.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
20 03415      06 avril 2020 (06.04.2020)      FR

(71) Déposant : NEXANS [FR/FR] ; 4, Allée de l'Arche, 92400  
Courbevoie (FR).

(72) Inventeurs : AUVRAY, Thierry ; 18, rue Barrême, 69006  
LYON (FR). GYPPAZ, Franck ; 9, rue Montbrillant,  
69003 LYON (FR).

(74) Mandataire : DE LAMO MARIN, Sandra et al. ; IPSI-  
LON, Le Centralis, 63 avenue du Général Leclerc, 92340  
BOURG-LA-REINE (FR).

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

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

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING A FIRE-RESISTANT AND/OR FIRE-RETARDANT CABLE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN CÂBLE RÉSISTANT ET/OU RETARDANT AU FEU

(57) Abstract: The present invention relates to a method for manufacturing a cable comprising at least one elongate electrically conductive element, at least one composite layer surrounding the elongate electrically conductive element, the composite layer comprising a non-woven fibrous material impregnated by a geopolymer material, and at least one polymer sleeve surrounding the composite layer, the method using a tube of plastic material to facilitate the extrusion of the polymer sleeve around the composite layer.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, au moins une couche composite entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ladite couche composite comprenant un matériau fibreux non tissé imprégné par un matériau géopolymère, et au moins une gaine polymère entourant ladite couche composite, ledit procédé mettant un oeuvre un tube en matière plastique pour faciliter l'extrusion de ladite gaine polymère autour de la couche composite.



WO 2021/205103 A1

## **Procédé de fabrication d'un câble résistant et/ ou retardant au feu**

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, au moins une couche composite entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ladite couche composite comprenant un matériau fibreux non tissé imprégné par un matériau géopolymère, et au moins une gaine polymère entourant ladite couche composite, ledit procédé mettant un œuvre un tube en matière plastique pour faciliter l'extrusion de ladite gaine polymère autour de la couche composite.

Elle s'applique typiquement mais non exclusivement à des câbles retardants et/ou résistants au feu destinés au transport d'énergie et/ou à la transmission de donnée tels que des câbles électriques et/ou optiques de sécurité retardants et/ou résistants au feu, notamment sans halogène, susceptibles de fonctionner pendant un laps de temps donné dans des conditions d'incendie sans être pour autant propagateur d'incendie, ni générateur de fumées importantes. Ces câbles de sécurité sont en particulier des câbles de transport d'énergie moyenne tension (notamment de 6 à 45-60 kV) ou des câbles de transmission basse fréquence, tels que des câbles de contrôle ou de signalisation.

De WO 2016/092200 est connu un procédé de fabrication d'un câble résistant au feu comprenant les étapes suivantes : une étape de préparation d'une composition géopolymère ; une étape d'enroulement d'un matériau fibreux non tissé autour d'au moins un conducteur métallique, une étape d'imprégnation du conducteur métallique/matériau fibreux non tissé dans la composition géopolymère précédemment préparée, une étape de durcissement de la composition géopolymère pour former une couche composite comprenant ledit matériau fibreux non tissé imprégné d'un matériau géopolymère et entourant le conducteur métallique, puis une étape d'extrusion à chaud d'une gaine polymère autour de la couche composite. Au cours de la fabrication du câble, la composition géopolymère en surface du matériau non tissé est encore liquide, elle s'écoule alors dans les parties métalliques de l'extrudeuse, se durcit, et se transforme au moins en partie en céramique, entraînant l'obstruction ou le bouchage de la tête d'extrusion, et empêchant l'extrusion de la gaine polymère autour de la couche composite.

Le but de l'invention est par conséquent de pallier tout ou partie des inconvénients précités, et de fournir un procédé de fabrication d'un câble retardant au feu, ledit procédé étant facile à mettre en œuvre, notamment facilement industrialisable, économique et rapide, et permettant en particulier de faciliter  
5 l'étape d'extrusion de la gaine polymère autour de la couche composite à base de géopolymère.

L'invention a pour premier objet un procédé de fabrication d'un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, au moins une couche composite entourant ledit élément électriquement conducteur allongé,  
10 ladite couche composite comprenant un matériau fibreux non tissé imprégné d'un matériau géopolymère, et au moins une gaine polymère entourant ladite couche composite, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

i) faire passer dans un tube en matière plastique un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, et au moins un matériau  
15 fibreux non tissé imprégné d'une composition géopolymère entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et

ii) extruder une gaine polymère à l'aide d'une extrudeuse comprenant au moins une tête d'extrudeuse munie d'une filière et d'un poinçon,

ledit procédé étant caractérisé en ce qu'une partie dudit tube en matière  
20 plastique est insérée dans la tête d'extrudeuse et est configurée pour éviter le contact entre la composition géopolymère et le poinçon de la tête d'extrudeuse.

Le procédé de l'invention est rapide, facile à mettre en œuvre, notamment sur le plan industriel, économique, et il garantit l'obtention d'un câble résistant et/ou retardant au feu présentant de bonnes propriétés mécaniques, notamment  
25 en termes de flexibilité et de durabilité. Par ailleurs, le procédé de l'invention permet d'une part de faciliter la conformation du matériau fibreux non tissé autour de l'élément électriquement conducteur allongé, d'améliorer l'imprégnation du matériau fibreux non tissé par la composition géopolymère, et également d'éviter la céramification de la composition géopolymère au sein de la tête d'extrudeuse,  
30 facilitant ainsi l'extrusion de la gaine polymère autour de la couche composite à base de géopolymère.

L'étape i)

L'étape i) permet de placer ou introduire dans un tube en matière plastique le câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et au moins un matériau fibreux non tissé imprégné d'une composition géopolymère entourant ledit élément électriquement conducteur allongé. Cette étape de confinement dudit câble au sein dudit tube en matière plastique permet d'une part, de faciliter la conformation du matériau fibreux non tissé autour de l'élément électriquement conducteur allongé, et d'autre part, d'améliorer l'imprégnation du matériau fibreux non tissé par la composition géopolymère.

Lors de l'étape i), le tube en matière plastique entoure le câble, et en particulier entoure le matériau fibreux non tissé imprégné de ladite composition géopolymère.

Le tube de l'invention est en matière plastique afin notamment d'éviter l'adhésion de la composition géopolymère sur ledit tube. Par ailleurs, le tube en matière plastique étant moins bon conducteur thermique que le métal, cela permet d'éviter une prise du matériau géopolymère à l'interface (i.e. d'éviter le séchage de la composition géopolymère à l'interface trop rapide).

Le tube en matière plastique peut comprendre (ou être constitué d') un matériau polymère choisi parmi :

- les polymères thermoplastiques thermostables (c'est-à-dire stables à une température supérieure ou égale à 250°C environ), tels que les polyaryléthercétone (PAEK) [e.g. polyétheréthercétone (PEEK), polyéthercétonecétone (PEKK), polyéthercétone (PEK), polyétheréthercétonecétone (PEEKK), polyéthercétoneéthercétonecétone (PEKEKK)], les polyétherimides (PEI), les polyéthersulfones (PES), les polysulfones (PS) ou les polyimides (PI),

- les polyamides (PA), et les polyamide-imides (PAI),

- les polymères fluorés tels que le polyfluorure de vinylidène et de trifluoroéthylène [P(VdF-TrFE)] ou d'hexafluoropropène [P(VdF-HFP)], le polytétrafluoroéthylène (PTFE), le copolymère de tétrafluoroéthylène et d'hexafluoropropylène (FEP), ou l'ETFE,

- les résines polymères ayant une température de fusion supérieure à 200°C environ, et

- un de leurs mélanges.

Le matériau polymère est de préférence choisi parmi les polyaryléthercétone, et de façon particulièrement préférée est choisi parmi les PEEK.

5 Le matériau polymère ainsi choisi présente l'avantage d'avoir des propriétés surfaciques et/ou physico-chimiques adaptées pour faciliter l'étape i), en particulier ledit matériau polymère ne présente aucune rugosité, et a une grande inertie chimique, et/ou une facilité d'usinage.

10 Le tube en matière plastique est de préférence un tube hermétique. En particulier, le tube en matière plastique est étanche à la composition géopolymère imprégnant ledit matériau fibreux non tissé.

Le tube en matière plastique est un cylindre creux. Il est défini par un diamètre externe « Dext » et un diamètre interne « Dint ».

15 Ledit tube en matière plastique a de préférence une épaisseur conditionnée par la différence entre le diamètre externe du câble utilisé dans l'étape i) et le diamètre interne de la tête d'extrudeuse. Cette épaisseur est donc choisie en fonction du diamètre externe du câble utilisé dans l'étape i), et du diamètre interne de la tête d'extrudeuse utilisée. L'épaisseur est définie par la différence entre le diamètre externe du tube « Dext » et le diamètre interne du  
20 tube « Dint » de sorte que « Dint » est strictement supérieur au diamètre externe du câble utilisé dans l'étape i) et « Dext » est strictement inférieur au diamètre interne de la tête d'extrudeuse.

25 Selon un mode de réalisation, le tube en matière plastique est configuré de sorte que la distance « d » entre la surface externe du matériau fibreux non tissé et la surface interne dudit tube est d'au plus 1 mm environ, et de façon particulièrement préférée d'au plus 0,5 mm environ.

En d'autres termes, la distance « d » définit l'espace radial vide entre le matériau fibreux non tissé imprégné de la composition géopolymère et la surface interne du tube.

30 Grâce à cette distance « d » maximale, la conformation du matériau fibreux non tissé autour de l'élément électriquement conducteur allongé est maintenue (i.e. le matériau non tissé entourant l'élément électriquement

conducteur allongé ne peut pas s'ouvrir), et l'imprégnation du matériau fibreux non tissé par la composition géopolymère facilitée. L'homogénéité de la couche composite autour de l'élément électriquement conducteur allongé est également améliorée.

5           La distance « d » est de préférence d'au moins 0,2 mm environ, et de façon particulièrement préférée d'au moins 0,3 mm environ.

          Le procédé de l'invention est en outre caractérisé en ce qu'une partie dudit tube en matière plastique est insérée dans la tête d'extrudeuse et est configurée pour éviter le contact entre la composition géopolymère et le poinçon de  
10 l'extrudeuse.

          Le tube étant disposé en partie dans la tête d'extrusion ou tête d'extrudeuse, et le tube étant hermétique, tout écoulement de la composition géopolymère est évité au niveau du poinçon, mais également pendant tout le trajet du câble imprégné vers la tête d'extrudeuse. Par ailleurs, cela permet  
15 également de s'assurer que le matériau non tissé, notamment lorsqu'il est sous la forme d'un ruban appliqué longitudinalement, reste fermé autour du câble, i.e. entoure complètement l'élément électriquement conducteur allongé).

          Le tube présente une autre partie qui n'est pas insérée dans la tête d'extrudeuse.

20           Cette autre partie présente de préférence une longueur d'au moins 100 mm environ. Cela permet ainsi de faciliter la sortie ou le retrait du tube de la tête d'extrudeuse.

          Ainsi, lors de l'étape i), la composition géopolymère n'est pas en contact avec la tête d'extrudeuse, et plus particulièrement avec le poinçon de la tête  
25 d'extrudeuse, et avec toutes les parties métalliques contenues dans la tête d'extrudeuse.

          De préférence, le tube est maintenu en place dans la tête d'extrudeuse au moyen de deux anneaux en métal, ou en matière plastique telle que définie dans l'invention, qui peut être identique ou différente, et de préférence identique, à la  
30 matière plastique du tube.

Avantageusement, la partie du tube insérée dans la tête d'extrudeuse comprend une extrémité connectée à un insert en matière plastique configuré pour s'adapter au poinçon de la tête d'extrudeuse.

Ledit insert en matière plastique peut comprendre (ou être constitué d') un matériau polymère tel que définie dans l'invention. La matière plastique de l'insert peut être identique ou différent, et de préférence identique, à celle dudit tube.

La présence de l'insert en matière plastique permet d'éviter tout contact entre la composition géopolymère et le poinçon de la tête d'extrudeuse.

L'insert en matière plastique a de préférence une forme similaire à celle du poinçon et de façon particulièrement préférée a une forme conique.

L'étape i) est de préférence effectuée à température ambiante (i.e. 18-25°C).

L'étape i) peut être effectuée manuellement ou de façon automatisée, et de préférence de façon automatisée.

Lorsqu'elle est automatisée, l'étape i) est effectuée à une vitesse allant de 20 à 280 m/min environ, et de préférence allant de 50 à 150 m/min environ.

#### Le matériau fibreux non tissé

Le matériau fibreux non tissé a de préférence une structure souple et flexible.

Le matériau fibreux non tissé peut être choisi parmi les matériaux cellulosiques, les matériaux à base de polymères organiques synthétiques, les fibres de verre, et un de leurs mélanges, et de préférence parmi les matériaux à base de polymères organiques synthétiques.

Les matériaux cellulosiques peuvent être choisis parmi le papier, en particulier le papier buvard ; les matériaux non tissés fabriqués à partir de cellulose fonctionnalisée ou non fonctionnalisée ; les matrices à structure alvéolaire et/ou fibreuse fabriquées à partir de fibres naturelles d'acétate de cellulose.

Les matériaux à base de polymères organiques synthétiques peuvent être choisis parmi les matériaux polymères à matrice poreuse et/ou fibreuse de

polyoléfine(s), en particulier ceux choisis parmi les homo- et copolymères de propylène, les homo- et copolymères d'éthylène, les polyéthylènes haute densité (HDPE), les polyamides aromatiques (aramides), les polyesters, et un de leurs mélanges.

5 Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le matériau fibreux non tissé est un polyéthylène téréphtalate (PET).

Le matériau fibreux non tissé présente de préférence un grammage allant de 50 à 120 g/cm<sup>2</sup> environ. Cela permet ainsi d'obtenir une couche composite suffisamment flexible pour pouvoir être manipulée facilement, et suffisamment  
10 robuste pour obtenir une bonne protection au feu.

Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le matériau fibreux non tissé représente de 2 à 95% en poids environ, de façon particulièrement préférée de 5 à 45% en poids environ, et encore plus préférentiellement de 10 à 35% en poids environ, par rapport au poids total de la couche composite.

15 Le matériau fibreux non tissé se présente préférentiellement sous la forme d'un ruban ou d'une bande. Cela permet ainsi de faciliter l'étape i).

#### La composition géopolymère

La composition géopolymère utilisée à l'étape i) est de préférence une composition géopolymère liquide.

20 La composition géopolymère de l'étape i) est de préférence une composition géopolymère aluminosilicate.

La composition géopolymère de l'invention est de façon particulièrement préférée une composition géopolymère comprenant de l'eau, du silicium (Si), de l'aluminium (Al), de l'oxygène (O), et au moins un élément choisi parmi le  
25 potassium (K), le sodium (Na), le lithium (Li), le césium (Cs), et le calcium (Ca), et de préférence choisi parmi le potassium (K) et le sodium (Na).

La composition géopolymère peut en particulier comprendre au moins un premier aluminosilicate, au moins un premier silicate alcalin, de l'eau, et éventuellement une base alcaline.

30 Le premier aluminosilicate

Le premier aluminosilicate peut être choisi parmi les métakaolins (i.e. kaolins calcinés), les cendres volantes (bien connues sous l'anglicisme « *fly ash* »), le laitier de haut fourneau (bien connu sous l'anglicisme « *blast furnace slag* »), les argiles gonflantes telles que la bentonite, les argiles calcinées, tout type de composé comprenant de l'aluminium et de la fumée de silice, les zéolithes, et un de leurs mélanges.

Parmi ces composés, les métakaolins sont préférés, notamment ceux commercialisés par la société Imérys.

Dans l'invention, l'expression « métakaolin » signifie un kaolin calciné ou un aluminosilicate déhydroxylé. Il est de préférence obtenu par déshydratation d'un kaolin ou d'une kaolinite.

La composition géopolymère peut comprendre de 5 à 50% en poids environ d'aluminosilicate, et de préférence de 10 à 35% en poids environ d'aluminosilicate, par rapport au poids total de la composition géopolymère.

La composition géopolymère peut comprendre en outre un deuxième aluminosilicate différent du premier aluminosilicate.

De préférence, la composition géopolymère comprend deux kaolins calcinés ayant des températures de calcination différentes.

Selon une forme de réalisation particulièrement préférée de l'invention, la composition géopolymère comprend un premier métakaolin choisi parmi les kaolins calcinés à une température  $T_{c1}$  d'au moins 650°C environ, et un deuxième métakaolin choisi parmi les kaolins calcinés à une température  $T_{c2}$  telle que  $T_{c2} - T_{c1} \geq 100^\circ\text{C}$  environ, au moins un premier silicate alcalin, de l'eau, et éventuellement une base alcaline. La composition géopolymère peut alors présenter des propriétés mécaniques améliorées, notamment en termes de flexibilité et de durabilité, tout en garantissant de bonnes propriétés de réaction et de résistance au feu.

Selon une forme de réalisation de l'invention, le premier métakaolin est un kaolin calciné à une température  $T_{c1}$  d'au moins 700°C environ, et de préférence d'au moins 725°C environ.

Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le premier métakaolin est un kaolin calciné à une température  $T_{c1}$  d'au plus 875°C environ, et de préférence d'au plus 825°C environ.

5 Le premier métakaolin peut comprendre au moins 20% en mole environ, et de préférence au moins 30% en mole environ d'oxyde d'aluminium ( $Al_2O_3$ ), par rapport au nombre de moles total du premier métakaolin.

Le premier métakaolin peut comprendre au plus 60% en mole environ, et de préférence au plus 50% en mole environ d'oxyde d'aluminium ( $Al_2O_3$ ), par rapport au nombre de moles total du premier métakaolin.

10 Le premier métakaolin peut comprendre au moins 35% en mole environ, et de préférence au moins 45% en mole environ d'oxyde de silicium ( $SiO_2$ ), par rapport au nombre de moles total du premier métakaolin.

Le premier métakaolin peut comprendre au plus 75% en mole environ, et de préférence au plus 65% en mole environ d'oxyde de silicium ( $SiO_2$ ), par rapport  
15 au nombre de moles total du premier métakaolin.

À titre d'exemples de premier métakaolin, on peut citer les métakaolins vendus par la société Imérys, notamment celui commercialisé sous la référence PoleStar® 450.

Le premier métakaolin peut être choisi parmi les kaolins calcinés à  $T_{c1}$  telle  
20 que définie dans l'invention, pendant au moins 1 min environ, de préférence pendant au moins 10 min environ, de façon particulièrement préférée pendant une durée allant d'environ 30 min à 8h, et de façon plus particulièrement préférée pendant une durée allant d'environ 2h à 6h.

Le deuxième métakaolin est choisi de préférence parmi les kaolins calcinés  
25 à une température  $T_{c2}$  telle que  $T_{c2} - T_{c1} \geq 150^\circ C$  environ, de façon particulièrement préférée telle que  $T_{c2} - T_{c1} \geq 200^\circ C$  environ, et de façon plus particulièrement préférée telle que  $T_{c2} - T_{c1} \geq 250^\circ C$  environ.

Selon une forme de réalisation de l'invention, le deuxième métakaolin est  
30 un kaolin calciné à une température  $T_{c2}$  d'au moins 800°C environ, de préférence d'au moins 850°C environ, et de façon particulièrement préférée d'au moins 900°C environ.

Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le deuxième métakaolin est un kaolin calciné à une température  $T_{c2}$  d'au plus 1200°C environ, et de préférence d'au plus 1150°C environ.

Le deuxième métakaolin peut comprendre au moins 20% en mole environ, et de préférence au moins 30% en mole environ d'oxyde d'aluminium ( $Al_2O_3$ ), par rapport au nombre de moles total du deuxième métakaolin.

Le deuxième métakaolin peut comprendre au plus 60% en mole environ, et de préférence au plus 50% en mole environ d'oxyde d'aluminium ( $Al_2O_3$ ), par rapport au nombre de moles total du deuxième métakaolin.

Le deuxième métakaolin peut comprendre au moins 35% en mole environ, et de préférence au moins 45% en mole environ d'oxyde de silicium ( $SiO_2$ ), par rapport au nombre de moles total du deuxième métakaolin.

Le deuxième métakaolin peut comprendre au plus 75% en mole environ, et de préférence au plus 65% en mole environ d'oxyde de silicium ( $SiO_2$ ), par rapport au nombre de moles total du deuxième métakaolin.

À titre d'exemples de deuxième métakaolin, on peut citer les métakaolins vendus par la société Imérys, notamment celui commercialisé sous la référence PoleStar® 200R.

Le deuxième métakaolin peut être choisi parmi les kaolins calcinés à  $T_{c2}$  telle que définie dans l'invention, pendant au moins 1 min environ, de préférence pendant au moins 5 min environ, de façon particulièrement préférée pendant une durée allant d'environ 10 min à 2h, et de façon plus particulièrement préférée pendant une durée allant d'environ 15 min à 1h.

Le rapport massique [premier métakaolin/deuxième métakaolin] dans la composition géopolymère va de préférence de 0,1 à 2 environ, de façon particulièrement préférée de 0,5 à 1,0 environ, et de façon plus particulièrement préférée est d'environ 1.

La composition géopolymère peut comprendre de 5 à 50% en poids environ, et de préférence de 10 à 35% en poids environ de premier et deuxième métakaolins, par rapport au poids total de la composition géopolymère.

Les premier et deuxième métakaolins peuvent être analysés par analyse thermique différentielle (ATD) [absence ou présence d'un point ou pic de

crystallisation], résonance magnétique nucléaire (RMN) [spectre RMN<sup>27</sup> Al], et/ou diffraction aux rayons X (DRX).

Le premier métakaolin présente de préférence un pic de cristallisation par analyse thermique différentielle, de façon particulièrement préférée à une température allant de 900 à 1060°C, et de façon plus particulièrement préférée à une température allant de 950 à 1010°C.

Le deuxième métakaolin comprend de préférence de la mullite.

#### Le premier silicate alcalin

Le premier silicate alcalin peut être choisi parmi les silicates de sodium, les silicates de potassium, et l'un de leurs mélanges.

Les silicates alcalins commercialisés par la société Silmaco ou par la société PQ corporation sont préférés. Le premier silicate alcalin est de préférence un silicate de sodium.

Le premier silicate alcalin peut avoir un rapport molaire SiO<sub>2</sub>/M<sub>2</sub>O allant de 1,1 à 35 environ, de préférence de 1,3 à 10 environ, et de façon particulièrement préférée de 1,4 à 5 environ, avec M étant un atome de sodium ou de potassium, et de préférence un atome de sodium.

La composition géopolymère peut comprendre de 5 à 60% en poids environ, et de préférence de 10 à 50% en poids environ de premier silicate alcalin, par rapport au poids total de la composition géopolymère.

#### Le deuxième silicate alcalin

La composition géopolymère peut comprendre en outre un deuxième silicate alcalin différent du premier silicate alcalin.

Le deuxième silicate alcalin peut être choisi parmi les silicates de sodium, les silicates de potassium, et l'un de leurs mélanges. Les silicates alcalins commercialisés par la société Silmaco ou par la société PQ Corporation sont préférés. Le deuxième silicate alcalin est de préférence un silicate de sodium.

Les premier et deuxième silicates alcalins peuvent avoir respectivement des rapports molaires SiO<sub>2</sub>/M<sub>2</sub>O et SiO<sub>2</sub>/M'<sub>2</sub>O tels que M et M', identiques, sont choisis parmi un atome de sodium et un atome de potassium, et de préférence un atome de sodium, et lesdits rapports ont des valeurs différentes, de préférence

des valeurs telles que leur différence est d'au moins 0,3, de façon particulièrement préférée telles que leur différence est d'au moins 0,5, et de façon plus particulièrement préférée telles que leur différence est d'au moins 1,0.

5 Selon une forme de réalisation de l'invention, la composition géopolymère comprend :

- un premier silicate alcalin ayant un rapport molaire  $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$  allant de 1,5 à 2,6 environ, et

10 - un deuxième silicate alcalin ayant un rapport molaire  $\text{SiO}_2/\text{M}'_2\text{O}$  supérieur à 2,6, de préférence allant de 2,8 à 4,5 environ, et de façon particulièrement préférée allant de 3,0 à 4,0 environ, étant entendu que  $\text{M}'$  est identique à  $\text{M}$ .

La composition géopolymère peut comprendre de 10 à 60% en poids environ, et de préférence de 20 à 50% en poids environ de premier et deuxième silicates alcalins, par rapport au poids total de la composition géopolymère.

15 Le rapport massique [premier silicate alcalin/deuxième silicate alcalin] dans la composition géopolymère va de préférence de 0,5 à 2,5, et de façon particulièrement préférée de 0,8 à 2,0.

#### La base alcaline

La base alcaline peut être de l'hydroxyde de sodium, ou de l'hydroxyde de potassium, et de préférence de l'hydroxyde de sodium.

20 La composition géopolymère peut être exempte de base alcaline. Cela permet ainsi d'améliorer la manipulation de la composition géopolymère, en particulier lors de la préparation d'un câble.

#### Additifs

25 La composition géopolymère peut comprendre en outre un ou plusieurs additifs choisis parmi:

- un colorant,

- des fibres minérales, notamment choisies parmi les fibres d'alumine,

30 - un additif à structure polymère, notamment choisi parmi les fibres de polyoléfine telles que les fibres de polypropylène ou de polyéthylène (e.g. fibres de polyéthylène haute densité ou de HDPE), les aramides, et les fibres techniques de verre enduites de silicone ou d'un polymère organique de type polyéthylène ;

un copolymère de styrène-butadiène (SBR) ; un copolymère de styrène-butadiène-éthylène (EBS) ; les dérivés des copolymères de styrène-éthylène, notamment ceux commercialisés par Kraton tels qu'un copolymère de styrène-éthylène-butylène-styrène (SEBS), un copolymère de styrène-butadiène-styrène (SBS), un copolymère de styrène-isoprène-styrène (SIS), un copolymère de styrène-propylène-éthylène (EPS) ou un copolymère de styrène-éthylène-propylène-styrène (SEPS) ; un copolymère d'éthylène et d'acétate de vinyle (EVA), un polyorganosiloxane réticulé (e.g. à l'aide d'un peroxyde) ; du polyéthylène éventuellement sous forme de poudre ; des lignosulfonates ; de l'acétate de cellulose ; d'autres dérivés de la cellulose ; une huile silicone de faible viscosité (e.g. de l'ordre de 12500 cPo) ; et une huile polyéthylène, - un composé accélérant la prise en masse, notamment choisi parmi le sulfate d'aluminium, les aluns (e.g. sulfate double d'aluminium et de potassium), le chlorure de calcium, le sulfate de calcium, le sulfate de calcium hydraté, l'aluminate de sodium, le carbonate de sodium, le chlorure de sodium, le silicate de sodium, le sulfate de sodium, le chlorure de fer (III), et les lignosulfonates de sodium,

- un agent retardant la prise en masse, notamment choisi parmi l'ammonium, les métaux alcalins, les métaux alcalino-terreux, le borax, les lignosulfonates et en particulier les sels de métaux de lignosulfonates de calcium, les celluloses telles que la carboxyméthyl hydroéthyl cellulose, les lignines sulfoalkylées telles que par exemple la lignine sulfométhylée, les acides hydroxycarboxyliques, les copolymères de sels d'acide 2-acrylamido-2-méthylpropane sulfonique et d'acide acrylique ou d'acide maléique, et les sels saturés,

- une charge inerte, notamment choisi parmi le talc, les micas, les argiles déshydratées, et le carbonate de calcium,

- un amidon,

- un plastifiant de l'amidon, notamment choisi parmi un stéarate de métal, un polyéthylène glycol, un éthylène glycol, un polyol comme le glycérol, le sorbitol, le mannitol, le maltitol, le xylitol ou un oligomère de l'un de ces polyols, un sucrose comme le glucose ou le fructose, un plastifiant contenant des groupes amides, et tout type de plastifiant à base de polysaccharide(s) modifié(s),

- un matériau carboné expansé tel qu'un graphite expansé.

Le colorant est de préférence un colorant liquide à température ambiante (i.e. à 18-25°C).

La composition géopolymère peut comprendre de 0,01 à 15% en poids environ d'additif(s), et de préférence de 0,5 à 8% en poids environ d'additif(s), par rapport au poids total de la composition géopolymère.

#### L'étape ii)

L'étape d'extrusion ii) est effectuée après l'étape i). Grâce à la présence du tube en matière plastique, la céramification de la composition géopolymère au sein de l'extrudeuse est évitée, facilitant ainsi l'extrusion de la gaine polymère autour de la couche composite à base de géopolymère. Cela permet également d'éviter le bouchage ou l'obstruction de l'extrudeuse ainsi que sa détérioration.

En effet, lors de l'extrusion, le matériau fibreux non tissé s'imprègne de la composition géopolymère liquide mais en raison de sa faible viscosité, des effets d'égouttement sont observés. Le géopolymère lors d'un contact sur une surface métallique chaude se transforme en une céramique rigide. Au cours du temps, se construit alors dans la tête d'extrudeuse un bloc compact de céramique, qui finit par obstruer le passage du câble. Grâce au tube en matière plastique, la composition géopolymère est transportée dans le câble grâce au matériau fibreux non tissé qui, après quelques heures, devient une couche cohésive et protectrice contre l'incendie.

La gaine polymère de l'étape ii) peut permettre d'assurer l'intégrité mécanique du câble. On peut alors parler de gaine de protection.

À l'issue de l'étape ii), le câble peut alors comprendre au moins un élément électriquement conducteur allongé, la couche composite entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et au moins une gaine polymère entourant ladite couche composite.

L'étape ii) est de préférence effectuée à une température allant de 140°C à 225°C environ, et de façon particulièrement préférée allant de 170°C à 210°C environ.

L'étape ii) met de préférence en œuvre un distributeur configuré pour permettre le passage entre le poinçon et la filière de la tête d'extrudeuse, d'au moins un matériau polymère fondu apte à former la gaine polymère.

L'étape ii) peut être effectuée de façon automatisée.

5 L'étape ii) est effectuée à une vitesse allant de 20 à 280 m/min environ, et de préférence allant de 50 à 150 m/min environ.

La gaine polymère est de préférence la couche la plus externe du câble.

La gaine polymère est de préférence une couche électriquement isolante.

10 La gaine polymère est de préférence réalisée en un matériau exempt d'halogène. Elle peut être réalisée classiquement à partir de matériaux retardant la propagation de la flamme ou résistant à la propagation de la flamme. Notamment, si ces derniers ne contiennent pas d'halogène, on parle de gainage de type HFFR (pour l'anglicisme « *Halogen Free Flame Retardant* »).

15 La gaine polymère peut comprendre au moins un polymère organique ou inorganique.

Le choix du polymère organique ou inorganique n'est pas limitatif et ceux-ci sont bien connus de l'homme du métier.

Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le polymère organique ou inorganique est choisi parmi les polymères réticulés et non réticulés.

20 Le polymère organique ou inorganique peut être un homo- ou un co-polymère ayant des propriétés thermoplastiques et/ou élastomères.

Les polymères inorganiques peuvent être des polyorganosiloxanes.

Les polymères organiques peuvent être des polyuréthanes ou des polyoléfines.

25 Les polyoléfines peuvent être choisies parmi les polymères d'éthylène et de propylène. A titre d'exemple de polymères d'éthylène, on peut citer le polyéthylène linéaire basse densité (LLDPE), le polyéthylène basse densité (LDPE), le polyéthylène moyenne densité (MDPE), le polyéthylène haute densité (HDPE), les copolymères d'éthylène et d'acétate de vinyle (EVA), les copolymères  
30 d'éthylène et d'acrylate de butyle (EBA), d'acrylate de méthyle (EMA), de 2-hexyléthyl acrylate (2HEA), les copolymères d'éthylène et d'alpha-oléfines tels que

par exemple les polyéthylène-octène (PEO), les copolymères d'éthylène et de propylène (EPR), les terpolymères d'éthylène et de propylène (EPT) tels que par exemple les terpolymères d'éthylène propylène diène monomère (EPDM) ou un de leurs mélanges.

5 Le polymère de la gaine polymère est de préférence un polymère organique, de façon particulièrement préférée un polymère d'oléfine, de façon plus particulièrement préférée un polymère d'éthylène, et de façon encore plus particulièrement préférée un copolymère d'éthylène et d'acétate de vinyle, un polyéthylène linéaire basse densité, ou un de leurs mélanges.

10 La gaine polymère peut comprendre en outre une charge minérale ignifugeante hydratée. Cette charge minérale ignifugeante hydratée agit principalement par voie physique en se décomposant de manière endothermique (e.g. libération d'eau), ce qui a pour conséquence d'abaisser la température de la gaine et de limiter la propagation des flammes le long du câble. On parle  
15 notamment de propriétés de retard à la flamme, bien connues sous l'anglicisme « *flame retardant* ».

La charge minérale ignifugeante hydratée peut être un hydroxyde métallique tel que l'hydroxyde de magnésium ou le trihydroxyde d'aluminium.

La gaine polymère peut comprendre en outre une charge inerte,  
20 notamment choisi parmi le talc, les micas, les argiles déshydratées et un de leurs mélanges.

#### L'étape i0)

Le procédé peut comprendre en outre avant l'étape i), une étape i0) de fabrication du câble comprenant au moins ledit élément électriquement  
25 conducteur allongé et au moins ledit matériau fibreux non tissé imprégné de la composition géopolymère entourant ledit élément électriquement conducteur allongé.

L'étape i0) est de préférence effectuée à température ambiante (18-25°C environ).

30 L'étape i0) peut en particulier comprendre les sous-étapes suivantes :

a) préparer une composition géopolymère,

b) appliquer un matériau fibreux non tissé autour d'un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, et

c) imprégner l'ensemble câble/matériau fibreux non tissé par ladite composition géopolymère.

5            Sous-étape a)

La sous-étape a) est généralement effectuée à un pH élevé, notamment variant de 10 à 13.

La sous-étape a) comprend de préférence les sous-étapes suivantes :

a1) la préparation d'une solution aqueuse du premier silicate alcalin, et

10            a2) le mélange du premier aluminosilicate sous forme de poudre avec la solution aqueuse de silicate alcalin préparée à la sous-étape a1) précédente.

La solution aqueuse du premier silicate alcalin peut être préparée en mélangeant du dioxyde de silicium  $\text{SiO}_2$  ou un silicate alcalin avec une base MOH dans laquelle M est K ou Na.

15            Le dioxyde de silicium  $\text{SiO}_2$  peut être choisi parmi la fumée de silice (i.e. silice pyrogénée), le quartz, et leurs mélanges.

La sous-étape a1) peut être effectuée en dissolvant la base alcaline dans de l'eau, entraînant un dégagement de chaleur (réaction exothermique), puis en ajoutant la silice (ou le silicate alcalin). La chaleur dégagée accélère alors la  
20 dissolution de la silice (ou du silicate alcalin) lors de la sous-étape a1), et du premier aluminosilicate lors de la sous-étape a2).

Lorsque le deuxième aluminosilicate et/ou le deuxième silicate alcalin tel(s) que défini(s) dans l'invention existe(nt), la sous-étape a) de préparation de la composition géopolymère peut comprendre le mélange dudit premier  
25 aluminosilicate et éventuellement dudit deuxième aluminosilicate, avec ledit premier silicate alcalin, éventuellement ledit deuxième silicate alcalin, de l'eau, et éventuellement la base alcaline.

La sous-étape a) comprend de préférence le mélange des premier et deuxième métakaolins, avec le premier silicate alcalin et éventuellement le  
30 deuxième silicate alcalin, de l'eau, et éventuellement une base alcaline.

Les premier et deuxième métakaolins et les premier et deuxième silicates alcalins sont tels que définis dans l'invention.

Selon une forme de réalisation préférée, la sous-étape a) comprend les sous-étapes suivantes :

5 a1') le mélange des premier et deuxième silicates alcalins, notamment sous agitation,

a2') éventuellement l'ajout d'une base alcaline, notamment en maintenant l'agitation, et

10 a3') l'ajout des premier et deuxième métakaolins, notamment en maintenant l'agitation.

À l'issue de la sous-étape a), ou de la sous-étape a2) ou a3'), on obtient préférentiellement une solution fluide et homogène.

15 À l'issue de sous-étape a), la composition géopolymère peut comprendre de 35% à 80% en poids environ, et de façon particulièrement préférée de 40% à 70% en poids environ, de matières solides (silicate alcalin(s), aluminosilicate(s) et base alcaline), par rapport au poids total de ladite composition géopolymère.

20 Un tel rapport massique permet d'avoir une composition géopolymère assez fluide pour permettre sa manipulation, et dont la cinétique de solidification est assez lente pour permettre la formation d'une couche composite de câble telle que définie ci-après.

Le rapport massique matières solides/eau dans ladite composition géopolymère peut permettre de déterminer la cinétique de solidification de ladite composition géopolymère.

25 La sous-étape a) est de préférence effectuée à température ambiante (18-25°C environ).

#### Sous-étape b)

30 La sous-étape b) permet l'application du matériau non tissé autour de l'élément électriquement conducteur allongé, notamment pour former un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et un matériau fibreux non tissé entourant ledit élément électriquement conducteur allongé.

Le matériau fibreux non tissé se présente de préférence sous la forme d'une bande ou d'un ruban. Cela permet ainsi de faciliter la sous-étape b).

Le matériau fibreux non tissé peut être appliqué soit directement autour d'un ou de plusieurs éléments conducteurs allongés, soit autour d'une couche  
5 interne dudit câble qui est elle-même autour d'un ou de plusieurs éléments conducteurs allongés.

À l'issue de la sous-étape b), on obtient un ensemble câble/matériau fibreux non tissé,

Lorsque le matériau fibreux non tissé est un ruban, la sous-étape b)  
10 d'application peut être effectuée par enroulement du ruban autour du câble.

L'enroulement peut être longitudinal (i.e. selon l'axe longitudinal du câble ou en d'autres termes dans le sens de la longueur du câble) ou hélicoïdal, et de préférence longitudinal. L'enroulement longitudinal permet de diminuer le coût de production du câble.

15 L'enroulement longitudinal peut en outre être effectué avec des zones de recouvrement, la ou les zones de recouvrement représentant de 10 à 20% environ.

La sous-étape b) peut être effectuée manuellement ou de façon automatisée, et de préférence de façon automatisée.

La sous-étape b) peut être mise en œuvre en faisant passer le matériau  
20 fibreux non tissé dans un dispositif de resserrement ou un dispositif de conformation (désigné également par les termes « trompette » ou « conformateur de matériau fibreux non tissé »). Le câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé passe également dans le dispositif de resserrement pendant la sous-étape b). Ce dispositif est un dispositif mécanique  
25 qui enroule en continu le ruban autour de l'élément électriquement conducteur allongé. Cela permet ainsi de faciliter l'enroulement longitudinal du ruban autour du câble.

La sous-étape b) est de préférence effectuée à température ambiante (18-25°C environ).

30 Sous-étape c)

La sous-étape c) consiste à imprégner l'ensemble câble/matériau fibreux non tissé.

La sous-étape c) peut être effectuée manuellement ou de façon automatisée, et de préférence de façon automatisée.

La sous-étape c) est de préférence effectuée par trempage enduction.

La sous-étape c) peut par exemple être effectuée à l'aide d'un bain ou bac d'imprégnation comprenant la composition géopolymère dans lequel on fait passer le câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et un matériau fibreux non tissé entourant ledit élément électriquement conducteur allongé.

Le bain ou bac d'imprégnation est de préférence configuré pour permettre le passage du câble de la sous-étape b) au travers dudit bain d'imprégnation.

La composition géopolymère ainsi obtenue au cours de la sous-étape a) est alors placée dans ledit bain d'imprégnation, pour permettre la sous-étape c).

Le bain ou bac d'imprégnation est de préférence alimenté avec la composition géopolymère, notamment à l'aide de moyens tels qu'une pompe. Cela permet ainsi d'alimenter en continu ledit bain ou bac en composition géopolymère.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, La sous-étape c) d'imprégnation est réalisée à une température allant de 15°C à 40°C environ, et de façon particulièrement préférée de 20°C à 30°C environ.

L'ensemble câble/matériau fibreux non tissé imprégné de la composition géopolymère est alors directement utilisé dans l'étape i) telle que définie ci-dessus.

Pour ce faire, le tube en matière plastique est de préférence connecté au bain ou bac d'imprégnation, par exemple avec des moyens mécaniques. Ainsi, dès la sortie du bain d'imprégnation, le câble imprégné passe dans ledit tube en matière plastique. Cela permet ainsi de maintenir le matériau fibreux non tissé autour de l'élément électriquement conducteur allongé et/ou de maintenir la composition géopolymère sur la circonférence du câble.

L'étape i) met de préférence en œuvre un tube d'extension directement connecté au bain d'imprégnation. Le câble sort donc du bain d'imprégnation pour passer dans le tube en matière plastique *via* ce tube d'extension.

De préférence, le tube est maintenu en place dans la tête d'extrudeuse au moyen de deux anneaux en matière plastique.

### Le câble obtenu

#### La couche composite

La couche composite est de préférence une couche retardante et/ou résistante au feu.

5 La couche composite présente de préférence une épaisseur allant de 0,2 à 3 mm environ, et de façon particulièrement préférée allant de 0,5 à 1 mm environ.

Lorsque l'épaisseur de la couche composite est inférieure à 0,2 mm, la protection thermique du câble obtenu selon le procédé de l'invention n'est pas  
10 suffisante.

La couche composite de l'invention est de préférence une couche rubanée (i.e. sous la forme d'un ruban ou d'une bande).

La couche composite présente de préférence une épaisseur sensiblement constante et constitue notamment une enveloppe de protection continue.

15 La couche composite peut en particulier comprendre 2 à 3 rubans superposés.

La couche composite de l'invention est de préférence non poreuse.

La couche composite est de préférence une couche interne dudit câble.

Selon l'invention, on entend par « couche interne », une couche qui ne  
20 constitue pas la couche la plus externe du câble.

La couche composite comprend de préférence au moins un matériau géopolymère et le matériau fibreux non tissé tel que défini dans l'invention.

#### Le matériau géopolymère

Dans la présente invention, le matériau géopolymère est obtenu à partir  
25 d'une composition géopolymère telle que définie dans l'invention, de préférence par durcissement, géopolymérisation et/ou polycondensation de ladite composition géopolymère.

En particulier, la composition géopolymère telle que définie dans l'invention est apte à former ledit matériau géopolymère. Les ingrédients de la  
30 composition géopolymère peuvent donc subir une polycondensation pour former

ledit matériau géopolymère. Le durcissement s'effectue par réaction interne du type polycondensation. Le durcissement n'est par exemple pas le résultat d'un simple séchage, comme c'est généralement le cas pour des liants à base de silicates alcalins.

5 En effet, les matériaux géopolymères résultent d'une réaction de polycondensation minérale par activation alcaline, dite géosynthèse, par opposition aux liants traditionnels hydrauliques dans lesquels le durcissement est le résultat d'une hydratation des aluminates de calcium et des silicates de calcium.

10 Dans la présente invention, l'expression « matériau géopolymère » signifie un matériau solide comprenant du silicium (Si), de l'aluminium (Al), de l'oxygène (O) et au moins un élément choisi parmi le potassium (K), le sodium (Na), le lithium (Li), le césium (Cs) et le calcium (Ca), et de préférence choisi parmi le potassium (K), et le sodium (Na).

15 Le matériau géopolymère peut être un matériau géopolymère aluminosilicate.

Le matériau géopolymère aluminosilicate peut être choisi parmi les poly(sialates) répondant à la formule (I)  $M_n(-Si-O-Al-O-)_n$  [(M)-PS] et ayant un rapport molaire Si/Al égal à 1, les poly(sialate-siloxos) répondant à la formule (II)  $M_n(-Si-O-Al-O-Si-O-)_n$  [(M)-PPS] et ayant un rapport molaire Si/Al égal à 2, les poly(sialate-disiloxos) répondant à la formule (III)  $M_n(-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-)_n$  [(M)-PSDS] et ayant un rapport molaire Si/Al égal à 3, et d'autres poly(sialates) de rapport Si/Al > 3, les poly(sialates) précités comprenant un cation alcalin M choisi parmi K, Na, Li, Cs et l'un de leurs mélanges, et n désigne le degré de polymérisation.

25 Dans un mode de réalisation, le matériau géopolymère représente de 5 à 98% en poids environ, de préférence de 55 à 95% en poids environ, et de préférence encore de 65 à 90% en poids environ, par rapport au poids total de la couche composite.

### Le câble

30 Avantageusement, le câble obtenu selon un procédé conforme à l'invention satisfait à au moins une des normes de réaction ou non-propagation au feu choisies parmi les normes EN 60332-1, EN 60332-3, et EN 50399 (2012/02 + A1 2016) ; et de préférence à la norme EN 50399 (2012/02 + A1 2016), en particulier

aux critères de classification B2ca, s1a, d0, a1 de ladite norme, et éventuellement aux normes EN 60332-1 et EN 60332-3.

Selon une forme de réalisation de l'invention, le câble est un câble d'énergie et/ou de télécommunication, et de préférence un câble électrique.

5 Lorsque le câble comprend une pluralité d'éléments électriquement conducteurs allongés, la couche composite peut alors entourer la pluralité d'éléments électriquement conducteurs allongés du câble.

Le câble peut comprendre une seule couche composite telle que définie dans l'invention ou une pluralité de couches composites telles que définies dans  
10 l'invention.

Lorsque le câble comprend une pluralité de couches composites, le procédé peut comprendre en outre la réitération des étapes a) à c), autant de fois qu'il y a de couches composites à appliquer.

De préférence, le câble comprend une seule couche composite, et de façon  
15 plus particulièrement préférée une seule couche composite interne.

Selon une forme de réalisation de l'invention, le câble obtenu selon le procédé de l'invention comprend en outre un ou plusieurs couches interposées entre l'élément électriquement conducteur allongé et la couche composite telle que définie dans l'invention.

20 Ces couches peuvent comprendre une ou plusieurs couches polymères telles que des couches polymères électriquement isolantes, et/ou une ou plusieurs couches métalliques telles que des couches métalliques contenant une ou plusieurs ouvertures.

Dans ce cas, le procédé comprend en outre, avant l'étape b) ou avant  
25 l'étape a), une ou plusieurs étapes d'application d'une ou plusieurs des couches mentionnées ci-dessus, autour de l'élément électriquement conducteur allongé, de l'ensemble des éléments électriquement conducteurs allongés, ou autour de chacun des éléments électriquement conducteurs allongés, selon le type de câble souhaité.

30 Les couches métalliques contenant une ou plusieurs ouvertures sont typiquement des couches utilisées dans des câbles rayonnants bien connus de l'homme du métier.

Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, le câble comprend :

- une pluralité d'éléments électriquement conducteurs, chacun desdits éléments électriquement conducteurs étant entouré par une couche polymère, notamment électriquement isolante, pour former une pluralité d'éléments électriquement conducteurs isolés,

- une couche composite telle que définie dans l'invention entourant ladite pluralité d'éléments électriquement conducteurs isolés, et

- une gaine polymère telle que définie dans l'invention entourant ladite couche composite.

#### Procédé continu

Le procédé conforme à l'invention est de préférence un procédé continu. En d'autres termes, au moins les étapes i) et ii), et de préférence au moins les étapes i0), i) et ii) sont effectuées en continu.

Dans l'invention, l'expression "procédé continu" signifie que le procédé est effectué sur une seule ligne de production, et/ou sans étapes de repos, de recueil, ou de récupération. En d'autres termes, dans le procédé conforme à l'invention, il n'y a pas d'étapes intermédiaires de repos entre la distribution du matériau fibreux non tissé ou au moins le passage dans le tube en matière plastique du câble comprenant au moins ledit élément électriquement conducteur allongé et au moins ledit matériau fibreux non tissé entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et la récupération/obtention du câble final à l'issue de l'étape ii). Plus particulièrement, les étapes i) et ii), ou les étapes i0), i) et ii), sont concomitantes, i.e. les étapes i) et ii), ou les étapes i0), i) et ii), sont mises en œuvre en même temps.

Selon ce mode de réalisation, le matériau fibreux non tissé peut être disposé sur un distributeur tel qu'un dérouleur ou dévidoir, et ledit matériau peut être distribué ou déroulé en continu pour mettre en œuvre au moins les étapes i0), i) et ii).

De préférence, la sous-étape b) est mise en œuvre en faisant passer le matériau fibreux non tissé sous la forme d'un ruban dans le dispositif de resserrement ou de conformation au travers duquel un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé défile, puis le câble ainsi obtenu passe dans le bain ou bac d'imprégnation comprenant la composition géopolymère

selon la sous-étape c), puis le câble ainsi imprégné sort du bac d'imprégnation et rentre dans le tube en matière plastique selon l'étape i), une partie dudit tube étant insérée dans la tête d'extrudeuse. Enfin le câble confiné dans ledit tube est amené dans la filière de la tête d'extrudeuse, afin de permettre l'extrusion de la gaine polymère autour du câble selon l'étape ii).

Le tube en matière plastique est de préférence connecté au bain ou bac d'imprégnation, par exemple avec des moyens mécaniques.

Lors de la sous-étape b), le distributeur délivre le matériau fibreux non tissé à une vitesse  $V$  (en km/min).

La vitesse  $V$  est de préférence identique à la vitesse de défilement du câble.

De préférence, la sous-étape c) est mise en œuvre en faisant passer le câble comprenant ledit élément électriquement conducteur allongé et ledit matériau fibreux non tissé entourant ledit élément électriquement conducteur allongé dans un bain ou bac d'imprégnation alimenté avec la composition géopolymère avec un débit  $D$  (en kg/min). Le débit  $D$  peut aller de 0,5 kg/min à 36 kg/min environ ou de 36 kg/min à 300 kg/min environ, et de préférence de 0,5 kg/min à 25 kg/min environ.

La vitesse de défilement du câble dans la sous-étape c) et les étapes i) et ii) va de 10 m/min à 600 m/min environ, de préférence va de 20 m/min à 280 m/min environ environ, et de préférence encore de 50 m/min à 200 m/min environ, et de façon particulièrement préférée de 50 m/min à 150 m/min environ.

Le procédé conforme à l'invention est rapide, simple et avantageux d'un point de vue économique. Il permet de fabriquer en peu d'étapes un câble présentant de bonnes propriétés mécaniques, notamment en termes de flexibilité et de durabilité, tout en garantissant une bonne performance de résistance au feu.

### **Breve description des dessins**

Les dessins annexés illustrent l'invention :

La figure 1 représente une vue schématique d'un câble électrique tel qu'obtenu selon le procédé conforme à l'invention.

La figure 2 représente une vue schématique du procédé conforme à l'invention.

La figure 3 représente plusieurs vues en 3D de l'agencement des différentes pièces mises en œuvre dans le procédé de l'invention.

La figure 4 représente une coupe transversale d'une partie de l'extrudeuse lors du procédé de l'invention.

5 Pour des raisons de clarté, seuls les éléments essentiels pour la compréhension de l'invention ont été représentés de manière schématique sur ces figures, et ceci sans respect de l'échelle.

Le câble électrique **10A**, illustré sur la figure 1, correspond à un câble électrique résistant au feu de type K25 ou RZ1K.

10 Ce câble électrique **10A** comprend quatre éléments électriquement conducteurs allongés **100**, chacun étant isolé avec une couche électriquement isolante **200**, et, successivement et coaxialement autour de ces quatre éléments électriquement conducteurs allongés isolés (**100**, **200**), une couche composite **300** telle que définie dans l'invention entourant les quatre éléments  
15 électriquement conducteurs allongés isolés (**100**, **200**), et une gaine externe **400** de type HFFR entourant la couche composite **300** telle que définie dans l'invention.

Sur la figure 2, est illustrée une vue schématique du procédé conforme à l'invention mis en œuvre de façon continue. En particulier, un matériau fibreux non tissé **1** sous la forme d'un ruban est placé sur un enrouleur **2**, déroulé et  
20 amené jusqu'à un dispositif de resserrement **3** au travers duquel un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé **4** (câble nu **4**) défile, afin de permettre l'enroulement longitudinal du ruban **1** autour du câble **4**. Puis, le câble obtenu comprenant l'élément électriquement conducteur allongé et ledit matériau fibreux non tissé entourant ledit élément électriquement  
25 conducteur allongé **5** passe dans un bain d'imprégnation **6** comprenant une composition géopolymère **7**, afin de permettre l'imprégnation du matériau fibreux non tissé **1** par ladite composition géopolymère **7**. Le câble imprégné **8** obtenu passe alors dans le tube en matière plastique **9** (e.g. tube en PEEK) au moyen d'un tube d'extension **10** directement connecté au bain d'imprégnation **6**, afin de  
30 permettre le confinement dudit câble lors de son entrée dans la tête d'extrudeuse **11** [étape i)]. Le tube en matière plastique **9** est connecté à son extrémité à un insert en matière plastique **12** (e.g. insert en PEEK) configuré pour s'adapter au poinçon **13** de la tête d'extrudeuse **11**. Le câble **8** confiné dans le tube en matière

plastique **9** est ainsi amené dans la filière **14** de la tête d'extrudeuse **11** via le poinçon **13**, afin de permettre l'extrusion de la gaine polymère autour du câble en évitant tout contact de la composition géopolymère avec le poinçon **13** et les outillages métalliques de la tête d'extrudeuse [étape ii)].

5            La figure 3 montre plusieurs vues en 3D de l'agencement des différentes pièces mises en œuvre dans le procédé de l'invention. En particulier, la figure 3a montre le bac d'imprégnation **6**, le tube d'extension **10**, le tube en matière plastique **9**, et l'insert en matière plastique **12**. La figure 3b montre plus spécifiquement le poinçon **13** et l'insert en matière plastique **12** configuré pour  
10 s'adapter audit poinçon **13**. La figure 3c montre plus spécifiquement la filière **14**. La figure 3d montre plus particulièrement un distributeur **15** qui permet de distribuer la matière polymère fondu servant à former la gaine polymère, matière se trouvant entre le poinçon et la filière au moment de l'extrusion.

La figure 4 montre une vue en coupe transversale d'une partie de  
15 l'extrudeuse et montre l'agencement des différentes pièces lors de l'extrusion de la gaine lorsque le procédé de l'invention est mise en oeuvre. En particulier, la figure 4 montre un câble imprégné **8** comprenant un élément électriquement conducteur allongé **4**, et la couche composite (**1, 7**) obtenue à partir d'un matériau fibreux non tissé **1** imprégné d'une composition géopolymère **7** entourant ledit  
20 élément électriquement conducteur allongé **4**. La couche composite (**1, 7**) est entourée par le tube en matière plastique **9**, et le tube en matière plastique **9** (e.g. tube en PEEK) est connecté à son extrémité à un insert en matière plastique **12** (e.g. insert en PEEK) configuré pour s'adapter au poinçon **13** de la tête d'extrudeuse. Le câble imprégné **8** confiné dans le tube en matière plastique **9** est  
25 ainsi amené dans la filière **14** de la tête d'extrudeuse via le poinçon **13**, afin de permettre l'extrusion du matériau **16** de la gaine polymère autour du câble en évitant tout contact de la composition géopolymère **7** avec le poinçon **13** et les outillages métalliques de la tête d'extrudeuse [étape ii)].

Les exemples suivants permettent d'illustrer la présente invention. Ils  
30 n'ont pas de caractère limitatif sur la portée globale de l'invention telle que présentée dans les revendications.

### EXEMPLES

Les matières premières utilisées dans les exemples, sont listées ci-après :

- solution aqueuse d'un premier silicate de sodium à 50% en poids environ de type « *waterglass* », Simalco, silicate de sodium de rapport molaire  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  de 2,0 environ,

5 - solution aqueuse d'un deuxième silicate de sodium à 38% en poids environ de type « *waterglass* », Simalco, silicate de sodium de rapport molaire  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  de 3,4 environ,

- premier métakaolin, PoleStar® 450, Imerys, de rapport molaire  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  de 41/55 (i.e. de 0,745 environ), kaolin calciné à une température de 700°C environ,

10 - deuxième métakaolin, PoleStar® 200R, Imerys, de rapport molaire  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  de 41/55 (i.e. de 0,745 environ), kaolin calciné à une température de 1000°C environ, et

- matériau non tissé en Polyester, GT320, GECA TAPES.

15 Sauf indications contraires, toutes ces matières premières ont été utilisées telles que reçues des fabricants.

**Exemple 1 : préparation d'un câble retardant au feu selon un procédé conforme à l'invention**

20 Une composition géopolymère a été préparée de la façon suivante : une solution aqueuse de silicates alcalins a été préparée en mélangeant 40 g d'une solution aqueuse à 50% en poids d'un premier silicate de sodium et 40 g d'une solution aqueuse à 38% en poids d'un deuxième silicate de sodium. Puis, 10 g d'un premier métakaolin et 10 g d'un deuxième métakaolin ont été mélangés avec la solution aqueuse de silicates alcalins. Ladite composition géopolymère comprend 55,2% en poids environ de matières solides, par rapport au poids total  
25 de ladite composition géopolymère.

La composition géopolymère ainsi obtenue est placée dans un bain d'imprégnation configurée pour permettre le passage du câble au sein dudit bain d'imprégnation.

30 Dans cet exemple, un câble basse tension comprend cinq conducteurs en cuivre de section 1,5 mm<sup>2</sup>, chacun des conducteurs étant entouré avec une couche électriquement isolante à base de XLPE, est préalablement fabriqué.

Un matériau fibreux non tissé en polyester sous la forme d'un ruban est placé sur un enrouleur, déroulé à une vitesse de 100 m/min environ et amené dans un dispositif de resserrement au travers duquel ledit câble basse tension défile, afin de permettre l'enroulement longitudinal du ruban autour du câble.

- 5 À l'issue de l'étape d'application du ruban autour du câble, ledit câble est amené vers un bain d'imprégnation comprenant ladite composition géopolymère à une vitesse de 100 m/min environ.

10 Puis, le câble ainsi imprégné passe dans un tube en PEEK comprenant à une extrémité un insert de forme conique en PEEK, ledit tube étant en partie inséré dans une tête d'extrudeuse munie d'une filière et d'un poinçon de forme conique.

Lorsque le câble arrive au niveau de l'insert en PEEK, le câble est ensuite recouvert par extrusion à une température de 198°C d'une gaine polymère à base d'un mélange HFFR produit par NEXANS comprenant du polyéthylène et des charges ignifugeantes.

- 15 La couche composite ainsi formée a une épaisseur de 0,5 mm, et ladite gaine ainsi formée a une épaisseur de 2 mm environ.

20 On a ainsi obtenu un câble conforme à l'invention. Les performances à la flamme du câble sont déterminées suivant la norme EN50399. 15 tronçons de câble positionnés sur une échelle verticale sont exposés à une flamme 20kW de puissance pendant 20 min.

Les résultats sont reportés dans le tableau 1 ci-dessous :

Paramètres de performances	Valeurs	Classe selon EN50399
gHRR (kW)	13,8	B2
Temps au pic HRR (s)	912	
THR (MJ)	5,2	
FIGRA (w/s)	23,6	
propagation de la flamme (m)	0,56	
Gouttelettes enflammées	Aucune	d0
SPR (m <sup>2</sup> /s)	0,03	s1
Temps au pic SPR (s)	876	
TSP (m <sup>2</sup> )	28,12	

**TABLEAU 1**

Dans ce tableau, l'acronyme HRR correspond à l'expression anglophone « Heat Release Rate » qui renseigne sur le débit calorifique ou le débit thermique,

l'acronyme THR correspond à l'expression anglophone « Total Heat Release » qui renseigne sur la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion ou le dégagement thermique total, l'acronyme FIGRA correspond à l'expression anglophone « FIre GRowth rAte » qui renseigne sur la vitesse de croissance du feu ou l'accélération de la production énergétique, l'acronyme SPR correspond à l'expression anglophone « Smoke Production Rate » qui renseigne sur la vitesse de production de fumée, et l'acronyme TSP correspond à l'expression anglophone « Total Smoke Production » qui renseigne sur la quantité totale de fumée produite.

Ces résultats démontrent que le câble conforme à l'invention présente les propriétés de protection au feu maximales au regard des exigences de la norme Européenne EN50399.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, au moins une couche composite entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ladite couche composite  
5 comprenant un matériau fibreux non tissé imprégné d'un matériau géopolymère, et au moins une gaine polymère entourant ladite couche composite, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

i) faire passer dans un tube en matière plastique un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, et au moins un matériau  
10 fibreux non tissé imprégné d'une composition géopolymère entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, et

ii) extruder une gaine polymère à l'aide d'une extrudeuse comprenant au moins une tête d'extrudeuse munie une filière et d'un poinçon, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'une partie dudit tube en matière plastique  
15 est insérée dans la tête d'extrudeuse et est configurée pour éviter le contact entre la composition géopolymère et le poinçon de la tête d'extrudeuse.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le tube en matière plastique comprend un matériau polymère choisi parmi les polyaryléthercétone.  
20

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tube en matière plastique est configuré de sorte que la distance « d » entre la surface externe du matériau fibreux non tissé et la surface interne dudit tube est d'au plus 1 mm.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
25 caractérisé en ce que la partie du tube insérée dans la tête d'extrudeuse comprend une extrémité connectée à un insert en matière plastique configuré pour s'adapter au poinçon de la tête d'extrudeuse.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau fibreux non tissé est choisi parmi les matériaux  
30 celluloses, les matériaux à base de polymères organiques synthétiques, les fibres de verre, et un de leurs mélanges.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la composition géopolymère est une composition géopolymère aluminosilicate.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape ii) est effectuée à une température allant de 140°C à 225°C.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre avant l'étape i), une étape i0) de fabrication du câble comprenant au moins ledit élément électriquement conducteur allongé et au moins ledit matériau fibreux non tissé imprégné de la composition géopolymère entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ladite étape i0) comprenant les sous-étapes suivantes :

a) préparer une composition géopolymère,

b) appliquer un matériau fibreux non tissé autour d'un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé, ledit matériau fibreux non tissé se présentant sous la forme d'un ruban, et

c) imprégner l'ensemble câble/matériau fibreux non tissé par ladite composition géopolymère.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la sous-étape b) est mise en œuvre en faisant passer le ruban dans un dispositif de resserrement.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la sous-étape c) est effectuée par trempage enduction, à l'aide d'un bain d'imprégnation comprenant la composition géopolymère dans lequel on fait passer le câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et un matériau fibreux non tissé entourant ledit élément électriquement conducteur allongé.

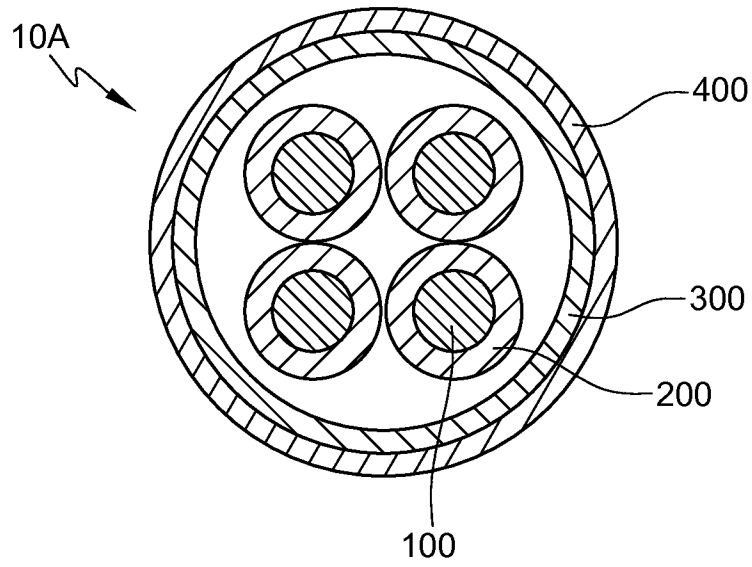
11. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit procédé est un procédé continu.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le matériau fibreux non tissé est disposé sur un distributeur, et ledit matériau est distribué en continu pour mettre en œuvre au moins les étapes i0), i) et ii).

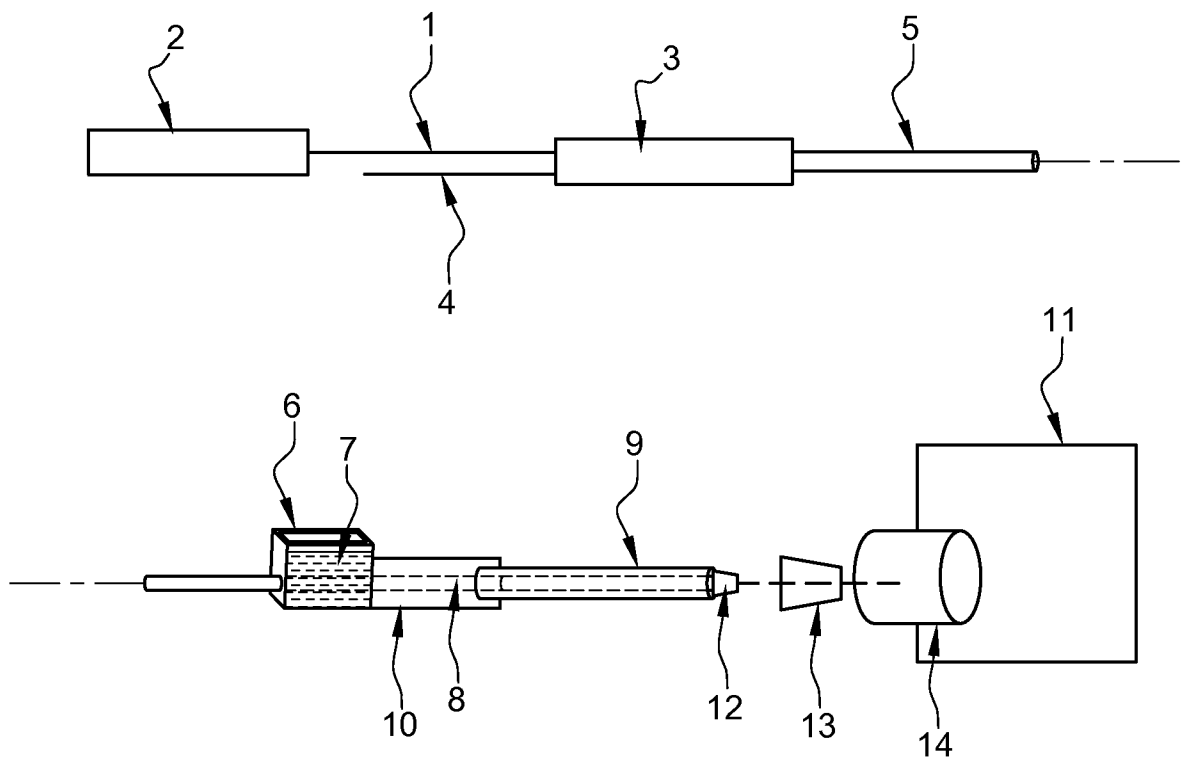
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, caractérisé en ce que la sous-étape b) est mise en œuvre en faisant passer le matériau fibreux non tissé dans un dispositif de resserrement au travers duquel un câble comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé 5 défile, puis le câble ainsi obtenu passe dans un bain d'imprégnation comprenant la composition géopolymère selon la sous-étape c), puis le câble ainsi imprégné sort du bain d'imprégnation et rentre dans le tube en matière plastique selon l'étape i), une partie dudit tube étant insérée dans la tête d'extrudeuse, et enfin 10 le câble confiné dans ledit tube est amené dans la filière de la tête d'extrudeuse, afin de permettre l'extrusion de la gaine polymère autour du câble selon l'étape ii).

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que la vitesse de défilement du câble dans la sous-étape c) et les étapes i) et ii) va de 10 m/min à 600 m/min.

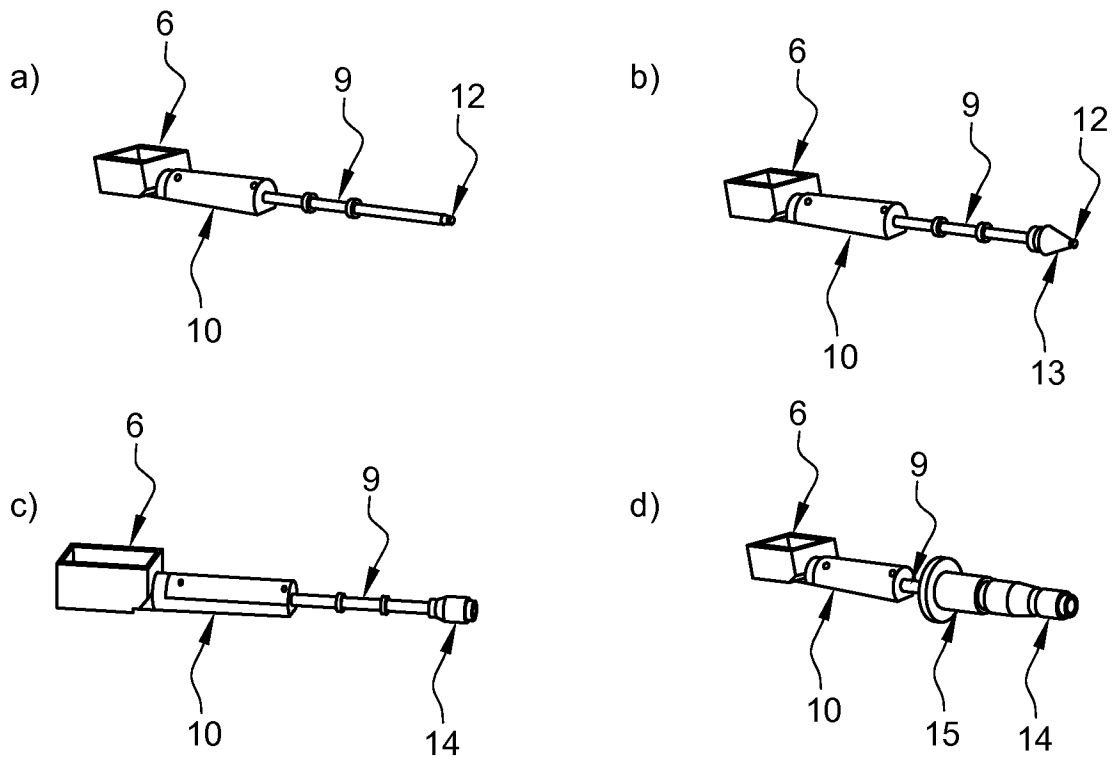
**Fig. 1**



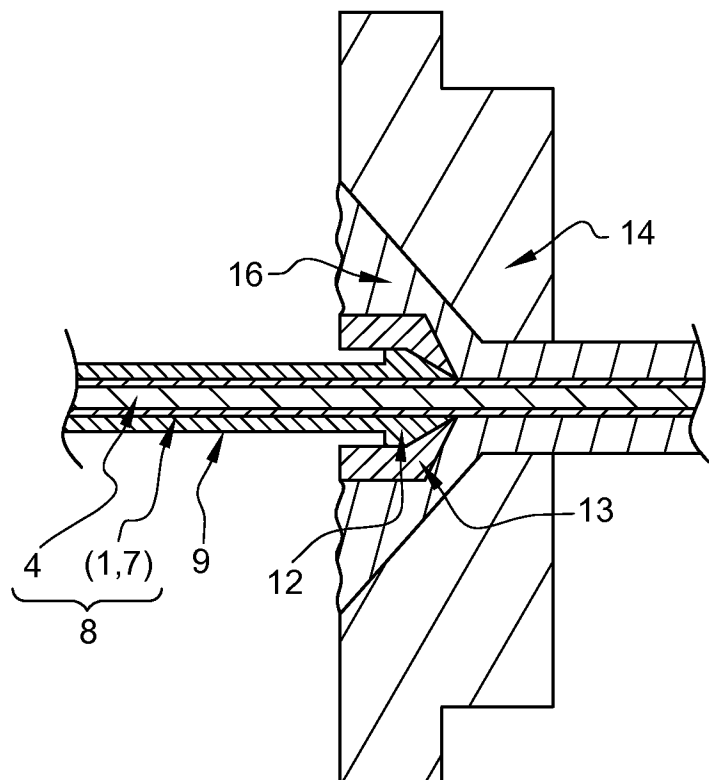
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2021/050588**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B29C 44/32</i> (2006.01)i; <i>C04B 28/00</i> (2006.01)i; <i>H01B 3/48</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29C; H01B; C04B; H05B  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2017345528 A1 (GYPPAZ FRANCK [FR] ET AL) 30 November 2017 (2017-11-30) paragraphs [0064] - [0072], [0075], [0097]	1,3,5,6,8,9,11-13 2,4,7,10,14
Y	US 4468435 A (SHIMBA HIROSHI [JP] ET AL) 28 August 1984 (1984-08-28) figures 4-5	1,3,5,6,8,9,11-13
Y	WO 2016099200 A1 (KOC SOLUTION CO LTD [KR]) 23 June 2016 (2016-06-23) cited in the application the whole document	1,3,5,13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>17 June 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>25 June 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Bossi, Paolo</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/FR2021/050588</b>
-----------------------------------------------------------

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017345528	A1	30 November 2017	CA	2969947	A1	16 June 2016
				CN	107112070	A	29 August 2017
				CN	110590254	A	20 December 2019
				EP	3230231	A1	18 October 2017
				FR	3030100	A1	17 June 2016
				KR	20170095937	A	23 August 2017
				US	2017345528	A1	30 November 2017
				WO	2016092200	A1	16 June 2016
-----							
US	4468435	A	28 August 1984	NONE			
-----							
WO	2016099200	A1	23 June 2016	KR	20160074864	A	29 June 2016
				WO	2016099200	A1	23 June 2016
-----							

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2021/050588

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29C44/32 C04B28/00 H01B3/48 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B29C H01B C04B H05B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2017/345528 A1 (GYPPAZ FRANCK [FR] ET AL) 30 novembre 2017 (2017-11-30)	1,3,5,6, 8,9, 11-13
A	alinéas [0064] - [0072], [0075], [0097]	2,4,7, 10,14
Y	US 4 468 435 A (SHIMBA HIROSHI [JP] ET AL) 28 août 1984 (1984-08-28)  figures 4-5	1,3,5,6, 8,9, 11-13
Y	WO 2016/099200 A1 (KOC SOLUTION CO LTD [KR]) 23 juin 2016 (2016-06-23) cité dans la demande le document en entier	1,3,5,13
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  17 juin 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  25/06/2021
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Bossi, Paolo

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2021/050588

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017345528	A1	30-11-2017	CA 2969947 A1 16-06-2016
			CN 107112070 A 29-08-2017
			CN 110590254 A 20-12-2019
			EP 3230231 A1 18-10-2017
			FR 3030100 A1 17-06-2016
			KR 20170095937 A 23-08-2017
			US 2017345528 A1 30-11-2017
			WO 2016092200 A1 16-06-2016
-----			
US 4468435	A	28-08-1984	AUCUN
-----			
WO 2016099200	A1	23-06-2016	KR 20160074864 A 29-06-2016
			WO 2016099200 A1 23-06-2016
-----			