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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
26 janvier 2023 (26.01.2023)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2023/002102 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B29C 48/154 (2019.01) *B29C 48/06* (2019.01)
B29C 48/34 (2019.01) *C08L 23/06* (2006.01)
B29C 48/66 (2019.01) *H01B 3/22* (2006.01)
B29C 48/67 (2019.01) *H01B 3/44* (2006.01)
H01B 3/20 (2006.01) *H01B 13/14* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2022/051272

(22) Date de dépôt international :
27 juin 2022 (27.06.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2107773 19 juillet 2021 (19.07.2021) FR

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

(72) Inventeurs : **PEREGO, Gabriele** ; Via Voghera 20, 20144 MILAN (IT). **CACCIOTI, Mauro** ; Via del Lido 120, 04100 LATINA (IT). **SADIK, Tarik** ; c/o NEXANS, 4 Allée de l'Arche, 92400 COURBEVOIE (FR). **PUISSANT, Stephan** ; c/o NEXANS, 4 Allée de l'Arche, 92400 COURBEVOIE (FR).

(74) Mandataire : **TESSIER, Benoît** et al. ; IPSILON, 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, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

WO 2023/002102 A1

(54) **Title:** METHOD FOR MANUFACTURING AN ELECTRICAL CABLE BY EXTRUSION OF A PROPYLENE POLYMER-BASED COMPOSITION AND A DIELECTRIC LIQUID WITH A BARRIER SCREW COMPRISING A MIXING PORTION

(54) **Titre :** PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN CÂBLE ÉLECTRIQUE PAR EXTRUSION D'UNE COMPOSITION À BASE D'UN POLYMÈRE DE PROPYLÈNE ET D'UN LIQUIDE DIÉLECTRIQUE AVEC UNE VIS BARRIÈRE COMPORTANT UNE SECTION DE MÉLANGE

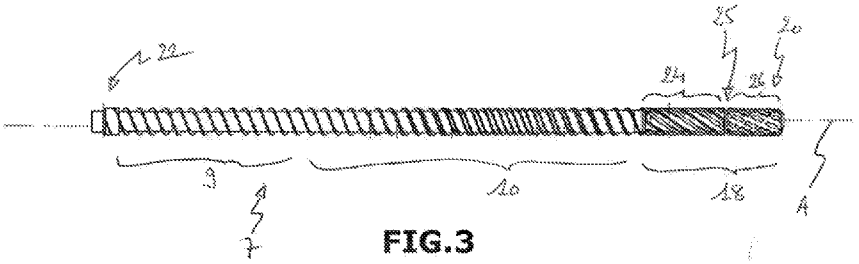


FIG.3

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for manufacturing an electrical cable comprising at least one elongate, electrically conductive element and at least one extruded thermoplastic layer surrounding said elongate, electrically conductive element, characterised in that the method comprises at least the following steps: i) a step of introducing a composition comprising at least one thermoplastic polymer and at least one dielectric liquid; ii) a step during which the composition resulting from step i) is fed from the feed zone to one or more intermediate zones of the barrier screw allowing the gradual melting of the thermoplastic polymer; iii) a mixing step in which the composition is fed from the one or more intermediate zones to a mixing zone of the barrier screw; and iv) a step of applying the composition resulting from step ii) around the elongate, electrically conductive element at the extruder head.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et au moins une couche thermoplastique extrudée entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes : I) une étape d'introduction d'une composition comprenant au moins un polymère thermoplastique et au moins un liquide diélectrique, ii) une étape au cours de laquelle la composition issue de l'étape i) est amenée de la zone d'alimentation vers une ou plusieurs zones intermédiaires de la vis barrière permettant la fusion graduelle du polymère thermoplastique, iii) une étape de mélange dans laquelle la composition est amenée de la ou des zones intermédiaires vers une zone de mélange de la vis barrière, et iv) une étape d'application au niveau de la tête de l'extrudeuse de la composition issue de l'étape ii) autour de l'élément électriquement conducteur allongé.

[Suite sur la page suivante]

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

Publiée:

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

Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication d'un câble électrique par extrusion d'une composition à base d'un polymère de propylène et d'un liquide diélectrique avec une vis barrière comportant une section de mélange

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un câble électrique, notamment du type câble d'énergie, comprenant une couche thermoplastique extrudée obtenue à partir d'une composition comprenant au moins un liquide diélectrique et au moins un polymère thermoplastique choisi parmi un homopolymère et un copolymère de propylène, ainsi qu'un câble obtenu par ledit procédé.

[0002] Elle s'applique typiquement mais non exclusivement aux câbles électriques destinés au transport d'énergie, notamment aux câbles d'énergie à moyenne tension (notamment de 6 à 45-60 kV) ou à haute tension (notamment supérieure à 60 kV, et pouvant aller jusqu'à 400 kV), qu'ils soient en courant continu ou alternatif, dans les domaines du transport d'électricité aérien, sous-marin, terrestre, ou encore de l'aéronautique.

[0003] Un câble de transport d'énergie à moyenne ou à haute tension comprend généralement de l'intérieur vers l'extérieur :

- un élément électriquement conducteur allongé, notamment en cuivre ou en aluminium ;
- une couche semi-conductrice interne entourant ledit élément électriquement conducteur allongé ;
- une couche électriquement isolante entourant ladite couche semi-conductrice interne ;
- une couche semi-conductrice externe entourant ladite couche isolante ; et
- éventuellement une gaine de protection électriquement isolante entourant ladite couche semi-conductrice externe.

[0004] En particulier, la couche électriquement isolante peut être une couche polymère à base d'une polyoléfine réticulée telle qu'un polyéthylène réticulé (XLPE) ou un élastomère réticulé d'éthylène-propylène ou d'éthylène propylène-diène. La réticulation est généralement effectuée lors de l'étape d'extrusion de la

composition polymère autour de l'élément électriquement conducteur allongé. L'utilisation d'une polyoléfine réticulée permet de fournir une couche présentant des propriétés électriques et mécaniques satisfaisantes et de conduire à un câble pouvant fonctionner à une température supérieure à 70°C, voire égale à 90°C. Toutefois, plusieurs problèmes sont rencontrés. D'une part, les matériaux réticulés ne peuvent pas être recyclés. D'autre part, le processus de réticulation limite la vitesse de fabrication des câbles comportant une couche isolante à base de XLPE. En effet, pour obtenir un taux de réticulation satisfaisant, il faut que le polymère puisse être porté à la température requise pour obtenir sa réticulation pendant une durée suffisamment longue. Ainsi, la vitesse de production des câbles comportant une couche isolante à base de XLPE doit être ajustée de manière à ce que le temps de passage dans le tunnel de réticulation soit assez long pour obtenir un taux de réticulation satisfaisant, ce qui représente une limite contraignante non négligeable en termes de capacité de production. De plus, les réactions de réticulation ne doivent en aucun cas avoir lieu pendant l'extrusion du matériau à base de polyéthylène de façon à éviter tout risque de formation de particules de XLPE dans l'extrudeuse (vis, collier, tête de l'extrudeuse), et qui pourraient ensuite migrer dans la couche isolante ou dans la couche de semi-conducteur du câble et y créer des défauts. En effet, la présence de particules de XLPE affecte les propriétés finales du câble dans la mesure où ces particules génèrent un manque d'homogénéité, principalement du matériau de la couche isolante ou bien à l'interface entre la couche isolante et les couches semi-conductrices. Ce phénomène est connu sous la dénomination anglaise « scorch phenomena » pour phénomène de grillage.

[0005] L'utilisation de matériaux à base de LDPE pour les couches isolantes de câbles peut être une alternative à l'utilisation de matériaux à base de XLPE. Cependant, les matériaux à base de LDPE présentent l'inconvénient de ne pas pouvoir être utilisés à des températures supérieures à 70°C, ce qui a également pour conséquence de réduire leur capacité à transporter de l'énergie de façon à éviter toute surchauffe de la couche isolante à des températures supérieures à 70°C.

[0006] Par ailleurs, des câbles d'énergie comprenant au moins une couche électriquement isolante thermoplastique extrudée basée sur une composition

comprenant une matrice de polypropylène mélangée intimement avec un liquide diélectrique ont été proposés comme par exemple dans la demande internationale WO 02/03398. Le liquide diélectrique peut représenter de 3 à 15% en masse par rapport à la masse totale de la composition. Pour la production industrielle de tels câbles d'énergie, il est nécessaire de développer un procédé qui permette le mélange homogène et intime de la matrice polypropylène avec le liquide diélectrique tout en garantissant que ce mélange soit facile à extruder. Toutefois, bien que la présence du liquide diélectrique puisse permettre une amélioration des performances électriques desdits câbles, notamment en termes de rigidité diélectrique, elle peut également engendrer des problèmes lors du procédé d'extrusion pour leur fabrication industrielle. En effet, la présence du liquide diélectrique, notamment lorsqu'il est injecté lors des premières étapes d'extrusion, peut causer des irrégularités dans le mouvement et la plastification de la matrice polypropylène le long du fourreau de l'extrudeuse. Par ailleurs, lorsque des quantités inférieures à 15% en masse de liquide diélectrique par rapport à la masse totale de la composition (e.g. 3-10% environ) sont utilisées, un phénomène de glissement à la paroi lié à l'effet lubrifiant du liquide diélectrique (bien connu sous l'anglicisme « slippage/sliding phenomenon ») apparaît, pouvant entrainer une dégradation des propriétés mécaniques et/ou électriques de la couche thermoplastique obtenue en tête d'extrudeuse (défauts structuraux de la couche).

[0007] En outre, la demande internationale WO 2005/042226 a décrit un procédé d'extrusion comprenant les étapes suivantes : une première étape au cours de laquelle un polymère thermoplastique à base de propylène sous la forme solide est introduit dans une zone d'alimentation d'une extrudeuse, une deuxième étape au cours de laquelle le polymère thermoplastique est amené de la zone d'alimentation vers au moins une zone intermédiaire permettant la fusion graduelle du polymère thermoplastique, puis une étape d'injection d'un liquide diélectrique dans une zone de l'extrudeuse adjacente à la tête d'extrudeuse et dans laquelle le polymère thermoplastique est à l'état fondu. Ce procédé présente le désavantage d'injecter le liquide diélectrique, qui est un liquide inflammable, à des pressions élevées (30-1500 bars environ) et dans une zone

proche de la tête d'extrudeuse, ce qui entraîne des problèmes majeurs de sécurité et des dégradations de l'appareil d'injection et/ou de l'extrudeuse.

[0008] Plusieurs types d'extrudeuses sont connus, notamment les extrudeuses à vis unique et les extrudeuses à double vis.

[0009] Une extrudeuse à vis unique a pour avantage de fournir une solution fiable, simple et propre. Toutefois, la qualité de mélangeage, résultat de la grandeur physique "taux de cisaillement", de la composition au cours du processus d'extrusion n'est pas satisfaisant et ne permet pas d'obtenir une bonne homogénéité de la composition. En effet, une telle extrudeuse à vis unique présente un taux de cisaillement inférieur ou égal à 100^{s-1}.

[0010] Une extrudeuse à double vis a pour avantage d'obtenir une bonne qualité de mélangeage de la composition mais le niveau de pression pouvant être obtenu avec ce type d'extrudeuse n'est pas satisfaisant ce qui ne permet pas de répondre aux exigences en matière de production.

[0011] Les vis utilisées dans ces types d'extrudeuses peuvent être des vis barrière ou vis à profil barrière, i.e. une vis comprenant une zone dénommée « zone barrière ». Cette zone barrière comprend en particulier un filet secondaire avec un pas légèrement supérieur (balayant progressivement la largeur du chenal) qui permet de séparer le polymère fondu du polymère encore solide, comme s'il matérialisait la frontière entre les deux phases. Elle permet ainsi une compression du lit solide et par conséquent une amélioration de la capacité de fusion de la vis.

[0012] Ces vis barrière comportent une zone d'alimentation située au niveau d'une extrémité proximale de la vis d'extrusion destinée à être disposée au niveau de l'alimentation de la vis d'extrusion, e.g. d'une trémie. Cette zone d'alimentation est suivie d'une zone barrière ou intermédiaire permettant la fusion graduelle du polymère et le transport vers la sortie de l'extrudeuse assuré par une zone terminale de la vis dite zone de pompage. Cette zone de pompage peut avoir une longueur allant jusqu'à 2 fois le diamètre de la vis d'extrusion. La zone barrière ou intermédiaire s'étend jusqu'à la zone de pompage de la vis d'extrusion. La composition sortant de la zone barrière ou intermédiaire après un passage dans

la zone de pompage est directement transportée dans la tête de l'extrudeuse pour être appliquée autour de l'élément électriquement conducteur allongé.

[0013] Le but de la présente invention est de pallier les inconvénients de l'art antérieur et de fournir un procédé de fabrication d'un câble électrique, notamment du type câble d'énergie, comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et au moins une couche thermoplastique extrudée entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ladite couche étant obtenue à partir d'une composition comprenant au moins un liquide diélectrique et au moins un polymère thermoplastique à base d'un homo- ou d'un copolymère de propylène, ledit procédé étant simple, économique, permettant un taux amélioré de mélange de la composition, ne nécessitant pas de la mise en place d'un dispositif de sécurité complexe et coûteux, et pouvant conduire à une couche électriquement isolante thermoplastique présentant de bonnes propriétés électriques et mécaniques, du moins comparables à celles obtenues avec une couche réticulée XLPE.

[0014] Le but est atteint par l'invention qui va être décrite ci-après.

[0015] L'invention a pour premier objet un procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et au moins une couche thermoplastique extrudée entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ledit procédé mettant en œuvre un dispositif comprenant au moins une extrudeuse contenant un fourreau, une vis barrière et une tête d'extrudeuse, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

i) une étape d'introduction d'une composition comprenant :

- au moins un polymère thermoplastique sous forme solide choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, et
- au moins un liquide diélectrique, ledit liquide diélectrique représentant une quantité inférieure à 15% en masse , par rapport à la masse totale de la composition,

dans une première zone de la vis barrière, dénommée zone d'alimentation, et située à l'entrée de l'extrudeuse,

ii) une étape au cours de laquelle la composition issue de l'étape i) est amenée de la zone d'alimentation vers une ou plusieurs zones intermédiaires de la vis

barrière permettant la fusion graduelle du polymère thermoplastique,
iii) une étape de mélange dans laquelle la composition est amenée de la ou des zones intermédiaires vers une zone de mélange de la vis barrière permettant le transport de la composition vers la tête de l'extrudeuse située à la sortie de l'extrudeuse, et
iii) une étape d'application au niveau de la tête de l'extrudeuse de la composition issue de l'étape ii) autour de l'élément électriquement conducteur allongé.

[0016] Le procédé de l'invention est simple, économique et permet d'augmenter le qualité de mélangeage de manière à améliorer l'homogénéité de la composition. Un mélange homogène et intime du polymère thermoplastique et du liquide diélectrique peut ainsi être obtenu.

[0017] Une extrudeuse comprend conventionnellement un fourreau (ou cylindre) dans lequel vient tourner une ou plusieurs vis entraînées en rotation, notamment par un moto-variateur. La ou les vis s'étendent le long de l'axe longitudinal de l'extrudeuse, et sont entrainées en rotation autour de leur axe longitudinal.

[0018] Dans le procédé de la présente invention, un fourreau spécifique (i.e. fourreau rainuré) peut être utilisé. Ceci permet, en particulier en combinaison avec une vis barrière, d'obtenir une composition homogène facile à extruder, tout en évitant ou limitant la formation de défauts de structure dans la couche thermoplastique obtenue, notamment du type couche électriquement isolante.

[0019] L'extrudeuse utilisée dans le procédé de l'invention permet de mettre en œuvre les étapes i), ii), iii) et iv). En particulier, elle permet de convoyer la composition de l'étape i), la disperser ou l'homogénéiser, la mettre sous pression, faire fondre le polymère thermoplastique, et former une couche thermoplastique, notamment du type couche électriquement isolante, autour d'au moins un élément électriquement conducteur allongé.

[0020] Dans la présente invention, l'expression « température ambiante » signifie une température variant de 15 à 30°C environ, et de préférence variant de 20 à 25°C environ.

[0021] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'extrudeuse mettant en œuvre le procédé de l'invention est une extrudeuse monovis. Elle comprend donc une unique vis.

[0022] Le copolymère de propylène de la composition de l'étape i) peut être un copolymère hétérophasé de propylène, un copolymère statistique de propylène ou un de leurs mélanges.

[0023] Le copolymère hétérophasé de propylène comprend généralement une phase thermoplastique de type propylène et une phase élastomère de type copolymère d'éthylène et d'une oléfine α^1.

[0024] La phase élastomère du copolymère hétérophasé peut représenter au moins 20% en masse environ, et de préférence au moins 45% en masse environ, par rapport à la masse totale du copolymère hétérophasé.

[0025] L'oléfine α^1 de la phase élastomère du copolymère hétérophasé peut être le propylène.

[0026] À titre d'exemple de ce type de copolymère, on peut mentionner le copolymère hétérophasé commercialisé par la société Basell Polyolefins sous la référence Adflex® Q 200 F.

[0027] Le copolymère statistique de propylène peut être un copolymère de propylène et d'oléfine, l'oléfine étant notamment choisie parmi l'éthylène et une oléfine α2 différente du propylène.

[0028] L'oléfine α^2 différente du propylène peut répondre à la formule CH2=CH R1, dans laquelle R1 est un groupe alkyle linéaire ou ramifié ayant de 2 à 10 atomes de carbone, notamment choisi parmi les oléfines suivantes : 1 butène, 1-pentène ; 4-méthyl-1-pentène, 1-hexène, 1-octène, 1-décène, 1-dodécène, et un de leurs mélanges.

[0029] L'oléfine α^2 représente de préférence au plus 15% en mole environ et de préférence encore au plus 10% en mole environ du copolymère.

[0030] Un copolymère de propylène et d'éthylène est préféré à titre de copolymère statistique de propylène.

[0031] À titre d'exemple, on préfère tout particulièrement le copolymère statistique de propylène commercialisé par la société Borealis sous la référence Bormed® RB 845 MO.

[0032] Les copolymères statistiques de propylène utilisables selon l'invention ont de préférence un module élastique allant de 600 à 1200 MPa environ.

[0033] Les homopolymères de propylène utilisables selon l'invention ont de préférence un module élastique allant de 1250 à 1600 MPa environ.

[0034] L'homopolymère (respectivement le copolymère statistique de propylène) peut avoir une température de fusion supérieure à 130°C environ, de préférence supérieure à 140°C environ, et de préférence encore allant de 140 à 165°C environ.

[0035] L'homopolymère (respectivement le copolymère statistique de propylène) peut avoir une enthalpie de fusion allant de 30 à 100 J/g environ.

[0036] L'homopolymère (respectivement le copolymère statistique de propylène) peut avoir un indice de fluidité allant de 0,5 à 3 g/10 min environ, mesuré à 230°C environ avec une charge de 2,16 kg environ selon la norme ASTM D1238-00.

[0037] La composition de l'étape i) peut comprendre en outre un polyéthylène sous forme solide.

[0038] Ledit liquide diélectrique représente une quantité inférieure à 15% en masse, par rapport à la masse totale de la composition de l'étape i).

[0039] Le polyéthylène est de préférence un polyéthylène haute densité, un polyéthylène moyenne densité ou un polyéthylène linéaire basse densité.

[0040] Un polyéthylène dit de « haute densité » ou HDPE selon la norme ISO 1183A (à une température de 23°C) a une densité variant de 0,930 à 0,970 g/cm3 environ, et encore plus préférentiellement de 0,940 à 0,965 g/cm3 environ.

[0041] Un polyéthylène « moyenne densité » ou MDPE selon la norme selon la norme ISO 1183A (à une température de 23°C) a une densité allant de 0,925 à 0,930 g/cm3 environ.

[0042] Un polyéthylène linéaire dit de « basse densité » ou LLDPE selon la norme ISO 1183A (à une température de 23°C) a une densité allant de 0,91 à 0,925 g/cm3 environ.

[0043] L'homopolymère de propylène peut représenter de 40% à 90% en masse environ, et de préférence de 40 à 70% en masse, environ par rapport à la masse totale de la composition de l'étape i).

[0044] Le copolymère statistique de propylène peut représenter de 40% à 90% en masse environ, et de préférence de 40 à 70% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition de l'étape i).

[0045] Le copolymère hétérophasé de propylène peut représenter de 5% à 60% en masse, et de préférence de 5 à 50% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition de l'étape i).

[0046] Le polyéthylène peut représenter de 20% à 60% en masse environ, et de préférence de 20 à 50% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition de l'étape i).

[0047] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la composition comprend à titre de polymères :

- un copolymère statistique de propylène (e.g. de 50-70% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition), un copolymère hétérophasé de propylène (e.g. de 5-30% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition) et un polyéthylène linéaire basse densité (e.g. de 20-40% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition), ou
- un copolymère hétérophasé de propylène (e.g. de 35-55% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition) et un polyéthylène haute densité (e.g. de 35-55% en masse environ, par rapport à la masse totale de la composition).

[0048] De telles combinaisons de polymères en association avec le liquide diélectrique permettent d'obtenir une couche thermoplastique, notamment du type couche électriquement isolante, présentant de bonnes propriétés mécaniques, notamment en termes de module élastique, et électriques.

[0049] Les polymères de la composition étant sous forme solide, ils peuvent être sous la forme de pastilles ou de granulés.

[0050] La composition de l'étape i) peut comprendre en outre un ou plusieurs additifs.

[0051] Les additifs sont bien connus de l'homme du métier et peuvent être choisis parmi des antioxydants, des agents anti-UV, des retardateurs de flamme, des colorants, des agents anti-cuivre, des agents anti-arborescences d'eau et un de leurs mélanges.

[0052] La composition peut typiquement comprendre de 0,01 à 5% en masse environ, et de préférence de 0,1 à 2% en masse environ d'additifs, par rapport à la masse totale de la composition de l'étape i).

[0053] Plus particulièrement, les antioxydants permettent de protéger la composition des contraintes thermiques engendrées lors des étapes de fabrication du câble ou de fonctionnement du câble.

[0054] Les antioxydants sont choisis de préférence parmi les phénols encombrés, les thioesters, les antioxydants à base de soufre, les antioxydants à base de phosphore, les antioxydants de type amine et un de leurs mélanges.

[0055] À titre d'exemples de phénols encombrés, on peut citer le pentaérythritoltétrakis(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphényl)propionate) (Irganox® 1010), l'octadécyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphényl)propionate (Irganox® 1076), le 1,3,5-triméthyl-2,4,6-tris(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzyl)benzène (Irganox® 1330), le 4,6-bis (octylthiométhyl)-o-crésol (Irgastab® KV10), le 2,2' thiobis(6 tert-butyl-4-méthylphénol) (Irganox® 1081), le 2,2' thiodiéthylène bis[3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphényl) propionate] (Irganox® 1035), le 2,2' méthylènebis(6-tert-butyl-4-méthylphénol), le 1,2 bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyhydrocinnamoyl) hydrazine (Irganox® MD 1024), et le 2,2'-oxamido-bis(éthyl-3(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphényle)propionate).

[0056] À titre d'exemples de thioesters, on peut citer le didodécyl-3,3'-thiodipropionate (Irganox® PS800), ledistéarylthiodipropionate (Irganox® PS802) et le 4,6-bis(octylthiométhyle)-o-crésol (Irganox® 1520).

[0057] À titre d'exemples d'antioxydants à base de soufre, on peut citer le dioctadecyl-3,3'-thiodipropionate et le didodecyl-3,3'-thiodipropionate.

[0058] À titre d'exemples d'antioxydants à base de phosphore, on peut citer le tris(2,4-di-tert-butyl-phényle)phosphite (Irgafos® 168) et le bis(2,4-di-tert-butylphényl)pentaérythritoldiphosphite(Ultranox® 626).

[0059] À titre d'exemples d'antioxydants de type amine, on peut citer les phénylène diamines (e.g. 1PPD ou 6PPD), les diphénylamine styrène, les diphénylamines, les mercaptobenzimidazoles et le 2,2,4-triméthyl-1,2 dihydroquinoline polymérisé (TMQ).

[0060] À titre d'exemples de mélanges d'antioxydants, on peut citer l'Irganox B 225 qui comprend un mélange équimolaire d'Irgafos 168 et d'Irganox 1010 tels que décrits ci-dessus.

[0061] Le liquide diélectrique peut représenter de 3 à 10% en masse environ.

[0062] Lors de l'étape i), la pression peut être d'au plus 5 bars, de préférence d'au plus 3 bars, et de préférence d'au plus 1,5 bars. Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, la pression lors de l'étape i) est environ égale à la pression atmosphérique, à savoir environ égale à 1 bar.

[0063] L'étape i) permet d'introduire la composition dans l'extrudeuse.

[0064] La zone d'alimentation ou première zone de la vis se situe à l'entrée de l'extrudeuse. Au cours de l'étape i), la composition comprenant le polymère thermoplastique sous forme solide et le liquide diélectrique est introduite dans la zone d'alimentation de la vis, notamment afin de passer dans l'espace situé entre la surface interne du fourreau et la surface externe de la vis. En d'autres termes, au cours de l'étape i), le liquide diélectrique est introduit en même temps que le polymère thermoplastique sous forme solide dans la zone d'alimentation, à travers la trémie de l'extrudeuse.

[0065] L'extrudeuse comprend de préférence une seule zone d'introduction de la composition le long de son axe longitudinal, cette zone d'introduction se situant dans la zone d'alimentation ou première zone de la vis.

[0066] L'extrudeuse comprend la ou les zones intermédiaires, appelée zone « barrière » ou deuxième zone de la vis, à la suite de la zone d'alimentation le long de l'axe longitudinal de l'extrudeuse.

[0067] Une vis barrière ou vis à profil barrière comporte au moins une zone dénommée « zone barrière ». La zone barrière comprend en particulier un filet secondaire avec un pas légèrement supérieur (balayant progressivement la largeur du chenal) qui permet de séparer le polymère fondu du polymère encore

solide, comme s'il matérialisait la frontière entre les deux phases. La hauteur de ce filet est inférieure à celle du filet principal pour permettre au polymère fondu de changer de chenal, mais reste suffisamment grande pour empêcher le polymère solide (e.g. granulés) de franchir cet entrefer.

[0068] La vis barrière peut avoir un diamètre nominal D variant de 45 à 200 mm environ.

[0069] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la vis barrière présente un rapport L/D variant de24 à 30 environ, L désignant la longueur de la vis en mm et D le diamètre nominal de la vis en mm.

[0070] Le diamètre du corps de la vis barrière augmente de préférence de l'arrière ou de l'entrée de l'extrudeuse (i.e. zone d'alimentation de la vis) vers l'avant ou la sortie de l'extrudeuse (tête d'extrudeuse), soit sur toute la longueur de la vis, soit sur des parties seulement de la vis.

[0071] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la première zone ou zone d'alimentation de la vis présente une longueur variant de 1D à 3D environ.

[0072] Le pas de vis dans la zone d'alimentation peut être de 1D environ.

[0073] L'épaisseur du filet dans la zone d'alimentation peut être de D/10 environ.

[0074] Dans un mode de réalisation préféré, le diamètre du corps de la vis dans la zone d'alimentation est constant.

[0075] Dans un mode de réalisation préféré, la profondeur du chenal de la vis dans la zone d'alimentation (à l'entrée et à la sortie de la zone d'alimentation) varie de D/20 à D/10 environ.

[0076] La zone de mélange de l'extrudeuse, ou troisième zone de la vis, est disposée à la suite de la ou des zones barrières le long de l'axe longitudinal de l'extrudeuse. Cette zone de mélange est disposée au niveau de l'extrémité de la vis destinée à être disposée avant la tête d'extrusion.

[0077] La zone de mélange de la vis barrière peut comprendre une zone de dispersion et/ou une zone de distribution.

[0078] De manière préférée, la zone de dispersion précède la zone de distribution le long de l'axe longitudinal de la vis. La zone de dispersion est ainsi située entre la ou les zones barrières et la zone de distribution.

[0079] Selon un mode de réalisation, la zone de mélange de la vis barrière comprend une zone de dispersion et/ou une zone de distribution.

[0080] Selon un mode de réalisation, la zone de mélange de la vis barrière comprend une zone de dispersion suivie d'une zone de distribution, la zone de dispersion étant située entre la ou les zones intermédiaires et la zone de distribution.

[0081] Selon un mode de réalisation, la zone de dispersion définit au moins un canal d'entrée de la composition dans la zone de dispersion et au moins un canal de sortie de la composition depuis la zone de dispersion vers la zone de distribution, ledit au moins un canal d'entrée étant séparé dudit au moins un canal de sortie par un filet de passage configuré pour autoriser le passage de la composition depuis un canal d'entrée vers un canal de sortie et cisailler ladite composition lors dudit passage.

[0082] Selon un mode de réalisation, ledit au moins un canal d'entrée formant une ouverture d'entrée au niveau d'une première extrémité de la zone de dispersion pour permettre l'entrée de la composition dans ledit au moins un canal d'entrée et étant fermé au niveau d'une deuxième extrémité de la zone de dispersion par un élément d'obstruction, ledit au moins un canal de sortie étant fermé au niveau de la première extrémité de la zone de dispersion et formant une ouverture de sortie au niveau de la deuxième extrémité de la zone de dispersion pour permettre à la composition de sortie de la zone de dispersion, chacun desdits au moins canal d'entrée et au moins un canal de sortie étant formé entre un filet de passage et un filet de raclage de la composition, le filet de raclage étant configuré pour empêcher la composition de sortir dudit au moins un canal d'entrée ou dudit au moins un canal de sortie de sorte que le passage de la composition depuis un canal d'entrée vers un canal de sortie est réalisé par un filet de passage.

[0083] Selon un mode de réalisation, la zone de distribution comprend une pluralité de déflecteurs s'étendant de manière discontinue autour et le long d'un corps de vis de manière à former une pluralité de portions de déflexion.

[0084] Selon un mode de réalisation, chaque déflecteur s'étend le long d'une trajectoire hélicoïdale autour du corps de vis, les déflecteurs étant équirépartis autour du corps de vis.

[0085] Selon un mode de réalisation, chacune des portions de déflexion d'un déflecteur étant séparée par un espace de distribution d'une portion de déflexion adjacente du même déflecteur, les espaces de distribution de différents déflecteurs étant alignés le long d'une trajectoire hélicoïdale pour former au moins un canal de distribution s'étendant en sens opposé à la trajectoire d'extension des déflecteurs.

[0086] Selon un mode de réalisation, la pluralité de déflecteurs comprend un premier et un deuxième groupes de déflecteurs décalés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du corps de vis de sorte que chaque portion de déflexion du premier groupe de déflecteurs est disposée au travers d'un canal de distribution formé par le deuxième groupe de déflecteurs, chaque portion de déflexion du deuxième groupe de déflecteurs étant disposée au travers d'un canal de distribution formé par le premier groupe de déflecteurs.

[0087] Selon un mode de réalisation, chaque portion de déflexion est définie par une longueur de déflexion Ldef le long de la trajectoire d'extension du déflecteur, chaque espace de distribution formant un canal de distribution étant défini par une longueur de distribution Ldis, la longueur de déflexion Ldef de chaque portion de déflexion étant supérieure ou égale à la longueur de distribution Ldis de l'espace de distribution qui lui fait face de manière à obstruer le canal de distribution former par ledit espace de distribution.

[0088] Dans la présente invention, on entend par « fourreau rainuré » un fourreau comprenant au moins une partie rainurée, ou en d'autres termes une partie ayant des rainures.

[0089] La partie rainurée du fourreau se trouve de préférence dans la zone d'alimentation de la vis.

[0090] Selon une forme de réalisation particulièrement préférée de l'invention, lors de l'étape i), la composition est introduite directement dans une première zone de la zone d'alimentation appelée zone d'introduction, puis la composition est amenée de la zone d'introduction vers une deuxième zone de la zone d'alimentation, en direction de la tête de l'extrudeuse.

[0091] La partie rainurée du fourreau se trouve alors plus particulièrement dans la deuxième zone de la zone d'alimentation.

[0092] Le fourreau rainuré comprend de préférence de 4 à 10 zones de chauffage et de 4 à 10 zones de refroidissement, et de préférence encore de 5 à 7 zones de chauffage et de 5 à 7 zones de refroidissement.

[0093] Le fourreau rainuré peut avoir un diamètre interne variant de 45 à 200 mm environ.

[0094] Dans la partie rainurée, les rainures peuvent être droites (dans l'axe de l'extrudeuse) ou hélicoïdales.

[0095] Les rainures peuvent être de forme rectangulaire, conique (triangulaire) ou circulaire, et de préférence de forme conique triangulaire.

[0096] Les rainures peuvent avoir une longueur variant de 1,5D à 4D environ.

[0097] Les rainures peuvent avoir une largeur variant de 1 à 4 mm environ.

[0098] Les rainures ont de préférence une profondeur variant de 0,2 à 3 mm environ.

[0099] Selon une forme de réalisation de l'invention, les rainures ont un angle de 45°, 60°, 90° ou 120°, et de préférence de 90°

[0100] L'angle des rainures peut notamment être défini par l'angle d'hélice d'une rainure en spirale, mesurée à partir du plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du fourreau. Plus particulièrement, des rainures parallèles avec l'axe longitudinal du fourreau ont un angle de 90°.

[0101] Le fourreau rainuré peut comprendre de 6 à 24 rainures, et de préférence de 14 à 22 rainures.

[0102] Les rainures du fourreau s'étendent de préférence longitudinalement selon la direction allant de la zone d'alimentation vers la tête d'extrudeuse.

[0103] Le fourreau peut avoir une longueur variant de 24 à 30D environ.

[0104] L'étape i) peut être réalisée au moyen d'une trémie d'alimentation. Le dispositif comprend alors en outre une trémie d'alimentation.

[0105] Lorsqu'une trémie d'alimentation est utilisée, la trémie comprenant la composition de l'étape i) s'ouvre sur le fourreau à l'entrée de la vis, et plus particulièrement sur la première zone de la zone d'alimentation.

[0106] Etape ii)

[0107] Au cours de l'étape ii), la composition issue de l'étape i) est extrudée. Elle est amenée (de façon continue) de la zone d'alimentation vers une ou plusieurs zones intermédiaires de la vis permettant le transport de la composition vers la tête de l'extrudeuse située à la sortie de l'extrudeuse et la fusion graduelle du polymère thermoplastique.

[0108] Les zones intermédiaires peuvent comprendre une ou plusieurs zones de chauffe, permettant de contrôler la température dans l'extrudeuse.

[0109] L'état fondu (fusion) est atteint lorsque le polymère thermoplastique, éventuellement en mélange avec d'autres polymères, est chauffé à une température supérieure ou égale à sa température de fusion.

[0110] La température pendant l'étape ii) peut varier de 60 à 200°C environ.

[0111] La pression pendant l'étape ii) peut varier de 1 à 300 bars.

[0112] Les zones intermédiaires sont situées entre la zone d'alimentation et la tête d'extrudeuse.

[0113] La vis de l'extrudeuse peut être divisée en quatre zones, la première zone étant la zone d'alimentation telle que définie précédemment, les deuxième, troisième et quatrième zones étant les une ou plusieurs zones intermédiaires permettant le transport de la composition vers la tête de l'extrudeuse située à la sortie de l'extrudeuse et la fusion graduelle du polymère thermoplastique.

[0114] Lorsqu'une vis barrière est utilisée, l'extrudeuse comprend au moins une zone barrière telle que définie ci-dessus. En d'autres termes, au moins une des zones intermédiaires est une zone barrière.

[0115] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la deuxième zone de la vis est une zone de compression.

[0116] La zone de compression présente de préférence une longueur variant de 4D à 8D environ.

[0117] Le pas de vis dans la zone de compression peut être de 1D environ.

[0118] L'épaisseur du filet dans la zone de compression peut varier de D/10 à D/15 environ.

[0119] Dans un mode de réalisation préféré, le diamètre du corps de la vis dans la zone de compression n'est pas constant. En particulier, il augmente de l'arrière ou entrée de la vis vers l'avant ou sortie de la vis (i.e. dans la direction de la zone d'alimentation vers la tête d'extrudeuse).

[0120] Dans un mode de réalisation préféré, la profondeur du chenal de la vis dans la zone de compression (à l'entrée et à la sortie de la zone de compression) varie de D/20 à D/10 environ.

[0121] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la troisième zone est une zone barrière.

[0122] La zone barrière présente de préférence une longueur variant de 4D à 10D environ.

[0123] Le pas de vis dans la zone barrière peut varier de D/2 à 1,5D environ.

[0124] L'épaisseur du filet dans la zone barrière peut varier de D/10 à D/15 environ.

[0125] Dans un mode de réalisation préféré, le diamètre du corps de la vis dans la zone barrière n'est pas constant. En particulier, il augmente de l'arrière ou l'entrée de la vis vers l'avant ou la sortie de la vis (i.e. dans la direction de la zone d'alimentation vers la tête d'extrudeuse).

[0126] Dans un mode de réalisation préféré, la profondeur du chenal de la vis dans la zone barrière (à l'entrée et à la sortie de la zone barrière et pour le chenal principal et le chenal secondaire) varie de D/20 à D/10 environ.

[0127] Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la quatrième zone est une zone de pompage.

[0128] La zone de pompage présente de préférence une longueur variant de 2D à 6D environ.

[0129] Le pas de vis dans la zone de pompage peut être de 1D environ.

[0130] L'épaisseur du filet dans la zone de pompage peut varier de D/10 à D/15 environ.

[0131] Dans un mode de réalisation préféré, le diamètre du corps de la vis dans la zone de pompage est constant.

[0132] Dans un mode de réalisation préféré, la profondeur du chenal de la vis dans la zone de pompage (à l'entrée et à la sortie de la zone de pompage) varie de D/20 à D/10 environ.

[0133] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le taux de compression varie de 1,2 à 1,6 environ, le taux de compression étant défini comme le rapport de la profondeur du chenal arrière de la vis (i.e. à l'entrée de l'extrudeuse ou dans la zone d'alimentation de la vis) sur la profondeur du chenal avant de la vis (i.e. à la sortie de l'extrudeuse ou dans la zone de pompage de la vis).

[0134] Etape iv)

[0135] Le procédé de l'invention permet de produire un câble électrique avec une vitesse de production variant de 1 à 30 m/min environ.

[0136] Lors de l'étape iv), la composition comprenant le polymère thermoplastique à l'état fondu et le liquide diélectrique passe sous pression au travers d'une filière, pour être appliquée autour de l'élément électriquement conducteur allongé.

[0137] Etape i0)

[0138] Le procédé peut comprendre en outre avant l'étape i), une étape i0) de mise en contact, notamment à température ambiante, du polymère thermoplastique sous forme solide choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, avec le liquide diélectrique pour former la composition de l'étape i) (i.e. une composition comprenant le polymère thermoplastique et le liquide diélectrique, ledit liquide diélectrique représentant une quantité inférieure à 15% en masse, par rapport à la masse totale de la composition).

[0139] Lors de l'étape i0), la pression peut être d'au plus 5 bars, de préférence d'au plus 3 bars, et de préférence d'au plus 1,5 bars. Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, la pression lors de l'étape i0) est environ égale à la pression atmosphérique, à savoir environ égale à 1 bar.

[0140] L'étape i0) peut être effectuée directement dans une trémie d'alimentation telle que définie dans l'invention ou dans un mélangeur, notamment situé en amont de la trémie d'alimentation, le mélangeur étant de préférence un mélangeur statique.

[0141] Lorsque l'étape i0) (i.e. la mise en contact) est effectuée dans une trémie d'alimentation, le polymère thermoplastique et le liquide diélectrique peuvent être introduits séparément, ou sous forme de mélange, dans la trémie d'alimentation.

[0142] En particulier, l'étape i0) peut comprendre l'une quelconque des séquences S01 ou S02 suivantes :

[0143] S01 : alimenter la trémie d'alimentation avec le polymère thermoplastique sous forme solide et le liquide diélectrique (par injection), de façon simultanée, ou

[0144] S02 : alimenter la trémie d'alimentation avec le polymère thermoplastique sous forme solide et avec le liquide diélectrique (par injection), le polymère et le liquide diélectrique étant ajoutés dans la trémie d'alimentation à des étapes différentes, ou en d'autres termes de façon non simultanée.

[0145] Lorsque l'étape i0) est effectuée dans le mélangeur, le dispositif comprend en outre un mélangeur, notamment situé en amont de la trémie d'alimentation, le mélangeur étant de préférence un mélangeur statique.

[0146] Dans ce mode de réalisation, le polymère thermoplastique et le liquide diélectrique peuvent être introduits séparément dans le mélangeur, puis la composition résultante peut être transférée dans la trémie d'alimentation. Ce mode de réalisation permet d'améliorer l'homogénéité de la composition comprenant le polymère thermoplastique sous forme solide et le liquide diélectrique.

[0147] L'étape i0) peut alors comprendre l'une quelconque des séquences S'01 ou S'02 suivantes :

S'01 : alimenter le mélangeur avec le polymère thermoplastique sous forme solide, puis injecter le liquide diélectrique dans le mélangeur comprenant le polymère thermoplastique, ou

S'02 : injecter le liquide diélectrique dans le mélangeur statique, puis alimenter le mélangeur comprenant le liquide diélectrique avec le polymère thermoplastique sous forme solide,

l'étape S'01 ou l'étape S'02 étant suivie d'une étape de transfert de la composition résultante dans la trémie d'alimentation.

[0148] Lorsque la composition de l'étape i) comprend d'autres polymères que le polymère thermoplastique sous forme solide choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, l'étape i0) met en œuvre la mise en contact, notamment à température ambiante, d'au moins un polymère thermoplastique sous forme solide choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, et des autres polymères sous forme solide avec un liquide diélectrique pour former une composition comprenant le polymère thermoplastique sous forme solide, les autres polymères sous forme solide et le liquide diélectrique, ledit liquide diélectrique représentant une quantité inférieure à 15% en masse, par rapport à la masse totale de la composition.

[0149] L'étape i0) n'est de préférence pas une étape d'imprégnation du polymère thermoplastique par le liquide diélectrique. En d'autres termes, le liquide diélectrique n'est pas absorbé complètement par le polymère thermoplastique au cours de l'étape i0). En effet, une étape d'imprégnation conventionnelle est longue et requiert une quantité minimale de liquide diélectrique (10-15% environ par rapport à la masse totale de la composition).

[0150] Dans le procédé de l'invention, il est particulièrement préféré d'avoir un fourreau rainuré et une vis barrière.

[0151] Autres étapes

[0152] Le procédé peut comprendre en outre une étape iv) de refroidissement du câble obtenu à l'issue de l'étape iii) (i.e. à la sortie de l'extrudeuse).

[0153] Le refroidissement peut être effectué avec de l'eau, en particulier avec un ou plusieurs bacs de refroidissement alimentés en continu avec de l'eau, notamment afin de conserver une température constante des bacs de refroidissement.

[0154] Le procédé peut comprendre en outre une étape v) de séchage du câble obtenu à l'issue de l'étape iv). Le séchage permet d'enlever l'eau de la surface du câble.

[0155] Le procédé de l'invention est de préférence un procédé continu.

[0156] Le procédé de l'invention ne comprend pas de préférence d'étape d'homogénéisation de la composition lorsque le polymère thermoplastique est à l'état fondu. En particulier, l'extrudeuse ne comprend pas de mélangeur, et notamment ne comprend pas de mélangeur statique, permettant une telle homogénéisation, notamment dans une des zones intermédiaires telles que définies précédemment.

[0157] La couche thermoplastique, notamment du type couche électriquement isolante, du câble obtenu selon le procédé de l'invention présente une épaisseur variable en fonction du type de câble envisagé. En particulier, lorsque le câble est un câble à moyenne tension, l'épaisseur de la couche isolante est typiquement de 4 à 5 mm environ, et plus particulièrement de 4,5 mm environ. Lorsque le câble est un câble haute tension, l'épaisseur de la couche isolante varie typiquement de 17 à 18 mm (pour des tensions de l'ordre 150 kV environ) et pour aller jusqu'à des épaisseurs allant de 20 à 25 mm environ pour des tensions supérieures à 150 kV (câbles à très haute tension).

[0158] Dans la présente invention, on entend par « couche électriquement isolante » une couche dont la conductivité électrique peut être d'au plus 1.10 9 S/m, et de préférence d'au plus 1.10-10 S/m (siemens par mètre) (à 25°C).

[0159] L'élément électriquement conducteur allongé peut être un conducteur monocorps tel que par exemple un fil métallique ou un conducteur multicorps tel qu'une pluralité de fils métalliques torsadés ou non.

[0160] L'élément électriquement conducteur allongé peut être en aluminium, en alliage d'aluminium, en cuivre, en alliage de cuivre, et en un de leurs combinaisons.

[0161] Dans la présente invention, la couche électriquement isolante du câble est non réticulée.

[0162] La couche électriquement isolante est de préférence une couche recyclable.

[0163] Selon une forme de réalisation préférée du procédé de l'invention, le câble électrique peut comprendre :

- une première couche semi-conductrice entourant l'élément électriquement conducteur allongé,
- une couche électriquement isolante entourant la première couche semi-

conductrice, ladite couche électriquement isolante étant telle que définie dans l'invention, et

- une deuxième couche semi-conductrice entourant la couche électriquement isolante.

[0164] Dans la présente invention, on entend par « couche semi-conductrice » une couche dont la conductivité électrique peut être d'au moins 1.10-9 S/m (siemens par mètre), de préférence d'au moins 1.10-3 S/m, et de préférence peut être inférieure à 1.103 S/m (à 25°C).

[0165] Dans un mode de réalisation particulier, la première couche semi conductrice, la couche électriquement isolante et la deuxième couche semi conductrice constituent une isolation tricouche. En d'autres termes, la couche électriquement isolante est en contact physique direct avec la première couche semi-conductrice, et la deuxième couche semi-conductrice est en contact physique direct avec la couche électriquement isolante.

[0166] La première et la deuxième couches semi-conductrices sont de préférence en un matériau polymère thermoplastique.

[0167] Le câble peut comprendre en outre une gaine électriquement isolante entourant la deuxième couche semi conductrice, et peut être en contact physique direct avec celle-ci.

[0168] Le câble peut comprendre en outre un écran métallique entourant la deuxième couche semi-conductrice. Dans ce cas, la gaine électriquement isolante entoure ledit écran métallique.

[0169] Cet écran métallique peut être un écran dit « filaire » composé d'un ensemble de conducteurs en cuivre ou en aluminium arrangé autour et le long de la deuxième couche semi-conductrice, un écran dit « rubané » composé d'un ou de plusieurs rubans métalliques conducteurs en cuivre ou en aluminium posé(s) éventuellement en hélice autour de la deuxième couche semi-conductrice ou d'un ruban métallique conducteur en aluminium posé longitudinalement autour de la deuxième couche semi-conductrice et rendu étanche grâce à de la colle dans les zones de chevauchement de parties dudit ruban, ou d'un écran dit « étanche » de type tube métallique composé éventuellement de plomb ou d'alliage de plomb et entourant la deuxième couche semi-conductrice. Ce dernier type

d'écran permet notamment de faire barrière à l'humidité ayant tendance à pénétrer le câble électrique en direction radiale.

[0170] L'écran métallique du câble électrique de l'invention peut comprendre un écran dit « filaire » et un écran dit « étanche » ou un écran dit « filaire » et un écran dit « rubané ».

[0171] Tous les types d'écrans métalliques peuvent jouer le rôle de mise à la terre du câble électrique, et peuvent ainsi transporter des courants de défaut, par exemple en cas de court-circuit dans le réseau concerné.

[0172] D'autres couches, telles que des couches gonflantes en présence d'humidité peuvent être ajoutées entre la deuxième couche semi-conductrice et l'écran métallique, entre l'écran métallique et la gaine électriquement isolante lorsqu'ils existent, ces couches permettant d'assurer l'étanchéité longitudinale du câble électrique à l'eau.

[0173] L'invention a pour deuxième objet un câble électrique, notamment du type câble d'énergie, comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et au moins une couche thermoplastique extrudée entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, caractérisé en ce qu'il est susceptible d'être obtenu selon un procédé de fabrication conforme au premier objet de l'invention.

[0174] La couche thermoplastique, notamment du type couche électriquement isolante, est obtenue par extrusion d'une composition comprenant au moins un polymère thermoplastique choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, et un liquide diélectrique, ledit liquide diélectrique représentant une quantité inférieure à 15% en masse, par rapport à la masse totale de ladite composition.

[0175] La composition, le polymère thermoplastique, le liquide diélectrique sont tels que définis dans le premier objet de l'invention.

[0176] Brève description des dessins

[0177] Les dessins annexés illustrent l'invention :

[0178] [Fig. 1] représente schématiquement une vue partiellement en coupe d'un dispositif d'extrusion selon l'invention comprenant notamment une vis d'extrusion.

[0179] [Fig. 2] représente schématiquement une vue partiellement en coupe et en perspective d'un câble électrique selon l'invention.

[0180] [Fig. 3] représente schématiquement une vue de côté d'une vis d'extrusion du dispositif de la figure 1, comprenant une zone de mélange.

[0181] [Fig. 4] représente schématiquement une vue en perspective de la zone de dispersion de la zone de mélange.

[0182] [Fig. 5] représente schématiquement une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'une zone de distribution de la zone de mélange.

[0183] [Fig. 6] représente schématiquement une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'une zone de distribution de la zone de mélange.

Description de mode(s) de réalisation

[0184] 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.

[0185] Le concept de l'invention est décrit plus complètement ci-après avec référence aux dessins joints, sur lesquels des modes de réalisation du concept de l'invention sont montrés. Sur les dessins, la taille et les tailles relatives des éléments peuvent être exagérées à des fins de clarté. Des numéros similaires font référence à des éléments similaires sur tous les dessins. Cependant, ce concept de l'invention peut être mis en œuvre sous de nombreuses formes différentes et ne devrait pas être interprété comme étant limité aux modes de réalisation exposés ici. Au lieu de cela, ces modes de réalisation sont proposés de sorte que cette description soit complète, et communiquent l'étendue du concept de l'invention aux hommes du métier.

[0186] Une référence dans toute la spécification à « un mode de réalisation » signifie qu'une fonctionnalité, une structure, ou une caractéristique particulière décrite en relation avec un mode de réalisation est incluse dans au moins un mode de réalisation de la présente invention. Ainsi, l'apparition de l'expression « dans un mode de réalisation » à divers emplacements dans toute la spécification ne fait pas nécessairement référence au même mode de réalisation. En outre, les fonctionnalités, les structures, ou les caractéristiques particulières peuvent être

combinées de n'importe quelle manière appropriée dans un ou plusieurs modes de réalisation. De plus, le terme « comprenant » n'exclut pas d'autres éléments ou étapes.

[0187] Sur la figure 1, le dispositif 1 comprend un container 2 pouvant être alimenté par des granulés d'un polymère thermoplastique choisi parmi un homo- et un copolymère de propylène, un container 3 pouvant être alimenté par un liquide diélectrique, une trémie d'alimentation 4 pouvant être alimentée à température ambiante par les granulés du polymère thermoplastique contenues dans le container 2 et par le liquide diélectrique contenu dans le container 3, et une extrudeuse 5 comprenant par exemple un fourreau rainuré 6 et une vis barrière 7, ainsi qu'une tête d'extrudeuse 8.

[0188] La composition comprenant les granulés du polymère thermoplastique et le liquide diélectrique est introduite via la trémie d'alimentation 4 dans une zone d'alimentation 9 de la vis selon l'étape i), puis amenée selon l'étape ii) de la zone d'alimentation 9 vers une ou plusieurs zones intermédiaires 10 permettant la fusion graduelle du polymère thermoplastique, lesdites zones intermédiaires 10 étant situées entre la zone d'alimentation 9 et la tête d'extrudeuse 8.

[0189] Ensuite, la composition est amenée selon l'étape iii) depuis lesdites zones intermédiaires 10 vers une zone de mélange 18 dans laquelle la composition va être mélangée et transportée vers la tête de l'extrudeuse 8 située à la sortie de l'extrudeuse 5. La zone de mélange 18 est située entre lesdites zones intermédiaires 10 et la tête de l'extrudeuse 8. Ladite zone de mélange est décrite plus en détails ci-après en lien avec les figures 3 à 6.

[0190] Enfin, au niveau de la tête d'extrudeuse 8, la composition est appliquée autour d'un élément électriquement conducteur allongé selon l'étape iv).

[0191] Sur la figure 2, le câble d'énergie 11 à moyenne ou haute tension obtenu selon le procédé de l'invention, comprend un élément électriquement conducteur allongé central 12, notamment en cuivre ou en aluminium, et, successivement et coaxialement comprend autour de cet élément 12, une première couche semi-conductrice 13 dite « couche semi-conductrice interne », une couche électriquement isolante 14, une deuxième couche semi conductrice 15 dite « couche semi-conductrice externe », un écran métallique 16 du type tube

cylindrique, et une gaine extérieure de protection 17, la couche électriquement isolante 14 étant obtenue à partir d'une composition comprenant au moins un polymère thermoplastique choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, et un liquide diélectrique selon un procédé d'extrusion tel que défini dans l'invention.

[0192] Les couches 13 et 15 sont des couches extrudées par des procédés bien connus de l'homme du métier.

[0193] La présence de l'écran métallique 16 et de la gaine extérieure de protection 17 est préférentielle, mais non essentielle. Cette structure de câble est en tant que telle de type connu et hors du cadre de la présente invention.

[0194] Un exemple de la zone de mélange 18 de la vis barrière 7 est ensuite décrit en référence aux figures 3 à 6.

[0195] Tel que visible sur la figure 3, la zone de mélange 18 est disposée au niveau d'une extrémité distale 20 de la vis barrière 7, à l'opposé d'une extrémité proximale 22 de cette même vis barrière 7. L'extrémité proximale 22 est destinée à être disposée au niveau de la trémie d'alimentation 4 tandis que l'extrémité distale 20 de la vis barrière 7 est destinée à être disposée au niveau de la tête d'extrudeuse 8.

[0196] La zone de mélange 18 comprend de préférence une zone de dispersion 24 suivie d'une zone de distribution 26. Une discontinuité 25 peut être prévue entre les zones de dispersion 24 et de distribution 26. Une discontinuité additionnelle 25 peut être prévue entre la zone de mélange 18 et les zones intermédiaires 10.

[0197] La zone de dispersion 24 a pour fonction de générer un effort important de cisaillement sur la composition. La zone 26 a pour fonction une interruption et recombinaison des flux (élément Fig.5 ou Fig.6).

[0198] En référence à la figure 4, la zone de dispersion 24 comprend une succession de filets de passage 27 et de filets de raclage 28 définissant entre eux une pluralité de canaux d'entrée 30 et de canaux de sortie 33. En particulier, les filets de passage 27 et de raclage 28 s'alternent autour d'un corps de vis 31 de manière à former une alternance de canaux d'entrée 30 et de sortie 33. Ainsi, chaque canal d'entrée 30 ou de sortie 33 est formé par un filet de passage 27 et

un filet de raclage 28. Sur l'exemple de la figure 4, la zone de dispersion comprend 4 canaux d'entrée 30 et 4 canaux de sorties.

[0199] On entend par « corps de vis », une portion du corps de la vis barrière 7. Autrement dit, le corps de vis 31 est une section de la vis barrière 7 correspondant à la zone de dispersion 24.

[0200] Les filets de passage 27 et de raclage 28 s'étendent de préférence le long de trajectoires hélicoïdales autour et le long du corps de vis 31. Les filets de passage et de raclage 28 sont de préférence équirépartis autour de ce corps de vis 31.

[0201] Chaque canal d'entrée 30 forme une ouverture d'entrée 29 au niveau d'une extrémité proximale 36 de la zone de dispersion 24 pour permettre l'entrée de la composition dans le canal d'entrée 30. Chaque canal d'entrée 30 comprend un élément d'obstruction 34 fermant le canal d'entrée 30 au niveau d'une extrémité distale 38 de la zone de dispersion 24. Cet élément d'obstruction 34 est de préférence configuré pour permettre le passage de la composition tout en la cisaillant d'une valeur prédéterminée. Ainsi, la composition peut sortir du canal d'entrée en passant par-dessus l'élément d'obstruction 34 mais se fait cisailler.

[0202] Chaque canal de sortie 33 est fermé par un élément d'obstruction 34 disposé au niveau de l'extrémité proximale 36 de la zone de dispersion 24 de manière à empêcher, au moins partiellement, l'écoulement de la composition vers les canaux de sortie 33 depuis la zone barrière. L'écoulement de la composition est donc facilité vers les canaux d'entrée 30. Chaque canal de sortie 33 forme en outre une ouverture de sortie 39 formé au niveau de l'extrémité distale 38 de la zone de dispersion 24. Cet élément d'obstruction 34 est de préférence configuré pour permettre le passage de la composition tout en la cisaillant d'une valeur prédéterminée. Pour cela, la hauteur de l'élément d'obstruction est de préférence choisie pour générer cette valeur de cisaillement. Ainsi, la composition peut entrer dans le canal de sortie 33 en passant par-dessus l'élément d'obstruction 34 mais se fait cisailler.

[0203] Les filets de passage 27 séparant des canaux d'entrée 30 et de sortie 33 adjacents sont configurés pour permettre le passage de la composition tout en la cisaillant d'une valeur prédéterminée. Pour cela, la hauteur des filets de passage

27 est choisie pour générer cette valeur de cisaillement. Ainsi, la composition peut passer d'un canal d'entrée 30 vers un canal de sortie 33 en passant par-dessus d'un filet de passage 27 mais se fait cisailler.

[0204] Les filets de raclage 28 sont configurés pour empêcher le passage de la composition entre des canaux d'entrée 30 et de sortie 33 adjacents au niveau de ce filet de raclage 28. La composition est ainsi guidée vers un filet de passage 27 ou un élément d'obstruction 34 pour se faire cisailler avant de sortir de la zone de dispersion 24.

[0205] A la sortie des zones intermédiaires 10, la composition traverse donc la zone de dispersion 24 en passant par un canal d'entrée 30 et/ou un canal de sortie 33 en étant cisaillé d'une valeur prédéterminée soit par au moins un élément d'obstruction 34 d'un canal de sortie 33, soit par au moins un filet de passage 27, soit par au moins un élément d'obstruction 34 d'un canal d'entrée 30.

[0206]

[0207] Les canaux d'entrée 30 et de sortie 33 s'étendent autour et le long du corps de vis 31. Les canaux d'entrée 30 et de sortie 33 s'étendnt de préférence sur au moins 75%, de préférence au moins 95%, de la longueur de la zone de dispersion 24 le long d'un axe longitudinal A de la vis barrière 7.

[0208] Les filets de passage 27 et de raclage 28 ont de préférence une largeur différente les uns des autres. Cette largeur est définie perpendiculairement à la trajectoire d'extension des filets. De manière préférée, un rapport de 2 est défini entre la largeur d'un filet de passage 27 et d'un filet de raclage 28.

[0209] Selon un exemple de réalisation de la zone de dispersion 24, chaque filet de raclage 28 présente une largeur de 15mm et chaque filet de passage 27 présente une largeur de 30mm.

[0210] Le pas des filets de passage 27 et de raclage 28 est par exemple défini comme étant 4*D, D étant le diamètre du corps de vis 31 au niveau de la zone de dispersion 24. Le pas est ainsi de 600 pour un diamètre de 150mm. Ce diamètre de 150mm est considéré comme étant le diamètre nominal du fourreau recevant la vis d'extrusion ou bien le diamètre externe des filets de vis, en négligeant le jeu de fonctionnement pouvant être de 0,1mm. La zone de dispersion 24 présente par exemple une longueur de 450mm le long de l'axe longitudinal A.

[0211] La profondeur des canaux d'entrée 30 et de sortie 33 est par exemple définie entre 0,4mm et 0,8mm, de préférence 0,6mm. Cette profondeur est définie perpendiculairement à la surface externe 32 du corps de vis 31.

[0212] La zone de distribution 26 comprend une pluralité de déflecteurs 40 s'étendant de manière discontinue autour et le long d'un corps de vis 42. Chaque déflecteur 40 forme un filet discontinu s'étendant le long d'une trajectoire autour et le long de l'axe longitudinal A de la vis barrière 7. Le filet est discontinu longitudinalement le long de sa trajectoire d'extension. Ainsi, chaque déflecteur 40 forme une pluralité de portions de déflexion 44 s'étendant le long de la trajectoire d'extension du déflecteur 40.

[0213] On entend par « corps de vis », une portion du corps de la vis barrière 7. Autrement dit, le corps de vis 42 est une section de la vis barrière 7 correspondant à la zone de distribution 26. Les corps de vis 31 et 42 sont de préférence un seul et même corps de vis monobloc avec le corps de vis des zones d'alimentation 9 et intermédiaires 10. Les déflecteurs 40 s'étendent de préférence le long de trajectoires hélicoïdales autour et le long du corps de vis 42.

[0214] Les déflecteurs 40 sont de préférence équirépartis autour du corps de vis 42.

[0215] Un premier canal de distribution 50 est formé entre deux déflecteurs 40 adjacents le long de la trajectoire d'extension des déflecteurs 40. En d'autres termes, l'espace entre deux filets forme le premier canal de distribution 50 permettant le passage de la composition.

[0216] Chaque déflecteur 40 s'étend à partir d'une surface externe 46 du corps de vis 42. Un espace de distribution 48 est formé entre deux portions de déflexion 44 adjacentes ou successives d'un même déflecteur 40. Ainsi, une succession de portions de déflexion 44 et d'espaces de distribution 48 est formée le long de la trajectoire d'extension d'un déflecteur 40.

[0217] Selon un premier mode de réalisation de la zone de distribution 26 illustré en figure 5, les portions de déflexion 44 sont de préférence conformées de manière à faire coïncider des espaces de distribution 48 de déflecteurs 40 différents pour former un deuxième canal de distribution 52 transversal au premier canal de distribution 50. Les espaces de distribution 48 de déflecteurs 40 différents sont

ainsi alignés entre eux. On obtient ainsi des déflecteurs 40 formant une pluralité de premiers 50 et deuxièmes 52 canaux de distribution se croisant entre eux.

[0218] Cet alignement est de préférence réalisé le long d'une trajectoire hélicoïdale s'étendant autour et le long du corps de vis 42. Ainsi, on obtient des premiers 50 et des deuxièmes 52 canaux s'étend selon des trajectoires hélicoïdales de sens respectivement inversés pour se croiser. Par exemple, les portions de déflexion 44 présentent toutes la même longueur le long de leur trajectoire d'extension pour obtenir cet alignement. Un exemple d'un tel alignement est visible en figure 5.

[0219] La zone de distribution 26 comprend par exemple huit déflecteurs 40. Le pas des déflecteurs 40 peut être défini comme étant de 900mm pour un diamètre de vis de 150mm. La largeur des déflecteurs 40 est par exemple supérieure à 30mm, par exemple de 45mm. La zone de distribution 26 présente par exemple une longueur de 300mm le long de l'axe longitudinal A.

[0220] Selon un premier mode de réalisation de la zone de distribution 26 illustré en figure 6, la pluralité de déflecteurs 40 comprend un premier 60 et un deuxième 62 groupes de déflecteurs 40 décalés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du corps de vis 42. Les déflecteurs 40 des premier 60 et deuxième groupe 62 s'étendent de préférence selon une même trajectoire mais décalés angulairement autour de l'axe longitudinal A de la vis barrière 7. On obtient ainsi une alternance de déflecteurs du premier groupe 60 et de déflecteurs 40 du deuxième groupe 62. Cette alternance augmente le nombre d'obstacles formés par les déflecteurs 40 le long de l'axe longitudinal A de la vis barrière 7.

[0221] De manière similaire au premier mode de réalisation de la zone de distribution 26, un premier 50 et un deuxième 52 canaux de distribution sont formés par le premier groupe 60 de déflecteurs 40. Chaque portion de déflexion 44 du deuxième groupe 62 de déflecteurs 40 est disposée au travers du deuxième canal de distribution 52 formé par le premier groupe 60 de déflecteurs 40. Il en est de même avec les portions de déflexion 44 du premier groupe 60 vis-à-vis des canaux de distribution 52 formés par les déflecteurs du premier groupe 60. Ainsi, le décalage angulaire entre les premier 60 et deuxième 62 groupes

positionne les portions de déflecteurs 40 du premier 60 groupe au niveau des espaces de distribution 48 du deuxième groupe 62, et inversement.

[0222] En d'autres termes, les premier 60 et deuxième 62 groupes de déflecteurs 40 se chevauchent le long de leur trajectoire d'extension de sorte que la composition ne peut circuler que le long des premiers canaux de distribution 50, entre les déflecteurs 40. La circulation de la composition le long des deuxième canaux de distribution 52 est obstruée.

[0223] Pour cela, chaque portion de déflexion 44 est définie par une longueur de déflexion Ldef le long de la trajectoire d'extension du déflecteur 40 et chaque espace de distribution 48 formant le deuxième canal de distribution 52 est défini par une longueur de distribution Ldis. La longueur de déflexion Ldef de chaque portion de déflexion 44 est choisi supérieure ou égale à la longueur de distribution Ldis de l'espace de distribution 48 qui lui fait face de manière à obstruer le deuxième canal de distribution 52 former par ledit espace de distribution 48.

[0224] Les déflecteurs 40 sont de préférence équirépartis autour de l'axe longitudinale A de la vis barrière 7.

[0225] Chacun des premier 60 et deuxième 62 groupes de déflecteurs 40 peut comprendre trois déflecteurs 40. Un angle de 120° sépare dans ce cas chacun des déflecteurs 40 d'un même groupe. Le décalage angulaire entre les premier 60 et deuxième 62 groupes peut être de 180° de sorte qu'il y a un déflecteur 40 tous les 60°.

[0226] Le pas des déflecteurs 40 peut être défini comme étant de 150mm pour un diamètre de vis de 150mm. La largeur des déflecteurs 40 est par exemple inférieure ou égale à 5mm, par exemple de 3.75mm. La zone de distribution 26 présente par exemple une longueur de 300mm le long de l'axe longitudinal A.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de fabrication d'un câble électrique comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé et au moins une couche thermoplastique extrudée entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, ledit procédé mettant en œuvre un dispositif comprenant au moins une extrudeuse contenant un fourreau, une vis barrière et une tête d'extrudeuse, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

i) une étape d'introduction d'une composition comprenant :

- au moins un polymère thermoplastique sous forme solide choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, et
- au moins un liquide diélectrique,

dans une première zone de la vis barrière, dénommée zone d'alimentation, et située à l'entrée de l'extrudeuse,

ii) une étape au cours de laquelle la composition issue de l'étape i) est amenée de la zone d'alimentation vers une ou plusieurs zones intermédiaires de la vis barrière permettant la fusion graduelle du polymère thermoplastique,

iii) une étape de mélange dans laquelle la composition est amenée de la ou des zones intermédiaires vers une zone de mélange de la vis barrière permettant le transport de la composition vers la tête de l'extrudeuse située à la sortie de l'extrudeuse, et

iv) une étape d'application au niveau de la tête de l'extrudeuse de la composition issue de l'étape ii) autour de l'élément électriquement conducteur allongé.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la zone de mélange de la vis barrière comprend une zone de dispersion et/ou une zone de distribution.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel la zone de mélange de la vis barrière comprend une zone de dispersion suivie d'une zone de distribution, la zone de dispersion étant située entre la ou les zones intermédiaires et la zone de distribution.

[Revendication 4] Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel la zone de dispersion définit au moins un canal d'entrée de la composition dans

la zone de dispersion et au moins un canal de sortie de la composition depuis la zone de dispersion vers la zone de distribution, ledit au moins un canal d'entrée étant séparé dudit au moins un canal de sortie par un filet de passage configuré pour autoriser le passage de la composition depuis un canal d'entrée vers un canal de sortie et cisailler ladite composition lors dudit passage.

[Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel ledit au moins un canal d'entrée formant une ouverture d'entrée au niveau d'une première extrémité de la zone de dispersion pour permettre l'entrée de la composition dans ledit au moins un canal d'entrée et étant fermé au niveau d'une deuxième extrémité de la zone de dispersion par un élément d'obstruction, ledit au moins un canal de sortie étant fermé au niveau de la première extrémité de la zone de dispersion et formant une ouverture de sortie au niveau de la deuxième extrémité de la zone de dispersion pour permettre à la composition de sortie de la zone de dispersion, chacun desdits au moins canal d'entrée et au moins un canal de sortie étant formé entre un filet de passage et un filet de raclage de la composition, le filet de raclage étant configuré pour empêcher la composition de sortir dudit au moins un canal d'entrée ou dudit au moins un canal de sortie de sorte que le passage de la composition depuis un canal d'entrée vers un canal de sortie est réalisé par un filet de passage.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendication 2 à 5, dans lequel la zone de distribution comprend une pluralité de déflecteurs s'étendant de manière discontinue autour et le long d'un corps de vis de manière à former une pluralité de portions de déflexion.

[Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel chaque déflecteur s'étend le long d'une trajectoire hélicoïdale autour du corps de vis, les déflecteurs étant équirépartis autour du corps de vis.

[Revendication 8] Procédé selon la revendication 6 ou 7, dans lequel chacune des portions de déflexion d'un déflecteur étant séparée par un espace de distribution d'une portion de déflexion adjacente du même déflecteur, les espaces de distribution de différents déflecteurs étant alignés le long d'une trajectoire hélicoïdale pour former au moins un canal de

distribution s'étendant en sens opposé à la trajectoire d'extension des déflecteurs.

[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel la pluralité de déflecteurs comprend un premier et un deuxième groupes de déflecteurs décalés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du corps de vis de sorte que chaque portion de déflexion du premier groupe de déflecteurs est disposée au travers d'un canal de distribution formé par le deuxième groupe de déflecteurs, chaque portion de déflexion du deuxième groupe de déflecteurs étant disposée au travers d'un canal de distribution formé par le premier groupe de déflecteurs.

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel chaque portion de déflexion est définie par une longueur de déflexion L_{def} le long de la trajectoire d'extension du déflecteur, chaque espace de distribution formant un canal de distribution étant défini par une longueur de distribution L_{dis}, la longueur de déflexion L_{def} de chaque portion de déflexion étant supérieure ou égale à la longueur de distribution L_{dis} de l'espace de distribution qui lui fait face de manière à obstruer le canal de distribution former par ledit espace de distribution.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le copolymère de propylène de la composition de l'étape i) est un copolymère hétérophasé de propylène, un copolymère statistique de propylène ou un de leurs mélanges.

[Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la composition de l'étape i) comprend en outre un polyéthylène sous forme solide.

[Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le liquide diélectrique représente de 3 à 10% en masse, par rapport à la masse totale de la composition.

[Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lors de l'étape i), la pression est d'au plus 5 bars, de préférence d'au plus 3 bars, et de préférence d'au plus 1,5 bars.

[Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la vis barrière a un diamètre nominal D variant de 45 à 200 mm.

[Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la vis barrière présente un rapport L/D variant de24 à 30 , L désignant la longueur de la vis en mm et D désignant le diamètre nominal de la vis en mm.

[Revendication 17] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre du corps de la vis barrière augmente de l'arrière ou de l'entrée de l'extrudeuse vers l'avant ou la sortie de l'extrudeuse, soit sur toute la longueur de la vis, soit sur des parties seulement de la vis.

[Revendication 18] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé comprend en outre avant l'étape i), une étape i0) de mise en contact du polymère thermoplastique sous forme solide choisi parmi un homopolymère de propylène et un copolymère de propylène, avec le liquide diélectrique pour former la composition de l'étape i).

[Revendication 19] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit liquide diélectrique représente une quantité inférieure à 15% en masse, par rapport à la masse totale de la composition.

[Revendication 20] Câble électrique (11) comprenant au moins un élément électriquement conducteur allongé (12) et au moins une couche thermoplastique extrudée (14) entourant ledit élément électriquement conducteur allongé, caractérisé en ce qu'il est susceptible d'être obtenu selon un procédé de fabrication tel que défini à l'une quelconque des revendications précédentes.

[Fig. 1]

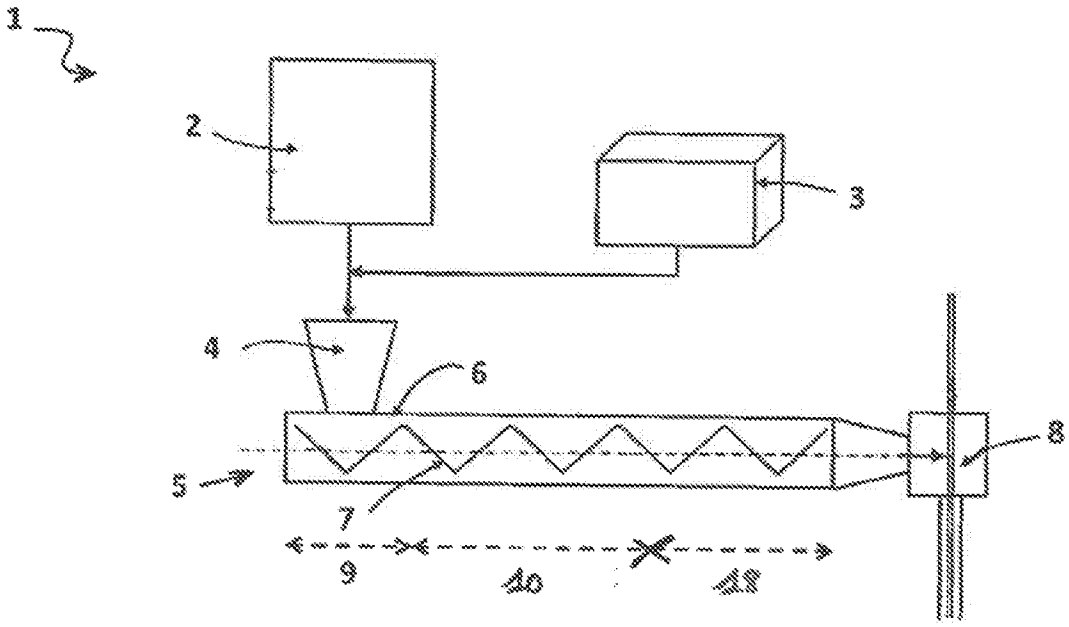


FIG.1

[Fig. 2]

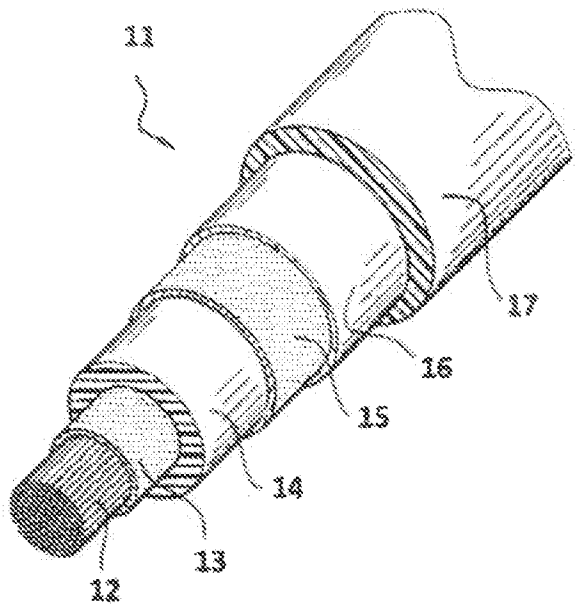


FIG.2

[Fig. 3]

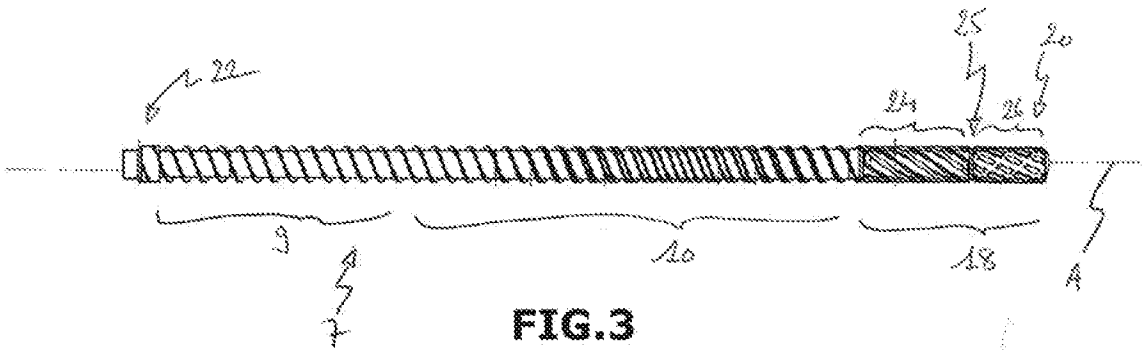


FIG.3

[Fig. 4]

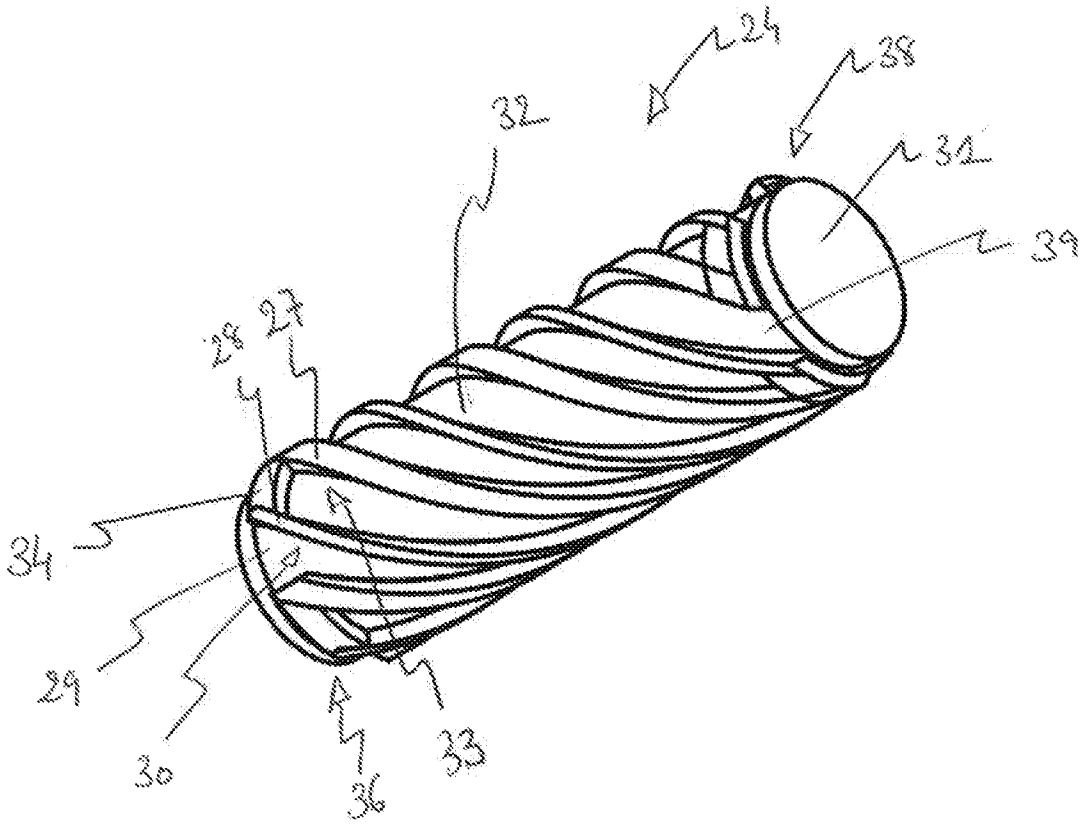


FIG.4

[Fig. 5]

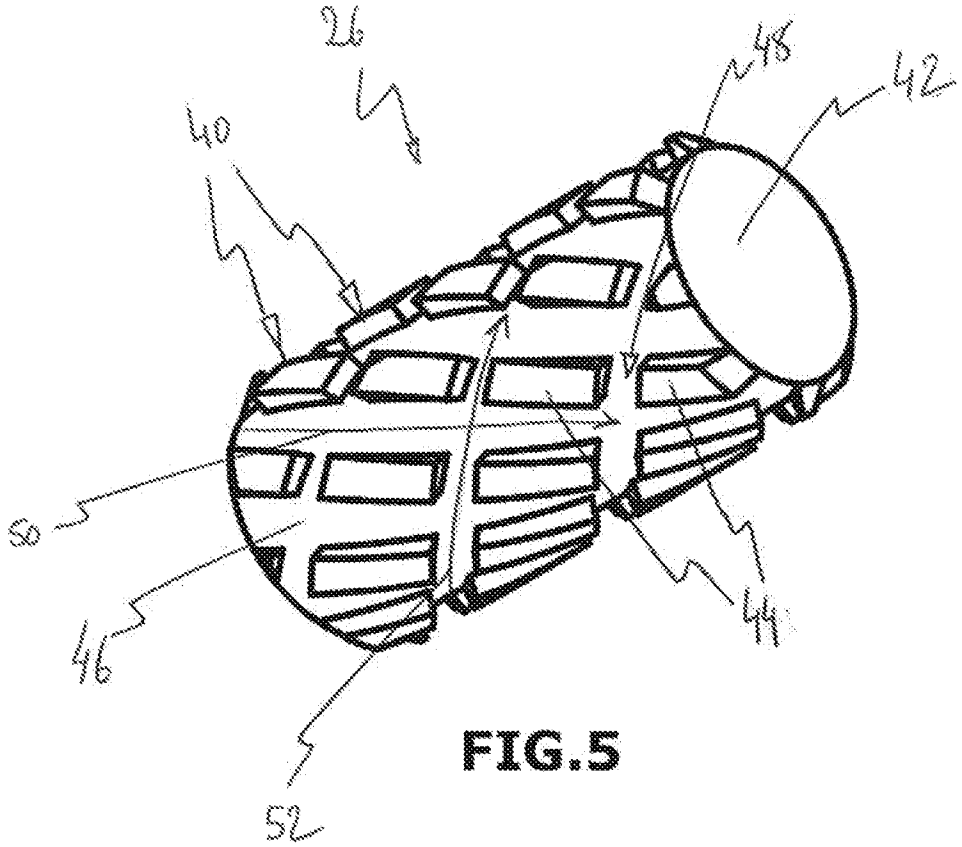


FIG.5

[Fig. 6]

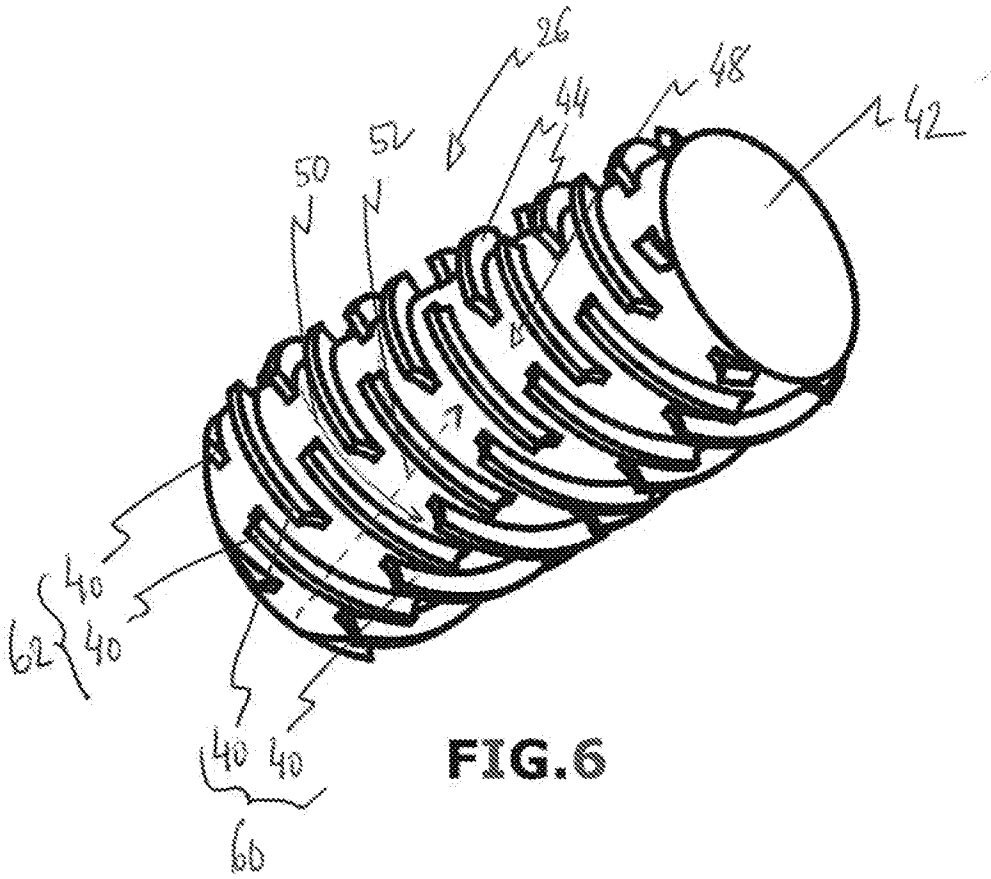


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2022/051272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C 48/154(2019.01)i; ***B29C 48/34***(2019.01)i; ***B29C 48/66***(2019.01)i; ***B29C 48/67***(2019.01)i; ***H01B 3/20***(2006.01)i; *B29C 48/06*(2019.01)n; *C08L 23/06*(2006.01)n; *H01B 3/22*(2006.01)n; *H01B 3/44*(2006.01)n; *H01B 13/14*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C; H01B; B29K; C08L

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2021118595 A1 (PAIXAO DANTAS MARCELO [DE] ET AL) 22 April 2021 (2021-04-22)	1,2,11-20
Y	claims 1-18	3-10
	figure 1	
Y	JP H07276462 A (MITSUBA MFG CO LTD) 24 October 1995 (1995-10-24)	3-10
	figures 1-6	
Y	JP H0424327 U (N.N.) 27 February 1992 (1992-02-27)	3-10
	figures 1-6	
Y	DE 10130759 A1 (EXTRUDEX KUNSTSTOFFMASCHINEN G [DE]) 19 September 2002 (2002-09-19)	3-10
	claims 1-13	
	figures 1-3	
Y	WO 2006026607 A1 (MAYCO PLASTICS INC [US]; WAWSCZYK CHRISTOPHER J [US] ET AL.) 09 March 2006 (2006-03-09)	3-10
	paragraph [0028] - paragraph [0029]	
	figures 1-4	

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 October 2022	**24 October 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands**	**Ngwa, Walters**
Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 202540682 U (YIXING GUANGHUI PACKAGE CO LTD ET AL.) 21 November 2012 (2012-11-21) figures 1-3	3-10
Y	JP S565630 U (N.N.) 19 January 1981 (1981-01-19) figures 1-6	3-10
A	WO 2018080806 A1 (DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC [US]) 03 May 2018 (2018-05-03) paragraph [0037] figures 1-8	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2022/051272

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2021118595	A1	22 April 2021	BR	112020001846	A2	28 July 2020
				CL	2020000256	A1	03 July 2020
				CN	111052264	A	21 April 2020
				EP	3662487	A1	10 June 2020
				FR	3069799	A1	08 February 2019
				KR	20200028414	A	16 March 2020
				US	2021118595	A1	22 April 2021
				WO	2019025718	A1	07 February 2019
JP	H07276462	A	24 October 1995	NONE			
JP	H0424327	U	27 February 1992	JP	H081070	Y2	17 January 1996
				JP	H0424327	U	27 February 1992
DE	10130759	A1	19 September 2002	NONE			
WO	2006026607	A1	09 March 2006	NONE			
CN	202540682	U	21 November 2012	NONE			
JP	S565630	U	19 January 1981	JP	S565630	U	19 January 1981
				JP	S5745154	Y2	05 October 1982
WO	2018080806	A1	03 May 2018	BR	112019006355	A2	25 June 2019
				CA	3041591	A1	03 May 2018
				CN	109843540	A	04 June 2019
				EP	3532262	A1	04 September 2019
				JP	2019536661	A	19 December 2019
				KR	20190073420	A	26 June 2019
				RU	2019113854	A	09 November 2020
				TW	201815551	A	01 May 2018
				US	2020047387	A1	13 February 2020
				WO	2018080806	A1	03 May 2018

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2022/051272

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. B29C48/154 B29C48/34 B29C48/66 B29C48/67 H01B3/20
ADD. B29C48/06 C08L23/06 H01B3/22 H01B3/44 H01B13/14

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 B29K C08L

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
X Y	US 2021/118595 A1 (PAIXAO DANTAS MARCELO [DE] ET AL) 22 avril 2021 (2021-04-22) revendications 1-18 figure 1	1,2, 11-20 3-10

Y	JP H07 276462 A (MITSUBA MFG CO LTD) 24 octobre 1995 (1995-10-24) figures 1-6	3-10

Y	JP H04 24327 U (N.N.) 27 février 1992 (1992-02-27) figures 1-6	3-10

Y	DE 101 30 759 A1 (EXTRUDEX KUNSTSTOFFMASCHINEN G [DE]) 19 septembre 2002 (2002-09-19) revendications 1-13 figures 1-3	3-10

	-/--	

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
14 octobre 2022	24/10/2022

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ngwa, Walters

1

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2022/051272

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 2006/026607 A1 (MAYCO PLASTICS INC [US]; WAWSCZYK CHRISTOPHER J [US] ET AL.) 9 mars 2006 (2006-03-09) alinéa [0028] - alinéa [0029] figures 1-4	3-10
Y	CN 202 540 682 U (YIXING GUANGHUI PACKAGE CO LTD ET AL.) 21 novembre 2012 (2012-11-21) figures 1-3	3-10
Y	JP S56 5630 U (N.N.) 19 janvier 1981 (1981-01-19) figures 1-6	3-10
A	WO 2018/080806 A1 (DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC [US]) 3 mai 2018 (2018-05-03) alinéa [0037] figures 1-8	1-19

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2022/051272

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021118595 A1	22-04-2021	BR 112020001846 A2	28-07-2020
		CL 2020000256 A1	03-07-2020
		CN 111052264 A	21-04-2020
		EP 3662487 A1	10-06-2020
		FR 3069799 A1	08-02-2019
		KR 20200028414 A	16-03-2020
		US 2021118595 A1	22-04-2021
		WO 2019025718 A1	07-02-2019
JP H07276462 A	24-10-1995	AUCUN	
JP H0424327 U	27-02-1992	JP H081070 Y2	17-01-1996
		JP H0424327 U	27-02-1992
DE 10130759 A1	19-09-2002	AUCUN	
WO 2006026607 A1	09-03-2006	AUCUN	
CN 202540682 U	21-11-2012	AUCUN	
JP S565630 U	19-01-1981	JP S565630 U	19-01-1981
		JP S5745154 Y2	05-10-1982
WO 2018080806 A1	03-05-2018	BR 112019006355 A2	25-06-2019
		CA 3041591 A1	03-05-2018
		CN 109843540 A	04-06-2019
		EP 3532262 A1	04-09-2019
		JP 2019536661 A	19-12-2019
		KR 20190073420 A	26-06-2019
		RU 2019113854 A	09-11-2020
		TW 201815551 A	01-05-2018
		US 2020047387 A1	13-02-2020
		WO 2018080806 A1	03-05-2018