



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
11.02.2015 Bulletin 2015/07

(51) Int Cl.:
H01H 33/662 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14180036.7**

(22) Date de dépôt: **06.08.2014**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeurs:
• **Chapelle, Delphine**
38050 Grenoble Cedex 9 (FR)
• **Hassanzadeh, Mehrdad**
38050 Grenoble Cedex 9 (FR)

(30) Priorité: **09.08.2013 FR 1357942**

(74) Mandataire: **Brevalex**
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(71) Demandeur: **Schneider Electric Industries SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(54) **Ampoule à vide, pôle de disjoncteur comprenant une telle ampoule à vide et procédés de fabrication de tels dispositifs**

(57) L'invention se rapporte à une ampoule à vide (1) comprenant une chambre étanche (4), deux contacts électriques (7, 7') et un revêtement diélectrique (12) qui recouvre la surface externe de la chambre (4). Ce revêtement (12) comprend au moins deux couches, une couche de surmoulage (14) en un matériau synthétique et une couche intermédiaire (13) en silicone interposée entre la surface externe de la chambre (4) et la couche de surmoulage (14).

Selon l'invention, la couche intermédiaire (13) est discontinue et localisée sur les parties métalliques de la chambre (4) de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe des parties métalliques, le silicone de la couche intermédiaire (13) comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique.

L'invention se rapporte également à un dispositif de coupure de courant électrique comprenant au moins une telle ampoule à vide (1), notamment un pôle de disjoncteur.

La présente invention se rapporte enfin à un procédé de fabrication d'une telle ampoule à vide (1) ainsi qu'à un procédé de fabrication d'un tel pôle de disjoncteur.

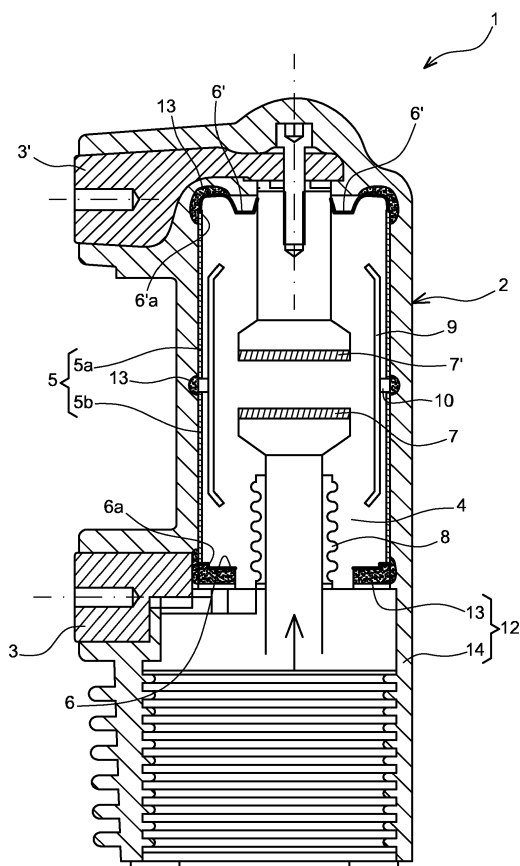


FIG. 1

Description**DOMAINE TECHNIQUE**

- 5 **[0001]** La présente invention se rapporte à une ampoule à vide qui est destinée à être utilisée dans un dispositif de coupure de courant électrique.
- [0002]** La présente invention se rapporte également à un dispositif de coupure de courant électrique comprenant au moins une telle ampoule à vide, ce dispositif pouvant notamment être un pôle de disjoncteur ou un interrupteur, ce dispositif fonctionnant, en particulier, à moyenne tension.
- 10 **[0003]** La présente invention se rapporte enfin à un procédé de fabrication d'une telle ampoule à vide ainsi qu'à un procédé de fabrication d'un tel pôle de disjoncteur.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

- 15 **[0004]** Une ampoule à vide est un élément d'un dispositif de coupure de courant électrique utilisé dans des appareillages et des équipements fonctionnant notamment à moyenne tension, en particulier entre 1 et 75 kV.
- [0005]** En général, une ampoule à vide comprend une chambre étanche, deux contacts électriques mobiles relativement l'un à l'autre et, le cas échéant, au moins un écran métallique de protection. La chambre étanche de l'ampoule à vide comprend un corps cylindrique fermé à ses extrémités par deux couvercles métalliques, chacun de ces couvercles étant relié à l'un des contacts électriques de l'ampoule à vide.
- 20 **[0006]** Le corps cylindrique de la chambre à vide est en un matériau diélectrique, autrefois en verre et aujourd'hui réalisé en céramique et, en particulier, en alumine tandis que les couvercles métalliques sont classiquement réalisés en cuivre ou en inox.
- [0007]** L'ampoule à vide comprend en outre un revêtement diélectrique qui recouvre la surface externe de la chambre pour être isolée électriquement.
- 25 **[0008]** Ce revêtement diélectrique peut être constitué par une couche dite couche de surmoulage, réalisée en un matériau synthétique électriquement isolant. On parle alors couramment d'une ampoule à vide surmoulée.
- [0009]** Ce matériau synthétique diélectrique peut être un matériau élastomère, mais également un matériau polymère du type polymère thermodurcissable ou polymère thermoplastique. Ainsi, lorsque la couche de surmoulage est en polymère thermodurcissable ou thermoplastique, elle assure la tenue mécanique de l'ampoule à vide au cours de son fonctionnement, en plus de son isolation électrique.
- 30 **[0010]** On observe toutefois que les matériaux utilisés pour réaliser la chambre étanche d'une ampoule à vide et la couche de surmoulage ont des coefficients de dilatation thermique très différents. Par conséquent, lorsque ces différents matériaux se retrouvent en contact et que l'ampoule à vide subit des sollicitations thermiques dues, par exemple, à la température environnante ou à des échauffements des éléments électriquement conducteurs, et notamment des couvercles métalliques, des fissures apparaissent dans certains des matériaux constitutifs de l'ampoule à vide surmoulée, en particulier au niveau de l'interface entre les éléments métalliques de la chambre et la couche de surmoulage.
- 35 **[0011]** Pour limiter la formation de telles fissures, il est connu d'interposer, entre la surface externe de la chambre étanche et la couche de surmoulage, une couche intermédiaire dont le but est de compenser les différences de dilatation thermique de la couche de surmoulage et des éléments constitutifs de la chambre de l'ampoule à vide, notamment lors des variations de température de cette dernière.
- 40 **[0012]** Ainsi, le document EP 0 866 481, référencé [1] à la fin de la présente description, décrit une ampoule à vide comprenant une chambre à vide revêtue d'une couche de surmoulage réalisée en polymère époxyde et d'une couche intermédiaire continue interposée entre la surface externe de la chambre et cette couche de surmoulage. Cette couche intermédiaire se présente sous la forme d'un tube et est mise en place, par enfilage dudit tube dont le diamètre est maintenu supérieur au diamètre extérieur du corps cylindrique, sur la surface externe de la chambre de l'ampoule à vide. Cette couche intermédiaire est réalisée en un matériau élastique qui peut être un matériau élastomère du type copolymère éthylène-propylène (en anglais, Ethylene-Propylene Monomer ou EPM) ou terpolymère éthylène-propylène-diène (en anglais, Ethylene-Propylene-Diene Monomer ou EPDM). Ce matériau élastique peut également être un caoutchouc de silicone. Toutefois, cette couche intermédiaire continue n'est pas complètement intégrée ou recouverte par la couche de surmoulage, afin de lui permettre de se dilater sous l'effet des montées en température de l'ampoule à vide. Le document [1] précise que, dans le cas particulier où un caoutchouc de silicone est utilisé, ce matériau, soit ne remplit pas complètement le volume disponible pour la couche intermédiaire, soit remplit complètement ce volume mais il devient alors nécessaire de pratiquer une ouverture à l'une des extrémités de la chambre, pour permettre, dans les
- 50 deux cas, l'expansion du matériau lors de sa dilatation engendrée par les montées en température.
- 55 **[0013]** L'ampoule à vide décrite dans le document [1] présente donc des contraintes structurelles dont il y a lieu de tenir compte pour permettre l'expansion de la couche intermédiaire. Le procédé de fabrication associé se complexifie pour intégrer l'une ou l'autre de ces contraintes structurelles et ce, pour chaque structure d'ampoules à vide considérée.

[0014] En outre, dans le cas où l'on pratique une ouverture dans la chambre de l'ampoule à vide pour permettre l'expansion du matériau, ce dernier se trouve alors au contact de l'environnement extérieur de l'ampoule à vide et donc sujet à contamination par les pollutions présentes dans cet environnement, telles que l'humidité, les poussières ou encore les gaz comme l'hexafluorure de soufre SF₆ ou le dioxyde de soufre SO₂. Une telle contamination peut provoquer le vieillissement prématuré du matériau de la couche intermédiaire et, notamment, la perte de ses propriétés diélectriques et/ou de ses propriétés mécaniques (perte de résilience et d'adhérence, notamment avec la couche de surmoulage).

[0015] Le document US 5,917,167, référencé **[2]**, décrit un procédé de fabrication d'une ampoule à vide comprenant l'encapsulation de la chambre de l'ampoule à vide par un manchon en caoutchouc de silicone formant la couche intermédiaire avant la réalisation de la couche de surmoulage en polymère époxyde. Ce procédé met en oeuvre une étape au cours de laquelle le manchon est disposé dans un distributeur à vide pour y subir une déformation radiale d'au moins deux fois le diamètre interne initial dudit manchon, de manière à permettre l'insertion ultérieure de la chambre de l'ampoule à vide dans l'espace intérieur du manchon étiré. Après rétablissement de la pression dans le distributeur à vide, le manchon en caoutchouc de silicone étiré vient recouvrir cette chambre de l'ampoule à vide. La couche de surmoulage en polymère époxyde est ensuite réalisée de telle manière que le manchon en caoutchouc de silicone étiré est comprimé par ladite couche de surmoulage. La compression du manchon est toutefois limitée par la présence d'une ouverture pratiquée dans la chambre de l'ampoule à vide qui permet l'expansion du manchon.

[0016] En plus de recourir à la réalisation d'une ouverture dans la chambre de l'ampoule à vide pour permettre l'expansion de la couche intermédiaire en caoutchouc de silicone, ce document **[2]** décrit un procédé qui est relativement lourd industriellement parlant, du fait de la nécessité de mettre en oeuvre un distributeur à vide pour la mise en place de cette couche intermédiaire. De surcroît, cette couche intermédiaire se présente sous forme d'un manchon de dimensions prédéterminées qui doivent bien entendu être adaptées au diamètre de la chambre des ampoules à vide destinées à recevoir un revêtement tel que décrit dans ce document **[2]**. De telles contraintes ne sont, par conséquent, pas compatibles avec une production rationalisée.

[0017] Par ailleurs, la compression de la couche de surmoulage sur le manchon en caoutchouc de silicone ne permet pas d'assurer une interface suffisamment étanche entre ces deux couches. Ceci est en particulier préjudiciable dans le cas où le revêtement diélectrique de l'ampoule à vide est lui-même revêtu d'une couche électriquement conductrice, dite couche de blindage, permettant la mise à la terre de l'extérieur de l'ampoule à vide.

[0018] Les inventeurs se sont donc fixé comme but de concevoir une ampoule à vide, notamment une ampoule à vide surmoulée, comprenant un revêtement diélectrique et présentant des tenues thermomécanique et au vieillissement améliorées permettant ainsi une utilisation prolongée dans le temps de cette ampoule à vide, les risques de fissuration dans la couche de surmoulage, mais également dans le corps cylindrique même de l'ampoule à vide avec les risques liés de perte du vide, étant nettement diminués, voire supprimés, sous l'effet des variations thermiques. En particulier, l'ampoule à vide doit pouvoir être fabriquée sans qu'il soit nécessaire de recourir à une limitation plus ou moins arbitraire du volume de silicone à utiliser pour la réalisation de la couche intermédiaire par rapport au volume total que pourrait occuper cette couche intermédiaire, ou à la réalisation d'une ouverture dans la chambre de l'ampoule à vide, qui constitue une réelle contrainte industrielle et technique et qui, dans le cas où une ouverture est pratiquée, n'est en outre pas satisfaisante au regard des risques de contamination par l'environnement extérieur de l'ampoule à vide tels que mentionnés ci-dessus.

[0019] Une autre solution actuelle de fabrication d'une ampoule à vide comprend les étapes successives suivantes :

- l'assemblage du corps cylindrique avec ses deux couvercles munis chacun d'un contact électrique pour former la chambre de l'ampoule à vide,
- éventuellement, l'application d'une couche de primaire d'accrochage sur toute la surface externe de la chambre de l'ampoule à vide,
- le moulage par injection d'un élastomère de silicone liquide (en anglais Liquid Silicon Rubber ou LSR en abrégé) pour former une couche de silicone sur toute la surface externe de la chambre de l'ampoule à vide, le cas échéant revêtue de la couche de primaire d'accrochage,
- le moulage par injection au moyen du procédé de gélification sous pression automatique ou GPA (en anglais, Automatic Pressure Gelation ou APG en abrégé) du polymère époxyde sur la couche de silicone.

[0020] Or, l'étape de moulage par injection d'un élastomère de silicone liquide, qui requiert la mise en oeuvre de pressions élevées pour obtenir les caractéristiques optimales du silicone utilisé, ne peut pas être réalisée sur tout type de chambre d'ampoules à vide. C'est notamment le cas lorsque ladite chambre comporte des couvercles en un matériau métallique mou (type cuivre) et de surface importante qui se trouvent être déformés lors de cette étape d'injection à haute pression.

[0021] Les inventeurs se sont également fixé comme but de concevoir un procédé de fabrication d'une ampoule à vide, notamment une ampoule à vide surmoulée, qui puisse être mis en oeuvre sur tout type d'ampoule à vide, quelles que soient la forme, les dimensions et la matière de certains de ses éléments constitutifs comme la chambre et, en

particulier, la forme, les dimensions et la matière des couvercles métalliques de ladite chambre.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0022] Les buts précédemment énoncés ainsi que d'autres sont atteints, en premier lieu, par une ampoule à vide du type précité qui comprend une chambre étanche et deux contacts électriques mobiles relativement l'un à l'autre, ladite chambre comprenant un corps cylindrique en un matériau diélectrique fermé à ses extrémités par deux couvercles métalliques, chacun de ces couvercles étant relié à l'un des contacts électriques, ladite ampoule à vide comprenant en outre un revêtement diélectrique qui recouvre la surface externe de la chambre, ce revêtement comprenant au moins deux couches, la première couche dite couche de surmoulage étant réalisée en un matériau synthétique, et une deuxième couche dite couche intermédiaire étant réalisée en silicone, ladite couche intermédiaire étant interposée entre la surface externe de la chambre et la couche de surmoulage.

[0023] Selon l'invention, la couche intermédiaire est discontinue et localisée sur les parties métalliques de la chambre de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques, en l'espèce la surface externe des couvercles métalliques, dont notamment le bord, ou zone d'interface, entre les parties métalliques et le matériau diélectrique du corps cylindrique, le silicone de la couche intermédiaire comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique.

[0024] Ainsi, les corps creux présents dans le silicone de la couche intermédiaire se compriment pour contrer les effets engendrés par la dilatation thermique se produisant dans la couche intermédiaire, lorsque cette dernière est emprisonnée dans un espace clos, sous l'effet des montées en température des éléments constitutifs de l'ampoule à vide et, notamment, de la couche intermédiaire.

[0025] De ce fait, il n'est plus nécessaire de limiter artificiellement le volume de silicone par rapport au volume total que pourrait occuper la couche intermédiaire ou de pratiquer une ouverture, par exemple à l'une des extrémités de la chambre, pour permettre l'expansion de cette couche intermédiaire. Ceci a pour avantage d'éviter toute dégradation prématurée du matériau de la couche intermédiaire, puisque ce matériau ne se trouve pas en contact avec l'environnement extérieur de l'ampoule à vide et ses éventuelles pollutions, et donc de conférer, à l'ampoule à vide selon l'invention, une tenue thermomécanique et une tenue au vieillissement améliorées.

[0026] Avantageusement, la couche intermédiaire est localisée sur les parties métalliques de la chambre de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe des éléments faisant saillie de ces parties métalliques.

[0027] Préférentiellement, cette couche intermédiaire est localisée sur ces parties métalliques de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdites parties métalliques.

[0028] Ainsi, la localisation de la couche intermédiaire de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe des éléments faisant saillie des parties métalliques, voire l'intégralité de la surface externe de ces parties métalliques de la chambre étanche de l'ampoule à vide a pour effet que ces parties métalliques ne sont plus intégralement en contact direct avec la couche de surmoulage. Par conséquent, ces localisations de la couche intermédiaire limitent voire empêchent la formation de fissures dans cette couche de surmoulage lors des variations de températures se produisant dans l'ampoule à vide.

[0029] Alors que la dilatation de la couche intermédiaire engendre une contrainte thermomécanique sur la couche de surmoulage et sur le corps cylindrique de la chambre des ampoules à vide de l'art antérieur, les corps creux présents dans le silicone de la couche intermédiaire absorbent cette dilatation et, par conséquent, cette contrainte thermomécanique, limitant de fait son incidence sur la couche de surmoulage et sur le corps cylindrique d'une ampoule à vide conforme à l'invention.

[0030] Le dimensionnement de la couche intermédiaire discontinue et localisée sur les parties métalliques de la chambre peut bien entendu être adapté en fonction des caractéristiques structurelles de l'ampoule à vide et des différents éléments qui la composent, de telle sorte à ce qu'il ne se forme aucune fissure, que ce soit dans la couche de surmoulage ou dans le corps cylindrique de la chambre, ni aucune déchirure dans ladite couche intermédiaire.

[0031] Dans une variante de l'invention, la couche intermédiaire recouvre une partie de la surface externe du corps cylindrique de la chambre en plus de recouvrir la surface externe des parties métalliques au moins au niveau de leur bord en jonction avec le matériau diélectrique. La diminution de telles contraintes thermomécaniques réduit donc considérablement, voire écarte même grâce au dimensionnement adapté de la couche intermédiaire, les risques de fissuration dans la couche de surmoulage et dans le corps cylindrique de la chambre de l'ampoule à vide.

[0032] Les risques de fissuration se produisant dans la couche de surmoulage, mais également dans le corps cylindrique de la chambre de l'ampoule à vide avec le risque lié de la perte de vide, sont par conséquent extrêmement limités, voire supprimés avec une ampoule à vide conforme à l'invention.

[0033] La mise en oeuvre d'une telle couche intermédiaire discontinue permet en outre de limiter les coûts de fabrication d'une ampoule à vide puisque le silicone particulier utilisé pour la réalisation de cette couche intermédiaire peut n'être localisé que sur la surface externe des parties métalliques de la chambre, ces parties étant celles qui sont à l'origine de la formation des fissures dans la couche de surmoulage, en particulier lorsque ces parties métalliques de la chambre

présentent des parties saillantes, c'est-à-dire des éléments faisant saillie de ces parties métalliques.

[0034] Toutefois, rien n'interdit d'envisager que la couche intermédiaire recouvre également une partie de la surface externe de la chambre étanche, et notamment une partie de la surface externe du corps cylindrique située dans la continuité de la surface externe de ces éléments métalliques, sans toutefois recouvrir l'intégralité de la surface externe de la chambre étanche, pour des raisons évidentes de coût.

[0035] Un tel silicone compressible a notamment été décrit dans les documents US 5,750,581 et EP 0 971 369, respectivement référencés **[3]** et **[4]** et dont l'intégralité des contenus respectifs est ici incorporée par référence.

[0036] Dans une variante avantageuse de l'invention, les corps creux sont des microsphères qui présentent, par exemple, un diamètre moyen compris entre 1 μm et 800 μm , avantageusement entre 10 μm et 80 μm .

[0037] Le matériau thermoplastique de l'enveloppe des corps creux est choisi de telle sorte qu'il permette d'emprisonner des bulles de gaz.

[0038] De tels corps creux, ou microsphères, sont notamment disponibles auprès de la société AkzoNobel sous la dénomination commerciale Expancel®DE. On pourra en particulier mettre en oeuvre les microsphères de référence commerciale Expancel®920 DET 40 d25.

[0039] Un silicone compressible parmi plusieurs disponibles est notamment commercialisé par la société Wacker sous la dénomination commerciale Elastosil®RT 713.

[0040] Dans une variante particulièrement avantageuse de l'invention, l'interface entre le revêtement diélectrique et la surface externe de la chambre est étanche. Il n'y a, par conséquent, aucun espace libre entre la surface externe de la chambre et la couche intermédiaire, entre la couche intermédiaire et la couche de surmoulage ainsi qu'entre la surface externe de la chambre qui, n'étant pas en contact avec la couche intermédiaire discontinue, l'est avec la couche de surmoulage.

[0041] Une telle interface est notamment obtenue avec une excellente adhérence entre le revêtement diélectrique et la surface externe de la chambre, ce qui se traduit par l'absence d'espaces résiduels entre ce revêtement et cette surface externe susceptibles de contenir de l'air. Une telle interface étanche contribue au renforcement de la tenue thermomécanique de l'ampoule à vide selon l'invention.

[0042] L'ampoule à vide comprend une chambre étanche et deux contacts électriques mobiles relativement l'un à l'autre. La chambre étanche de l'ampoule à vide, dans laquelle règne une basse pression, comprend un corps cylindrique en matériau diélectrique et deux couvercles métalliques qui ferment ce corps cylindrique à ses extrémités. Les liaisons entre les couvercles métalliques et le corps cylindrique sont avantageusement réalisées par soudage ou par brasage. Chacun des couvercles de la chambre est relié à l'un des contacts électriques mentionnés ci-dessus. De préférence, l'un des deux contacts électriques est fixe tandis que l'autre est mobile. La mobilité de ce contact électrique est assurée par un soufflet métallique qui assure également l'étanchéité de la chambre étanche.

[0043] L'ampoule à vide peut comprendre en outre au moins un écran métallique de protection disposé à l'intérieur de la chambre étanche et fixé à cette chambre. Cet écran a pour rôle principal de protéger la surface interne du corps cylindrique des vapeurs de métal liquide et des projections métalliques générées par l'arc produit entre les deux contacts électriques pendant la coupure du courant électrique.

[0044] Cet écran peut être fixé mécaniquement et électriquement au couvercle métallique auquel est relié le contact électrique fixe.

[0045] Cet écran peut également être fixé mécaniquement en un point intermédiaire du corps cylindrique, sans liaison électrique avec l'un ou l'autre des couvercles métalliques.

[0046] Dans une variante avantageuse de l'invention, le corps cylindrique comprend au moins une première et une deuxième parties et l'écran métallique de protection est fixé à la chambre par des moyens de fixation interposés entre ces première et deuxième parties.

[0047] Ces moyens de fixation peuvent être formés par un épaulement de révolution réalisé sur ledit écran métallique de protection, par exemple par usinage ou par emboutissage. Ces moyens de fixation peuvent également être formés par une pièce métallique cylindrique, telle qu'un anneau circulaire, cette pièce étant brasée ou soudée sur les première et deuxième parties du corps cylindrique. On peut également se reporter au document EP 1 571 685, référencé **[5]**, qui décrit d'autres moyens de fixation d'un tel écran métallique de protection entre les première et deuxième parties du corps cylindrique de la chambre de l'ampoule à vide.

[0048] Dès lors que les moyens de fixation de l'écran métallique de protection créent une zone de discontinuité au niveau de la surface externe du corps cylindrique de la chambre de l'ampoule à vide, la couche intermédiaire du revêtement est en outre localisée sur lesdits moyens de fixation de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdits moyens de fixation.

[0049] Ainsi, dès lors qu'aucun élément métallique de l'ampoule à vide (à savoir les couvercles et, le cas échéant, les moyens de fixation de l'écran) ne se trouve en contact direct avec la couche de surmoulage, les risques de formation de fissures, voire de fractures, dans cette couche de surmoulage sont éliminés.

[0050] Le corps cylindrique de la chambre de l'ampoule à vide est en un matériau diélectrique. Ce matériau diélectrique est avantageusement de la céramique et, en particulier, de l'alumine, ce matériau pouvant être émaillé.

[0051] Les couvercles métalliques de la chambre de l'ampoule à vide peuvent notamment être en cuivre ou en inox.

[0052] Ces couvercles peuvent être conformés de manière à présenter une surface externe lisse, avec des angles émoussés ou arrondis en direction de la surface externe de la chambre.

[0053] Ces couvercles peuvent également comprendre un ou plusieurs éléments faisant saillie de ces couvercles, tels que des épaulements, plus ou moins saillants en direction de la surface externe de la chambre, de tels épaulements étant en général considérés comme constituant des bords ou zones de fragilité à l'origine de fissuration dans la couche de surmoulage. En effet, la couche intermédiaire du revêtement diélectrique étant localisée sur les parties métalliques de la chambre de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques et notamment de ces couvercles métalliques, avantageusement au moins l'intégralité de la surface externe des éléments faisant saillie de ces parties métalliques et, préférentiellement, au moins l'intégralité de cette surface externe de ces parties métalliques, ces parties saillantes ou épaulements ne génèrent pas de risque de fissuration supplémentaire. Il n'est, en conséquence, pas nécessaire de prévoir, dans la structure de l'ampoule à vide selon l'invention, l'ajout de capots de protection emboîtés sur les couvercles métalliques et protégeant leur zone de jonction avec le corps cylindrique, comme décrit dans le document WO 2009/106731, référencé [6].

[0054] La couche de surmoulage du revêtement de l'ampoule à vide selon l'invention est quant-à-elle en polymère thermodurcissable, de préférence en polymère époxyde.

[0055] L'ampoule à vide peut en outre comprendre une couche de blindage disposée sur le revêtement diélectrique. Cette couche de blindage, qui permet la mise à la terre de l'extérieur de l'ampoule à vide, est une couche réalisée en un matériau électriquement conducteur selon les procédés et dispositifs connus.

[0056] L'invention se rapporte, en deuxième lieu, un dispositif de coupure de courant électrique moyenne tension.

[0057] Selon l'invention, ce dispositif de coupure de courant électrique comprend au moins une ampoule à vide telle que définie ci-dessus, et notamment une ampoule à vide surmoulée, ses caractéristiques avantageuses pouvant être prises seules ou en combinaison. L'ampoule est raccordée, par l'intermédiaire de ses deux contacts électriques, aux connexions électriques dudit dispositif de coupure de courant électrique.

[0058] Ce dispositif de coupure de courant électrique peut notamment être un pôle de disjoncteur, ou un interrupteur, à moyenne tension.

[0059] L'invention se rapporte, en troisième lieu, à un pôle de disjoncteur comprenant un assemblage formé d'une ampoule à vide telle que définie ci-dessus, et notamment une ampoule à vide surmoulée, ses caractéristiques avantageuses pouvant être prises seules ou en combinaison, et de deux connexions électriquement conductrices, ledit assemblage étant revêtu par la couche de surmoulage et, le cas échéant, par la couche de blindage.

[0060] L'invention se rapporte, en quatrième lieu, à un procédé de fabrication d'une ampoule à vide telle que définie ci-dessus et dont les caractéristiques avantageuses peuvent être prises seules ou en combinaison.

[0061] En particulier, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'une ampoule à vide comprenant une chambre étanche, deux contacts électriques mobiles relativement l'un à l'autre et éventuellement au moins un écran métallique de protection disposé à l'intérieur de la chambre et fixé à cette dernière, ladite chambre comprenant un corps cylindrique en un matériau diélectrique fermé à ses extrémités par deux couvercles métalliques, chacun de ces couvercles étant relié à l'un des contacts électriques, ladite ampoule à vide comprenant en outre un revêtement diélectrique qui recouvre la surface externe de la chambre.

[0062] Selon l'invention, ce procédé comprend les étapes successives suivantes :

(a) l'assemblage de la chambre étanche et des deux contacts électriques,

(b) le dépôt, discontinu et localisé sur les parties métalliques de ladite chambre de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques, d'une composition d'élastomère de silicone comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique, puis la réticulation de cette composition de manière à former, sur la surface externe de la chambre, la couche intermédiaire en silicone, et

(c) le moulage par injection, notamment au moyen du procédé de gélification sous pression automatique, du matériau synthétique, le matériau synthétique étant un polymère époxyde, de manière à former la couche de surmoulage, la couche intermédiaire et la couche de surmoulage formant le revêtement diélectrique de l'ampoule à vide.

[0063] Selon un mode de réalisation avantageux du procédé de l'invention, la composition d'élastomère de silicone comprend en outre un agent de réticulation, la réticulation de l'étape (b) étant obtenue par vulcanisation à chaud, par chauffage de ladite composition d'élastomère de silicone.

[0064] Selon un autre mode de réalisation du procédé de l'invention, la réticulation de l'étape (b) est obtenue par vulcanisation à froid, par mise en contact à température ambiante de la composition d'élastomère de silicone avec un agent de réticulation, le cas échéant, en présence d'un catalyseur.

[0065] Aussi, et contrairement au procédé actuel de fabrication d'une ampoule à vide, le procédé selon l'invention ne met pas en oeuvre d'étape de moulage par injection d'un élastomère de silicone liquide pour réaliser la couche inter-

médiaire en silicone. La réalisation de la couche intermédiaire n'impliquant pas l'application de pressions élevées, préjudiciables à certaines configurations de couvercles métalliques de la chambre de l'ampoule à vide, le procédé selon l'invention peut être envisagé pour la fabrication de tout type d'ampoule à vide, quels que soient la forme, les dimensions et/ou le métal constitutif des couvercles de la chambre étanche de cette ampoule à vide.

[0066] Le dépôt de la composition d'élastomère de silicone peut, par exemple, être fait au moyen d'un pistolet.

[0067] Ce dépôt est en outre localisé sur les parties métalliques de la chambre étanche de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques.

[0068] Ce dépôt est avantageusement localisé de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe des éléments faisant saillie de ces parties métalliques et, préférentiellement, de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdites parties métalliques.

[0069] La quantité de la composition d'élastomère de silicone est donc nécessairement réduite par rapport à la quantité nécessaire pour la réalisation d'une couche intermédiaire continue dans le procédé actuel de fabrication d'une ampoule à vide.

[0070] Rien n'interdit d'envisager, après l'étape (a) et avant l'étape (b), l'application d'une couche de primaire d'accrochage sur la surface externe de la chambre de l'ampoule à vide pour améliorer, s'il en était besoin, l'adhérence de la couche intermédiaire et/ou de la couche de surmoulage à cette surface externe.

[0071] Selon une variante, le procédé de fabrication d'une ampoule à vide selon l'invention comprend en outre, lors de l'étape (a), la mise en place d'au moins un écran métallique de protection dans la chambre, cet écran étant fixé à cette dernière par des moyens de fixation, l'étape (b) comprenant en outre le dépôt de ladite composition d'élastomère de silicone sur les moyens de fixation, de préférence de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdits moyens de fixation.

[0072] L'invention se rapporte, en cinquième lieu, à un procédé de fabrication d'un pôle de disjoncteur tel que décrit ci-dessus, ce pôle de disjoncteur comprenant un assemblage formé d'une ampoule à vide telle que définie ci-dessus et dont les caractéristiques avantageuses peuvent être prises seules ou en combinaison, et de deux connexions électriquement conductrices, ledit assemblage étant revêtu par la couche de surmoulage.

[0073] Selon l'invention, ce procédé de fabrication d'un pôle de disjoncteur comprend les étapes successives suivantes :

(a) l'assemblage de l'ampoule à vide comprenant la chambre étanche et les deux contacts électriques,

(b) le dépôt, discontinu et localisé sur les parties métalliques de ladite chambre de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques, d'une composition d'élastomère de silicone comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique, puis la réticulation de cette composition de manière à former, sur la surface externe de la chambre, la couche intermédiaire en silicone, et

(c) le moulage par injection, notamment au moyen du procédé de gélification sous pression automatique, sur la surface externe de l'assemblage et des deux connexions électriquement conductrices, du matériau synthétique, le matériau synthétique étant un polymère époxyde, de manière à former la couche de surmoulage, le procédé comprenant en outre une étape d'assemblage de l'ampoule vide et des deux connexions électriquement conductrices, cette étape étant mise en oeuvre

- soit lors de l'étape de (a),
- soit entre les étapes (b) et (c).

[0074] Comme indiqué précédemment pour le procédé de fabrication d'une ampoule à vide, selon un mode de réalisation avantageux du procédé de fabrication d'un pôle de disjoncteur selon l'invention, la composition d'élastomère de silicone comprend en outre un agent de réticulation, la réticulation de l'étape (b) étant obtenue par vulcanisation à chaud, par chauffage de ladite composition d'élastomère de silicone.

[0075] Selon un autre mode de réalisation du procédé de l'invention, la réticulation de l'étape (b) est obtenue par vulcanisation à froid, par mise en contact à température ambiante de la composition d'élastomère de silicone avec un agent de réticulation, le cas échéant, en présence d'un catalyseur.

[0076] Comme également indiqué précédemment, le dépôt de l'étape (b) est avantageusement localisé de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe des éléments faisant saillie de ces parties métalliques et, préférentiellement, de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdites parties métalliques.

[0077] L'assemblage de l'ampoule à vide et des deux connexions électriquement conductrices pour former le pôle de disjoncteur impose des angles et des changements de section importants entre les différents éléments constitutifs de ce pôle, en particulier au niveau de la connexion électriquement conductrice reliée au contact électrique fixe de l'ampoule à vide. Or, de tels angles et changements de section peuvent avoir une incidence directe sur la tenue thermomécanique du pôle de disjoncteur ainsi constitué.

[0078] Le procédé de fabrication d'un pôle de disjoncteur conforme à l'invention permet de fabriquer un pôle de disjoncteur dont les contraintes structurelles imposées par sa forme finale sont prises en compte.

[0079] La réalisation de la couche de surmoulage en dernier lieu, après l'assemblage des différents éléments constitutifs du pôle de disjoncteur parmi lesquels l'ampoule à vide surmoulée caractérisée par sa couche intermédiaire particulière, discontinue et localisée en un silicone comprenant des corps creux compressibles tels que définis ci-avant, permet de répondre aux contraintes thermomécaniques engendrées par la fabrication du pôle de disjoncteur ainsi qu'à celles engendrées par son utilisation, en particulier lorsqu'il est soumis à d'importantes sollicitations thermiques.

[0080] Selon une variante, le procédé de fabrication d'un pôle de disjoncteur selon l'invention comprend en outre, lors de l'étape (a), la mise en place d'au moins un écran métallique de protection dans la chambre, cet écran étant fixé à cette dernière par des moyens de fixation, l'étape (b) comprenant en outre le dépôt de ladite composition d'élastomère de silicone sur les moyens de fixation, de préférence de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdits moyens de fixation.

[0081] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui se rapporte à deux dispositifs de coupure d'un courant électrique, en l'espèce des pôles de disjoncteur, dont l'un comprend une ampoule à vide selon l'invention.

[0082] Cette description détaillée fait également référence à un procédé de fabrication d'une ampoule à vide surmoulée conforme à l'invention.

[0083] Par ailleurs, cette description comprend une évaluation de la résistance à la fissuration et de la tenue diélectrique de trois ampoules à vide surmoulées, dont une conforme à l'invention, avant et après des sollicitations thermiques.

[0084] Cette description détaillée, qui se réfère notamment aux figures 1 à 4 telles qu'annexées, est donnée à titre d'illustration et en aucun cas, à titre de limitation.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0085]

La figure 1 représente une vue schématique en coupe longitudinale d'un dispositif de coupure d'un courant électrique, en l'espèce un pôle de disjoncteur, comprenant une ampoule à vide conforme à l'invention.

La figure 2 illustre les cycles thermiques à chaud auxquels ont été soumises les ampoules à vide qui ont été évaluées.

La figure 3 illustre les cycles thermiques à froid auxquels ont été soumises les ampoules à vide qui ont été évaluées.

La figure 4 illustre les cycles thermiques alternatifs auxquels ont été soumises les ampoules à vide qui ont été évaluées.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Dispositif de coupure d'un courant électrique

[0086] Sur la figure 1, on a représenté un pôle de disjoncteur 1.

[0087] Ce pôle de disjoncteur 1 est formé par l'assemblage d'une ampoule à vide 2 et de deux connexions électriquement conductrices, une connexion inférieure 3 et une connexion supérieure 3'.

[0088] L'ampoule à vide 2 comprend une chambre étanche 4 dans laquelle règne de préférence une basse pression contrôlée d'air ou d'un autre fluide diélectrique, également appelée "vide".

[0089] La chambre étanche 4 comprend un corps cylindrique 5, formé par deux parties 5a et 5b réalisées en un matériau diélectrique, avantageusement en céramique, notamment en alumine, la céramique pouvant éventuellement être émaillée. Ce matériau du corps cylindrique 5 pourrait également être en verre.

[0090] Le corps cylindrique 5 est fermé à ses extrémités par des couvercles métalliques 6, 6' qui sont solidarisés de façon étanche au corps cylindrique 5, par exemple par brasure ou par soudure.

[0091] Les couvercles métalliques 6, 6' peuvent présenter des bords saillants 6a, 6'a s'étendant à partir de leur surface externe respective.

[0092] La chambre 4 comprend en outre deux contacts électriques 7, 7' mobiles relativement l'un à l'autre et le long de l'axe de l'ampoule à vide 1. De manière classique, le contact électrique 7' est fixe et solidaire du couvercle métallique 6' tandis que le contact électrique 7 est mobile axialement et relié au couvercle métallique 6. Pour permettre le déplacement du contact électrique 7 mobile tout en conservant l'étanchéité dans la chambre étanche 4, un soufflet d'étanchéité 8 est disposé.

[0093] La chambre étanche 4 comprend en outre un écran métallique de protection 9 disposé à l'intérieur de la chambre étanche 4 et fixé à cette dernière, et dont la fonction est de protéger le corps cylindrique 5 des vapeurs de métal liquide et des projections métalliques issues de la phase d'arc produite entre les contacts électriques 7, 7' pendant la coupure du courant électrique. L'écran métallique de protection 9 est supporté par un anneau circulaire 10 fixé, par exemple par

brasure, entre les parties 5a et 5b du corps cylindrique 5.

[0094] Selon l'invention, le pôle de disjoncteur 1 est revêtu par un revêtement diélectrique 12 comprenant deux couches, une couche intermédiaire 13 et une couche de surmoulage 14 en un matériau synthétique. La couche de surmoulage 14 est disposée sur la couche intermédiaire 13, de telle sorte qu'il ne subsiste pas d'espace libre entre cette

couche intermédiaire 13 et cette couche de surmoulage 14. On dit que l'interface entre le revêtement diélectrique 12 et la surface externe de la chambre 4 est étanche.

[0095] La couche intermédiaire 13 est une couche discontinue et localisée sur les parties métalliques de la chambre étanche 4 de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques. Avantagusement, au moins les parties saillantes des parties métalliques sont entièrement recouvertes, ainsi que les bords desdites parties

métalliques en jonction avec le matériau diélectrique du corps cylindrique 5.

[0096] Sur la figure 1, la couche intermédiaire 13 recouvre au moins partiellement la surface externe des parties métalliques 6, 6' et 10. Ainsi, la couche intermédiaire 13 est localisée sur la surface externe des couvercles métalliques 6, 6' ainsi que sur la surface externe de l'anneau circulaire 10 de l'écran métallique de protection 9, c'est-à-dire au niveau des surfaces ou zones de la couche de surmoulage 14 qui sont sensibles à la fissuration.

[0097] En effet, les surfaces externes métalliques de la chambre étanche 4 et, en particulier celles des parties saillantes 6a, 6'a des couvercles métalliques 6, 6', étant recouvertes par la couche intermédiaire 13, elles ne sont plus en contact direct avec la couche de surmoulage 14. Les risques de fissuration de la couche de surmoulage 14 par ces surfaces externes métalliques, dont celles des parties saillantes 6a, 6'a, sont, par conséquent, supprimés.

[0098] Par ailleurs, il est important de noter que cette couche intermédiaire 13 est réalisée en un silicone particulier. En effet, ce silicone comprend des corps creux qui sont compressibles et qui comprennent une enveloppe en un matériau thermoplastique.

[0099] Aussi, la mise en oeuvre d'un tel silicone, que l'on peut qualifier de "compressible", permet de former un revêtement diélectrique 12 dont la couche intermédiaire 13 peut absorber les variations de dilatation thermique entre les éléments métalliques (couvercles 6, 6' et anneau circulaire 10) de la chambre étanche 4 et la couche de surmoulage 14 et ce, sans expansion du volume que cette couche intermédiaire 13 occupe au sein du revêtement diélectrique 12. En effet, la dilatation de la couche intermédiaire 13 est en quelque sorte "absorbée" par les corps creux présents dans le silicone. Par conséquent, sous l'effet des sollicitations thermiques auxquelles peut être soumis le pôle de disjoncteur 1, on n'observe aucune formation de fissures dans la couche de surmoulage 14.

[0100] A l'inverse, la mise en oeuvre d'un silicone de nature non compressible, tel que décrit dans les documents **[1]** et **[2]**, dans une telle couche intermédiaire de revêtement diélectrique ne permet pas de supprimer le risque de fissuration dans la couche de surmoulage d'un tel revêtement. En effet, sous l'effet des mêmes sollicitations thermiques, la couche intermédiaire en se dilatant engendre des contraintes thermomécaniques, non seulement sur la couche de surmoulage, mais également sur le corps cylindrique, provoquant un double risque de fissuration, voire de fracture, de la couche de surmoulage et de la céramique de la chambre étanche, avec la perte de vide inhérente.

[0101] Le revêtement diélectrique 12 peut lui-même être recouvert par une couche électriquement conductrice, dite de blindage (non illustrée).

Procédé de fabrication d'une ampoule à vide conforme à l'invention

[0102] On va maintenant décrire un procédé de fabrication d'une ampoule à vide, ce procédé étant conforme à l'invention.

[0103] On a utilisé une ampoule à vide déjà assemblée, de référence Schneider Electric VG3-I disponible commercialement.

[0104] Une telle ampoule à vide comprend une chambre étanche, deux contacts électriques et un écran métallique de protection mais est dépourvue de revêtement diélectrique. La chambre étanche de cette ampoule à vide est formée d'un corps cylindrique comprenant deux parties en céramique et fermée par deux couvercles métalliques présentant des bords saillants. La chambre étanche comprend en outre un anneau métallique cylindrique solidarisé avec les deux parties en céramique, cet anneau constituant le support de l'écran métallique de protection.

[0105] Après un éventuel nettoyage préalable de l'ampoule à vide, par exemple au moyen d'isopropanol, afin d'éliminer toute trace résiduelle de corps étrangers (corps gras, poussières...), on procède au dépôt, sur la surface externe des couvercles métalliques de la chambre et sur la surface externe de l'anneau métallique cylindrique constituant le support de l'écran métallique de protection, de cordons ou bandes d'un élastomère de silicone dit "à haute compressibilité" et commercialisé par la société Wacker sous la dénomination commerciale Elastosil®RT 713. Ce dépôt est réalisé de telle sorte que l'intégralité de la surface externe des couvercles métalliques ainsi que l'intégralité de la surface externe de l'anneau métallique cylindrique soient recouvertes par l'élastomère de silicone. Ces cordons de silicone se présentent sous la forme de tore tronqué dont le rayon est supérieur ou égal à 3 mm.

[0106] Un tel dépôt sur les surfaces métalliques de la chambre étanche permet de couvrir l'ensemble des zones ou parties métalliques de la surface externe de cette chambre étanche et ce faisant, de revêtir les éventuels bords saillants

des couvercles métalliques ainsi que le "point triple" de la céramique, le point triple correspondant à la zone de jonction entre les deux parties en céramique du corps cylindrique et l'anneau métallique cylindrique.

[0107] On pourrait tout à fait envisager que les parties métalliques ne soient que partiellement recouvertes par la couche intermédiaire. En particulier, les zones ou parties métalliques ne présentant pas d'angle saillant ne nécessitent pas d'être impérativement revêtues.

[0108] Grâce à un tel dépôt localisé, on évite toute amorce de rupture que pourraient provoquer, dans la couche de surmoulage, les contraintes exercées par les éléments métalliques de la chambre, et notamment les éventuels bords saillants des couvercles, si ces éléments métalliques étaient surmoulés directement avec un polymère époxyde, ou si on l'utilisait un silicone non compressible.

[0109] Avantagusement, le dépôt peut être réalisé de telle sorte que les zones ou parties de la surface externe du corps cylindrique, qui jouxtent ces surfaces métalliques formées par les couvercles métalliques et l'anneau cylindrique métallique, soient également recouvertes par cet élastomère de silicone. Même si le cas de figure est envisageable, il n'y a toutefois aucun intérêt à déposer une couche intermédiaire continue sur l'intégralité de la surface externe du corps cylindrique, notamment pour des raisons économiques.

[0110] L'ampoule à vide revêtue des cordons d'élastomère de silicone est ensuite de nouveau nettoyée, par exemple au moyen d'isopropanol, afin d'éliminer les corps étrangers et ainsi d'améliorer l'adhérence ultérieure de la couche de surmoulage. Elle est ensuite déposée dans un four à une température comprise entre 160°C et 170° pendant 2 heures, pour permettre la réticulation de l'élastomère de silicone.

[0111] Après retrait du four, l'ampoule à vide revêtue des cordons ou bandes de silicone est placée dans un moule qui est alors fermé et dont la température est portée puis maintenue à 150°C tout au long du cycle de moulage ; les dimensions du moule sont telles que le remplissage de l'espace restant entre l'ampoule à vide et le moule avec le matériau choisi permette d'obtenir une couche de surmoulage compacte, d'épaisseur souhaitée.

[0112] On procède alors au moulage par injection, de préférence au moyen du procédé de gélification sous pression automatique, pour former la couche de surmoulage.

[0113] Pour ce faire, on injecte, sous une pression d'injection comprise entre 1 bar et 1,5 bar environ, un mélange comprenant des monomères époxyde, un durcisseur et une charge minérale, mélange qui est commercialisé par la société Huntsman, sous la dénomination commerciale Araldite®CY 225/HY 225 (durcisseur)/farine de silice, et dans lequel ces composés sont dans des proportions pondérales respectives de 100/80/270. On applique alors une pression dite "de gélification" de 6 bar maximum pendant un temps de cycle de 22 min, avant ouverture du moule et extraction de l'ampoule à vide. La post-cuisson de l'ampoule à vide surmoulée comprenant la chambre, les contacts électriques et le revêtement diélectrique formé de la couche intermédiaire et de la couche de surmoulage est assurée par un chauffage du moule à 145°C pendant 220 min, puis à 130°C pendant 44 min puis enfin à 80°C pendant 44 min.

Evaluation de la résistance à la fissuration et de la tenue diélectrique d'ampoules à vide avant et après sollicitations thermiques

[0114] Les tests qui ont été conduits visent à évaluer la résistance à la fissuration de la couche de surmoulage et de la chambre étanche de trois ampoules à vide, dont une conforme à l'invention, ainsi que la tenue diélectrique de ces ampoules à vide avant et après la réalisation de différents cycles thermiques.

[0115] Pour évaluer la résistance à la fissuration de la couche de surmoulage réalisée en polymère époxyde et de la chambre étanche de ces trois ampoules à vide, on a utilisé des ampoules à vide déjà assemblées, de référence Schneider Electric VG2 disponible commercialement.

[0116] Ces ampoules à vide présentent deux couvercles métalliques, sur lesquels ont été déposées successivement une couche intermédiaire discontinue et localisée selon les caractéristiques de l'invention puis une même couche de surmoulage en polymère époxyde. Si pour ces trois ampoules à vide, la couche de surmoulage est identique tant en composition qu'en épaisseur, la couche intermédiaire de même épaisseur a, quant à elle, été réalisée à partir de trois silicones différents.

[0117] Les matériaux utilisés pour la réalisation des couches intermédiaires et de surmoulage sont les suivants :

Couche intermédiaire

[0118]

- silicone compressible de référence Elastosil®RT 713 de la société Wacker, portant la référence Silicone-1 dans les tableaux ci-dessous, pour la réalisation d'une ampoule à vide conforme à l'invention,
- silicone non compressible de référence Rhodorsil®RTV 3428 de la société Rhodia, silicone portant la référence Silicone-2 dans les tableaux ci-dessous, pour la réalisation d'une ampoule à vide selon l'art antérieur,
- silicone non compressible de référence Silicomat®AS 310 de la société Henkel, silicone portant la référence Silicone-

EP 2 835 812 A1

3 dans les tableaux ci-dessous, pour la réalisation d'une ampoule à vide selon l'art antérieur.

Couche de surmoulage

[0119] Le mélange formé de 100 pp de résine Araldite®CY 5824-CI commercialisée par la société Huntsman Advanced Materials, de 80 pp de durcisseur Aradur®HY 5924-CI également commercialisé par la société Huntsman Advanced Materials et de 300 pp de silice Silbond®W12EST commercialisée par la société Quartzwerke Gruppe, a été utilisé.

[0120] Les mesures conduites et les paramètres associés, ces paramètres étant définis dans une norme CEI, sont les suivants :

- on applique une tension de 44 kV pendant 60 s à une fréquence de 50 Hz, ce qui correspond à la valeur dite de "tenue à la fréquence industrielle" et notée "PFW" (Power Frequency Withstand en anglais) dans les tableaux 3 à 5 ci-après ;
- on mesure le niveau de décharge partielle, notée "DP" dans les tableaux 3 à 5 ci-après, à 20 kVrms lors de la descente de 44 kV : les valeurs obtenues en pC (pico Coulombs) sont reportées dans le tableau 1 ; et
- la distance entre la tôle métallique reliée à la terre et l'axe des pôles est de 110 mm.

[0121] Différents cycles thermiques ont été conduits. Les variations de températures (T) en fonction du temps (t) appliquées au rythme de 2°C par minute sont données dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous et illustrées aux figures 2 et 3, respectivement, la température ambiante (Tamb) étant en outre précisée sur ces figures.

Tableau 1

Cycles à chaud	Durée (h)	Observations
Cycle à 50°C	8	OK
Cycle à 70°C	16	OK
Cycle à 90°C	8	OK
Cycle à 110°C	16	OK

[0122] Dans la colonne "Observations", l'expression "OK" signifie qu'aucune des ampoules à vide testées n'a été dégradée sous l'effet des cycles thermiques dits "à chaud", qui correspondent à des montées de la température de l'environnement, conformément au tableau 1 ci-dessus et illustré à la figure 2.

Tableau 2

Cycles à froid	Durée (h)	Observations
Cycle à -10°C	8	OK à l'exception de Silicone-3
Cycle à -20°C	16	OK
Cycle à -30°C	8	OK
Cycle à -40°C	16	OK

[0123] On observe, qu'à l'exception de l'ampoule à vide dont la couche intermédiaire est réalisée avec le Silicone-3 qui s'est fissurée dès le premier cycle à -10°C, les ampoules à vide comprenant le Silicone-1 et le Silicone-2 ne se sont pas dégradées sous l'effet des cycles thermiques dits "à froid", correspondant à des baisses de la température de l'environnement, conformément au tableau 2 ci-dessus et illustré à la figure 3.

[0124] Des cycles thermiques dits "alternatifs" ont été également conduits. Des variations de températures situées entre -40°C et 90°C sont illustrées à la figure 4.

[0125] On note qu'au bout de 4 cycles alternatifs successifs, l'ampoule à vide dont la couche intermédiaire est réalisée avec le Silicone-2 présente des fissures, ce qui n'est pas le cas de l'ampoule à vide selon l'invention, qui comporte une couche intermédiaire de Silicone-1.

[0126] Les mesures de PFW (tenue à la fréquence industrielle), SA (seuil d'allumage), de SE (seuil d'extinction) et DP (décharge partielle) relevées, avant l'application de différents cycles thermiques, sont reportées dans le tableau 3 ci-après, les conditions de mesure étant les suivantes : température de 23,6°C, pression de 1024 mbar et humidité relative de 32,7% :

EP 2 835 812 A1

Tableau 3

Position des contacts électriques	Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique fixe		Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique mobile		Position fermée	
Silicone	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)
Silicone-1 (selon l'invention)	PFW : OK SA>44 kVrms SE>44 kVrms	<5	PFW : OK SA>44 kVrms SE>44 kVrms	<5	PFW : OK SA=28 kVrms SE=22 kVrms	<5
Silicone-2 (selon l'état de la technique)	PFW : OK SA>44 kVrms SE>44kVrms	<5	PFW : OK SA>44 kVrms SE>44 kVrms	<5	PFW : OK SA=29 kVrms SE=29 kVrms	<5
Silicone-3 (selon l'état de la technique)	PFW : OK SA=39 kVrms SE=36 kVrms	<5	PFW : pas OK(*) SA=41 kVrms SE=29 kVrms	<5	PFW : OK SA=30 kVrms SE=26 kVrms	<5

(*) Dans cette position, la mesure PFW pour l'ampoule à vide comprenant la couche intermédiaire en Silicone-3 peut au maximum être de 41 kVrms. Au-delà de cette valeur, se produit un amorçage dans l'ampoule à vide qui ne remet pas en cause l'isolation électrique de la couche de surmoulage.

[0127] Les mesures de PFW, SA, SE et DP relevées, après l'application des cycles thermiques chauds puis froids effectués selon le profil représenté aux figures 2 et 3, c'est-à-dire 8 h à 50°C, 16 h à 70°C, 8 h à 90°C, 16 h à 110°C, puis 8 h à -10°C, 16 h à -20°C, 8 h à -30°C, 16 h à -40°C, sont reportées dans le tableau 4 ci-après, les conditions de mesure étant les suivantes : température de 22,6°C, pression de 999,6 mbar et humidité relative de 31,9% :

Tableau 4

40	Position des contacts électriques	Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique fixe		Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique mobile		Position fermée	
		PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)
45	Silicone-1 (selon l'invention)	PFW : OK	<5	PFW : OK	<5	PFW : OK	<5
50		SA>44 kVrms SE>44 kVrms		SA>44 kVrms SE>44 kVrms		SA=23 kVrms SE=23 kVrms	
55	Silicone-2 (selon l'état de la technique)	PFW : OK	<5	PFW : OK	<5	PFW : OK	<5
		SA>44 kVrms SE>44kVrms		SA>44 kVrms SE>44 kVrms		SA=25 kVrms SE=20 kVrms	

EP 2 835 812 A1

(suite)

5	Position des contacts électriques	Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique fixe		Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique mobile		Position fermée	
	Silicone	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)
10	Silicone-3 (selon l'état de la technique)	Ampoule à vide fissurée					

[0128] On observe que seules les ampoules à vide comprenant la couche intermédiaire en Silicone-1 et en Silicone-2 ont résisté à la fissuration et ont présenté une tenue diélectrique satisfaisante après les cycles thermiques chauds puis froids.

15 **[0129]** Les mesures de PFW, SA, SE et DP relevées, après l'application des cycles thermiques alternatifs selon le profil représenté à la figure 4, sont reportées dans le tableau 5 ci-après, les conditions de mesure étant les suivantes : température de 23,7°C, pression de 1019,2 mbar et humidité relative de 35,8% :

Tableau 5

20	Position des contacts électriques	Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique fixe		Position ouverte Tension appliquée sur le contact électrique mobile		Position fermée	
25	Silicone	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)	PFW, SA, SE	DP (pC)
30	Silicone-1 (selon l'invention)	PFW : OK SA>44 kVrms SE>44 kVrms	<5	PFW : OK SA>44 kVrms SE>44 kVrms	<5	PFW : OK SA=28 kVrms SE=24 kVrms	<5
35	Silicone-2 (selon l'état de la technique)	Ampoule à vide fissurée					
	Silicone-3 (selon l'état de la technique)	Ampoule à vide fissurée					

40 **[0130]** On observe que seule l'ampoule à vide conforme à l'invention comprenant la couche intermédiaire en Silicone-1 a résisté à la fissuration et a présenté une tenue diélectrique satisfaisante après les cycles thermiques alternatifs.

BIBLIOGRAPHIE

[0131]

- 45 [1] EP 0 866 481 A2
- [2] US 5,917,167
- 50 [3] US 5,750,581
- [4] EP 0 971 369 A1
- [5] EP 1 571 685 A1
- 55 [6] WO 2009/106731 A2

Revendications

1. Ampoule à vide (1) comprenant une chambre étanche (4) et deux contacts électriques (7, 7') mobiles relativement l'un à l'autre, ladite chambre (4) comprenant un corps cylindrique (5) en un matériau diélectrique fermé à ses extrémités par deux couvercles métalliques (6, 6'), chacun de ces couvercles (6, 6') étant relié à l'un des contacts électriques (7, 7'), ladite ampoule à vide (1) comprenant en outre un revêtement diélectrique (12) qui recouvre la surface externe de la chambre (4), ce revêtement (12) comprenant au moins deux couches, la première couche dite couche de surmoulage (14) étant réalisée en un matériau synthétique et une deuxième couche dite couche intermédiaire (13) étant réalisée en silicone, ladite couche intermédiaire (13) étant interposée entre la surface externe de la chambre (4) et la couche de surmoulage (14), **caractérisée en ce que** la couche intermédiaire (13) est discontinue et localisée sur les parties métalliques de la chambre (4) de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques (6, 6'), le silicone de la couche intermédiaire (13) comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique.
2. Ampoule à vide (1) selon la revendication 1, dans laquelle les corps creux sont des microsphères présentant un diamètre moyen compris entre 1 μm et 800 μm , avantageusement entre 10 μm et 80 μm .
3. Ampoule à vide (1) selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle l'interface entre le revêtement diélectrique (12) et la surface externe de la chambre (4) est étanche.
4. Ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre au moins un écran métallique de protection (9) disposé à l'intérieur de la chambre (4) et fixé à cette dernière.
5. Ampoule à vide (1) selon la revendication 4, dans laquelle le corps cylindrique (5) comprend au moins une première et une deuxième parties (5a, 5b) et l'écran métallique de protection (9) est fixé à la chambre (4) par des moyens de fixation (10) interposés entre ces première et deuxième parties (5a, 5b), la couche intermédiaire (13) étant en outre localisée sur lesdits moyens de fixation (10) de manière à recouvrir au moins l'intégralité de la surface externe desdits moyens de fixation (10).
6. Ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le corps cylindrique (5) est en céramique, avantageusement en alumine, éventuellement émaillée.
7. Ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la couche de surmoulage (14) est en polymère thermodurcissable, de préférence en polymère époxyde.
8. Ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant en outre une couche de blindage disposée sur le revêtement diélectrique (12).
9. Dispositif de coupure de courant électrique moyenne tension comprenant au moins une ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
10. Pôle de disjoncteur comprenant un assemblage formé d'une ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 et de deux connexions électriquement conductrices, ledit assemblage étant revêtu par la couche de surmoulage et, le cas échéant, par la couche de blindage.
11. Procédé de fabrication d'une ampoule à vide (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant les étapes successives suivantes :
 - (a) l'assemblage de la chambre étanche (4) et des deux contacts électriques (7, 7'),
 - (b) le dépôt, discontinu et localisé sur les parties métalliques de ladite chambre (4) de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties électriques, d'une composition d'élastomère de silicone comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique, puis la réticulation de cette composition de manière à former, sur la surface externe de la chambre (4), la couche intermédiaire en silicone,
 - (c) le moulage par injection, notamment au moyen du procédé de gélification sous pression automatique, du matériau synthétique, le matériau synthétique étant un polymère époxyde, de manière à former la couche de surmoulage (14), la couche intermédiaire (13) et la couche de surmoulage (14) formant le revêtement diélectrique (12) de l'ampoule à vide (1).

12. Procédé de fabrication d'un pôle de disjoncteur selon la revendication 10, comprenant les étapes successives suivantes :

(a) l'assemblage de l'ampoule à vide (1) comprenant la chambre étanche (4) et les deux contacts électriques (7, 7'),

(b) le dépôt, discontinu et localisé sur les parties métalliques de ladite chambre (4) de manière à recouvrir au moins partiellement la surface externe de ces parties métalliques, d'une composition d'élastomère de silicone comprenant des corps creux, ces corps creux étant compressibles et ayant une enveloppe en un matériau thermoplastique, puis la réticulation de cette composition de manière à former, sur la surface externe de la chambre (4), la couche intermédiaire en silicone,

(c) le moulage par injection, notamment au moyen du procédé de gélification sous pression automatique, sur la surface externe de l'assemblage et des deux connexions électriquement conductrices, du matériau synthétique, le matériau synthétique étant un polymère époxyde, de manière à former la couche de surmoulage, le procédé comprenant en outre une étape d'assemblage de l'ampoule vide (1) et des deux connexions électriquement conductrices, cette étape étant mise en oeuvre

- soit lors de l'étape de (a),
- soit entre les étapes (b) et (c).

13. Procédé de fabrication d'une ampoule à vide (1) selon la revendication 11 ou d'un pôle de disjoncteur selon la revendication 12, comprenant en outre, lors de l'étape (a), la mise en place d'au moins un écran métallique de protection (9) dans la chambre (4) et fixé par des moyens de fixation (10), l'étape (b) comprenant en outre le dépôt de ladite composition d'élastomère de silicone sur les moyens de fixation (10).

14. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans lequel la composition d'élastomère de silicone comprend en outre un agent de réticulation, la réticulation de l'étape (b) étant obtenue par vulcanisation à chaud, par chauffage de ladite composition d'élastomère de silicone.

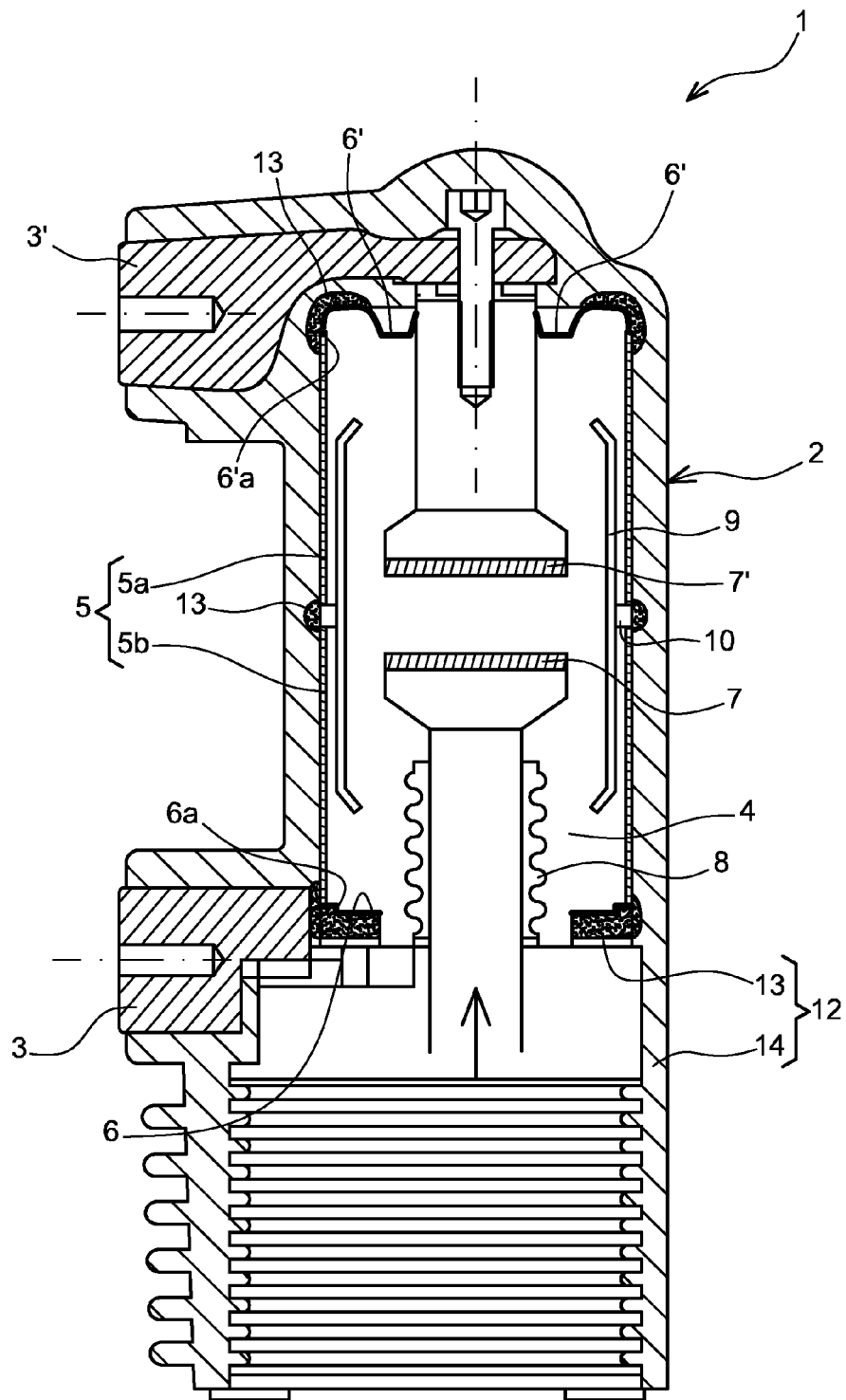
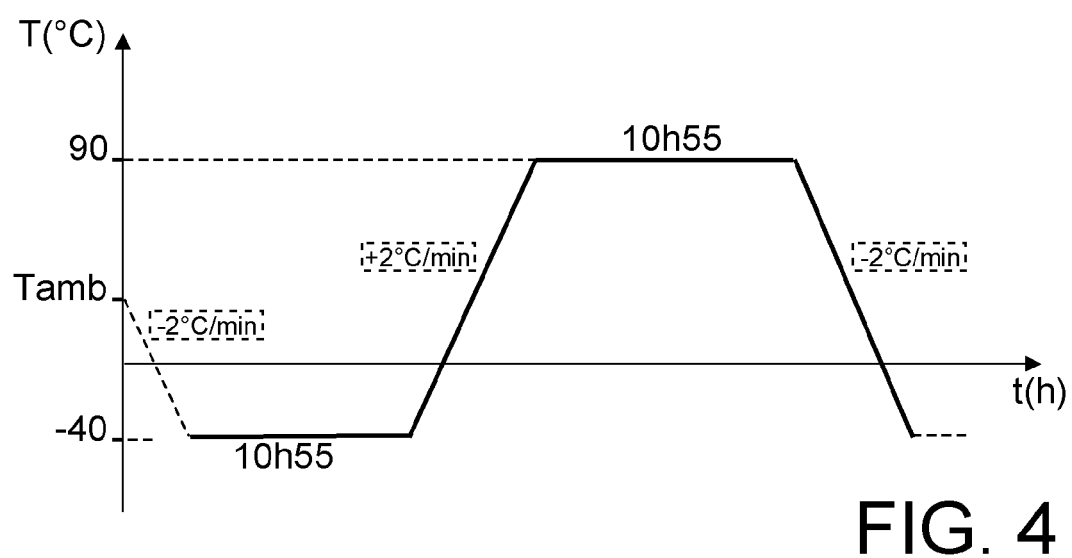
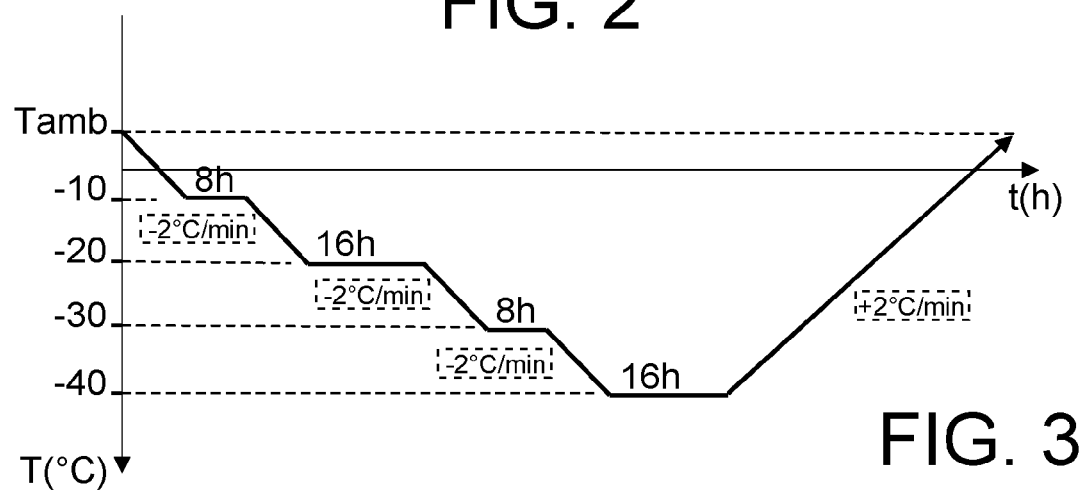
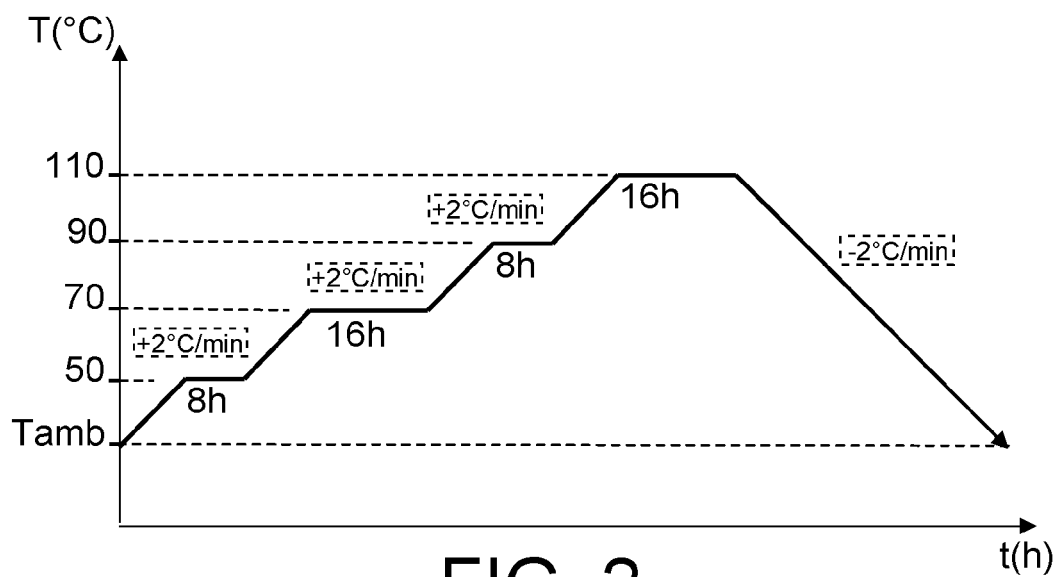


FIG. 1





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 14 18 0036

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2009/134125 A1 (INOUE NAOAKI [JP] ET AL) 28 mai 2009 (2009-05-28) * alinéas [0068] - [0070] * * figure 3 *	1-14	INV. H01H33/662
A	JP 2002 358861 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 13 décembre 2002 (2002-12-13) * abrégé; figures *	1-14	
A	US 2008/142485 A1 (GENTSCH DIETMAR [DE] ET AL) 19 juin 2008 (2008-06-19) * alinéas [0027] - [0037] * * alinéas [0045] - [0049] * * figures 1-4 *	1-14	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01H
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		16 septembre 2014	Ledoux, Serge
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 14 18 0036

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

16-09-2014

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009134125	A1	28-05-2009	CN 101410922 A	15-04-2009
			CN 103094003 A	08-05-2013
			DE 112007000724 T5	12-02-2009
			JP 4686600 B2	25-05-2011
			KR 20080094078 A	22-10-2008
			US 2009134125 A1	28-05-2009
			WO 2007116661 A1	18-10-2007

JP 2002358861	A	13-12-2002	AUCUN	

US 2008142485	A1	19-06-2008	BR PI0615368 A2	17-05-2011
			CN 101268536 A	17-09-2008
			DE 102005039555 A1	01-03-2007
			EP 1920451 A1	14-05-2008
			JP 4728396 B2	20-07-2011
			JP 2009505373 A	05-02-2009
			KR 20080047359 A	28-05-2008
			RU 2355063 C1	10-05-2009
			US 2008142485 A1	19-06-2008
			WO 2007022931 A1	01-03-2007

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 0866481 A **[0012]**
- US 5917167 A **[0015]** **[0131]**
- US 5750581 A **[0035]** **[0131]**
- EP 0971369 A **[0035]**
- EP 1571685 A **[0047]**
- WO 2009106731 A **[0053]**
- EP 0866481 A2 **[0131]**
- EP 0971369 A1 **[0131]**
- EP 1571685 A1 **[0131]**
- WO 2009106731 A2 **[0131]**