



(11)

**EP 4 579 711 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**02.07.2025 Bulletin 2025/27**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01H 37/54<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **25176668.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01H 9/106; H01H 39/006; H01H 37/761;  
H01H 39/002; H01H 2037/5463**

(22) Date de dépôt: **24.02.2022**

(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**

- **DUBOC, Sébastien, Roger, Pierre**  
**38290 La Verpillière (FR)**
- **LEMMELE, Guillaume**  
**69100 Villeurbanne (FR)**
- **OEUVRARD, Jean-François**  
**69003 Lyon (FR)**

(30) Priorité: **25.02.2021 FR 2101841**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)  
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:  
**22713867.4 / 4 298 653**

(74) Mandataire: **Lavoix**  
**62, rue de Bonnel**  
**69448 Lyon Cedex 03 (FR)**

(71) Demandeur: **Mersen France SB SAS**  
**69720 Saint-Bonnet-de-Mure (FR)**

Remarques:

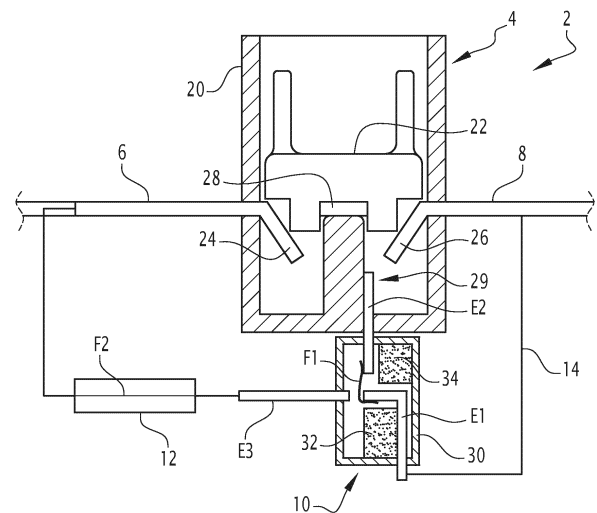
Cette demande a été déposée le 15.05.2025 comme  
demande divisionnaire de la demande mentionnée  
sous le code INID 62.

(72) Inventeurs:  
• **ANDONISSAMY, Arokiaraj**  
**69120 Vaulx-en-Velin (FR)**

(54) **APPAREIL ÉLECTRIQUE, SYSTÈME ÉLECTRIQUE DE COUPURE COMPORTANT UN TEL APPAREIL**

(57) Appareil électrique (10) comportant un corps (30) délimitant un volume intérieur fermé, une première électrode (E1), une deuxième électrode (E2) et une troisième électrode (E3), une extrémité libre de chaque électrode débouchant à l'intérieur du volume intérieur, lesdites extrémités libres de chaque électrode étant disposées, à l'intérieur du volume intérieur, à distance les unes des autres et en regard par rapport aux autres électrodes, l'appareil électrique étant configuré pour :

- interdire la circulation du courant entre la première électrode et la troisième électrode lorsque le courant électrique ou la tension électrique entre la première électrode et la deuxième électrode reste inférieur à une valeur de seuil prédéfinie ;
- lorsque ledit courant électrique ou ladite tension électrique dépasse ladite valeur de seuil, autoriser la circulation du courant entre la première électrode et la troisième électrode.



**FIG.1**

**EP 4 579 711 A2**

## Description

**[0001]** L'invention concerne un appareil électrique et un système électrique pour interrompre un courant électrique.

**[0002]** L'invention est notamment applicable au domaine de la protection électrique.

**[0003]** Pendant longtemps, les fusibles ont permis de protéger efficacement des équipements et des installations électriques contre des défauts électriques.

**[0004]** Les fusibles comportent généralement une lame fusible placée dans un boîtier rempli d'un matériau tel que de la silice. La lame est configurée pour fondre lorsque l'intensité du courant traversant le fusible dépasse une valeur prédéterminée pendant une certaine durée.

**[0005]** Certaines applications contemporaines nécessitent aujourd'hui de pouvoir interrompre un courant électrique d'intensité élevée avec un temps de réaction très rapide. C'est par exemple le cas des applications liées aux véhicules électriques ou aux panneaux photovoltaïques.

**[0006]** À cet égard, il a été proposé d'associer un coupe-circuit pyrotechnique avec un fusible classique, afin d'augmenter les performances de coupure.

**[0007]** WO 2018/167169 A1 décrit un exemple d'un tel appareil électrique, dans lequel un fusible est connecté en parallèle d'un coupe-circuit pyrotechnique.

**[0008]** Dans cet exemple, le coupe-circuit pyrotechnique est configuré pour se déclencher avec un temps de réaction très court en cas de défaut électrique, et le fusible est configuré pour assurer l'interruption totale du courant, par exemple pour éviter toute reformation d'un arc électrique dans le coupe-circuit pyrotechnique.

**[0009]** En d'autres termes, le fusible contribue à interrompre un courant électrique que le coupe-circuit seul n'aurait pas pu couper de façon sûre et efficace.

**[0010]** Cependant, le fusible doit n'être mis en connexion en parallèle avec le coupe-circuit qu'au moment où le coupe-circuit est déclenché, ceci pour éviter que le fusible ne soit en permanence traversé par un courant électrique, car cela pourrait conduire à un vieillissement prématuré du fusible.

**[0011]** De plus, certains dispositifs connus ne permettent pas d'ouvrir le circuit lorsque les courants ont une intensité faible voire (temporairement) nulle, ce qui peut pourtant être requis pour certaines applications.

**[0012]** Pour y parvenir, il est généralement nécessaire de modifier l'architecture interne du coupe-circuit pyrotechnique, à l'instar de ce que propose WO-2020/260382 A1, ce qui peut toutefois être compliqué à réaliser industriellement.

**[0013]** Il existe donc un besoin pour un appareil de coupure électrique remédiant aux inconvénients ci-dessus.

**[0014]** De manière générale, l'invention concerne un appareil électrique comportant un corps délimitant un volume intérieur fermé, une première électrode, une

deuxième électrode et une troisième électrode, une extrémité libre de chaque électrode débouchant à l'intérieur du volume intérieur, lesdites extrémités libres de chaque électrode étant disposées, à l'intérieur du volume intérieur, à distance les unes des autres et en regard par rapport aux autres électrodes, l'appareil électrique étant configuré pour :

- interdire la circulation du courant entre la première électrode et la troisième électrode lorsque le courant électrique ou la tension électrique entre la première électrode et la deuxième électrode reste inférieur à une valeur de seuil prédéfinie ;
- lorsque ledit courant électrique ou ladite tension électrique dépasse ladite valeur de seuil, autoriser la circulation du courant entre la première électrode et la troisième électrode.

**[0015]** En particulier, l'invention concerne un appareil électrique tel que défini à la revendication 1.

**[0016]** Selon des aspects avantageux mais non obligatoires, un tel appareil peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques définies aux revendications dépendantes, ainsi que définies ci-dessous, les caractéristiques étant prises isolément ou suivant toute combinaison techniquement admissible :

- l'appareil comporte un élément électriquement conducteur raccordant la première électrode à la deuxième électrode, l'élément fusible étant configuré pour se modifier lorsque le courant le traversant dépasse ladite valeur de seuil ;
- l'appareil comporte un élément fusible électriquement conducteur, tel qu'un fil, raccordant la première électrode à la deuxième électrode, l'élément fusible étant configuré pour fondre lorsque le courant le traversant dépasse ladite valeur de seuil ;
- l'appareil comporte un élément conducteur déformable à mémoire de forme raccordant la première électrode à la deuxième électrode, l'élément conducteur étant configuré pour se déformer et interrompre le contact électrique entre la première électrode et la deuxième électrode lorsque le courant le traversant dépasse ladite valeur de seuil ;
- les extrémités libres de la première électrode et de la deuxième électrode sont partiellement séparées par une barrière électriquement isolante ;
- à l'intérieur du volume, l'extrémité libre de la troisième électrode est séparée des extrémités libres de la première électrode et de la deuxième électrode par une paroi fusible ;
- la première électrode, la deuxième électrode et la troisième électrode sont espacées l'une de l'autre et séparées par un volume de gaz, tel que de l'air, la tension électrique de claquage entre la deuxième électrode et la première électrode étant inférieure à la tension électrique de claquage entre la deuxième électrode et la troisième électrode. ;

- la deuxième électrode est décentrée par rapport à la première électrode et à la troisième électrode ;
- le corps présente une forme tubulaire, la première électrode et la troisième électrode étant alignées l'une avec l'autre et débouchant sur des faces opposées du corps tubulaire, la deuxième électrode débouchant dans le corps au travers de la paroi cylindrique du corps, de façon décentrée par rapport à la première électrode et à la troisième électrode.

**[0017]** Selon un autre aspect, l'invention concerne un système électrique pour interrompre un courant électrique, comportant un coupe-circuit, un fusible et un appareil électrique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, l'appareil électrique étant connecté en série avec le fusible, le fusible et l'appareil électrique étant connectés ensemble en parallèle du coupe-circuit par l'intermédiaire de la première électrode et de la troisième électrode, la deuxième électrode débouchant dans une chambre de coupure du coupe circuit.

**[0018]** Selon des aspects avantageux mais non obligatoires, un tel système électrique peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute combinaison techniquement admissible :

- la deuxième électrode est connectée à un conducteur électrique interne du coupe-circuit avant ou après actionnement du coupe circuit, ce conducteur interne étant couplé à au moins un des terminaux du coupe-circuit ;
- la deuxième électrode est connectée au conducteur électrique interne par l'intermédiaire d'un élément isolant tel qu'un élément suppresseur de tension ou une varistance ;
- le système comporte un coupe circuit additionnel connecté en série avec ledit coupe-circuit par leurs terminaux respectifs, la deuxième électrode étant connectée à la jonction entre lesdits coupe circuits ;
- la deuxième électrode est disposée, dans la chambre de coupure, en regard et à distance d'un des terminaux du coupe-circuit ;
- le fusible et l'appareil électrique sont intégrés au sein d'un même corps ;
- le coupe circuit et l'appareil électrique sont intégrés au sein d'un même corps ;
- le coupe circuit est un coupe-circuit pyrotechnique.

**[0019]** L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre d'un mode de réalisation d'un appareil pour couper un courant électrique donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- [Fig 1] la figure 1 représente schématiquement un appareil pour interrompre un courant électrique

comportant un élément de coupure électrique conformément à des modes de réalisation de l'invention ;

- 5 - [Fig 2] la figure 2 représente schématiquement deux modes de réalisation alternatifs de l'élément de coupure électrique de l'appareil de la figure 1 ;

- 10 - [Fig 3] la figure 3 représente schématiquement un premier état de fonctionnement de l'appareil de la figure 1 ;

- 15 - [Fig 4] la figure 4 représente schématiquement un deuxième état de fonctionnement de l'appareil de la figure 1 ;

- 20 - [Fig 5] la figure 5 représente schématiquement un troisième état de fonctionnement de l'appareil de la figure 1 ;

- [Fig 6] la figure 6 représente schématiquement un autre mode de réalisation de l'appareil de la figure 1 ;

- 25 - [Fig 7] la figure 7 représente schématiquement deux exemples de construction d'un élément de coupure électrique, respectivement pour l'appareil de coupure des figures 1 et 6 (insert a) et pour l'appareil de coupure de la figure 8 (insert b) ;

- 30 - [Fig 8] la figure 8 représente schématiquement un autre mode de réalisation de l'appareil de la figure 1.

**[0020]** La figure 1 représente un mode de réalisation d'un système électrique 2 configuré pour interrompre un courant électrique, par exemple afin de protéger une charge électrique ou une installation électrique.

**[0021]** L'appareil 2 comporte un coupe-circuit 4 comportant des terminaux 6 et 8, permettant de connecter le coupe-circuit 4 à un circuit électrique, par exemple entre une charge électrique et un générateur.

**[0022]** L'appareil 2 comporte également un appareil électrique 10 et un fusible 12 connectés électriquement en parallèle du coupe-circuit 4 entre les terminaux 6 et 8.

- 45 **[0023]** Par exemple, le fusible 12 est une cartouche fusible comportant une ou plusieurs lames fusibles F2.

**[0024]** De façon générale, le coupe-circuit 4 peut être commuté depuis un état électriquement conducteur vers un état électriquement bloquant (ou ouvert).

- 50 **[0025]** Le coupe-circuit 4 peut être un coupe-circuit pyrotechnique. Par exemple, le coupe-circuit 4 peut comporter une charge explosive configurée pour, lorsqu'elle est déclenchée, couper physiquement un conducteur électrique s'étendant entre les terminaux 8 et 6 du coupe-circuit 4.

- 55 **[0026]** Dans l'exemple illustré, le coupe-circuit 4 comporte un corps 20 et un organe de coupure 22 (tel qu'un piston) configuré pour se déplacer par translation dans le corps 20, par exemple suite au déclenchement

d'une charge pyrotechnique (non illustrée).

**[0027]** L'organe de coupure 22 est configuré pour sectionner un conducteur électrique interne logé à l'intérieur du corps 20, ce conducteur électrique raccordant le terminal 6 au terminal 8.

**[0028]** Sur la figure 1, le coupe-circuit 4 est illustré dans une position déclenchée. Le conducteur électrique, sectionné par l'organe de coupure 22, est divisé entre une première portion 24 qui prolonge le premier terminal 6, une deuxième portion 26 de conducteur qui prolonge le deuxième terminal 8, et une portion intermédiaire 28 située entre les première et deuxième portions 24, 26 du conducteur électrique.

**[0029]** Une électrode 29, dont le rôle sera précisé dans ce qui suit, est disposée dans la chambre de coupure, de telle sorte que son extrémité libre est placée en regard et à distance de l'une ou de l'autre des portions 24 ou 26.

**[0030]** L'électrode 29 peut être réalisée en n'importe quel matériau conducteur, par exemple en aluminium, en tungstène, ou préférentiellement du cuivre (notamment pour des raisons de coût). L'électrode 29 peut être surmoulée directement dans le corps 20 (pour améliorer l'étanchéité).

**[0031]** Selon des modes de réalisation alternatifs, le coupe-circuit 4 peut être une cartouche fusible, ou un appareil électromécanique, tel que par exemple un contacteur électromagnétique, ou un interrupteur à semi-conducteur, ou tout autre dispositif approprié.

**[0032]** L'appareil électrique 10 comporte un corps 30 délimitant un volume intérieur fermé, une première électrode E1, une deuxième électrode E2 et une troisième électrode E3.

**[0033]** Les électrodes E1, E2, E3 peuvent être réalisées en n'importe quel matériau électriquement conducteur, par exemple en aluminium, en tungstène, ou préférentiellement en cuivre (notamment pour des raisons de coût). Les électrodes E1, E2, E3 peuvent être réalisées chacune dans un matériau différent pour optimiser les coûts. Les électrodes E1, E2, E3 peuvent être surmoulées directement dans le corps 30 (pour améliorer l'étanchéité).

**[0034]** Le corps 30 est de préférence réalisé en un matériau électriquement isolant, par exemple en plastique, ou en polymère thermodurci, par exemple en polyamide PA6.6.

**[0035]** Les électrodes E1, E2 et E3 sont configurées de telle sorte qu'une extrémité libre de chaque électrode débouche à l'intérieur du volume délimité par le corps 30.

**[0036]** Lesdites extrémités libres de chaque électrode E1, E2, E3 sont disposées, à l'intérieur du volume intérieur défini par le corps 30, à distance les unes des autres et en regard par rapport aux autres électrodes.

**[0037]** Dans l'exemple illustré, le corps 30 présente une forme de pavé. Les électrodes E1, E2 et E3 débouchent dans le corps 30 par des faces différentes du corps 30.

**[0038]** Dans cet exemple, l'électrode E1 est connectée au terminal 8 par un conducteur électrique 14. L'extré-

mité 29 de l'électrode E2 (ou de toute électrode connectée à l'électrode E2) débouche dans la chambre de coupure du coupe-circuit 4. La troisième électrode E3 est connectée à une borne du fusible 12, l'autre borne du fusible étant connectée au terminal 6.

**[0039]** D'autres exemples sont possibles. En pratique, toutefois, l'appareil électrique 10 est connecté en série avec le fusible 12, le fusible et l'appareil électrique étant connectés ensemble en parallèle du coupe-circuit 4 par l'intermédiaire de la première électrode et de la troisième électrode, la deuxième électrode débouchant dans une chambre de coupure du coupe circuit.

**[0040]** De façon générale, l'appareil 10 est configuré pour :

- interdire la circulation du courant entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3 lorsque le courant électrique ou la tension électrique entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2 reste inférieur à une valeur de seuil prédéfinie ;
- autoriser la circulation d'un courant électrique entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3 dès que le courant électrique ou la tension électrique entre la première électrode et la deuxième électrode dépasse une valeur de seuil prédéfinie.

**[0041]** Dans un mode de réalisation préféré, l'appareil 10 comporte un élément fusible électriquement conducteur F1, tel qu'un fil de cuivre ou d'argent, raccordant la première électrode E1 à la deuxième électrode E2, l'élément fusible étant configuré pour fondre lorsque le courant le traversant dépasse ladite valeur de seuil. L'élément fusible électriquement conducteur F1 peut aussi être un ruban, ou une bande, ou une nappe de câbles ou de fils, ou toute autre structure de connexion appropriée, l'élément fusible électriquement conducteur F1 étant de préférence réalisé en métal. Pour réaliser l'élément fusible, l'homme du métier peut se référer à l'état de l'art connu dans la réalisation de fusibles de protection de circuit électrique.

**[0042]** Dans ce cas, l'appareil 10 est plus particulièrement configuré pour :

- autoriser la circulation d'un courant électrique entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2 tant que le courant reste inférieur à une valeur de seuil prédéfinie (tout en empêchant la circulation du courant entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3) ;
- lorsque ledit courant dépasse ladite valeur de seuil, autoriser également la circulation du courant entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3, et possiblement interrompre la circulation du courant entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2.

**[0043]** En d'autres termes, l'appareil 10 permet de dévier le courant électrique provenant de la première

électrode E1 pour l'envoyer de la deuxième électrode E2, vers la troisième électrode E3, en fonction de la valeur d'intensité du courant électrique.

**[0044]** Ainsi, lorsque l'énergie dégagée par le courant circulant dans F1 est inférieur à la valeur de seuil, le courant circule de la première électrode E1 vers la deuxième électrode E2. Lorsque l'énergie dégagée par le courant circulant dans F1 dépasse le seuil, l'élément fusible F1 fond. Cela conduit à l'apparition d'un arc électrique A entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2. L'arc A est ensuite dévié pour s'établir entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3.

**[0045]** On comprend donc que l'agencement, le dimensionnement et l'espacement des électrodes E1, E2, E3 et de leurs extrémités libres est choisi en conséquence. Par exemple, la distance D1 séparant E1 et E2 peut être définie pour être supérieure à la distance D2 séparant E1 et E3, typiquement D1 supérieure ou égale à 1,2 fois D2. Cela a pour conséquence de favoriser la déviation de l'arc A de E2 vers E3.

**[0046]** Par exemple, les première et troisième électrodes E1 et E3 ont leurs extrémités terminales respectives alignées l'une avec l'autre. L'extrémité terminale de la première électrode est ici recourbée et présente une forme en L.

**[0047]** Par exemple, l'extrémité de l'électrode E3 peut être conique et pointue afin de favoriser l'attraction de l'arc A.

**[0048]** En pratique, la première électrode E1, la deuxième électrode E2 et la troisième électrode E3 sont espacées l'une de l'autre et séparées par un volume de gaz, tel que de l'air.

**[0049]** Optionnellement, le volume délimité par le corps 30 peut comporter un ou plusieurs éléments absorbant d'énergie 32, 34, tels qu'une mousse métallique ou une pelote de fil d'acier inox, ou de la silice, ou tout matériau approprié, qui contribuent à refroidir l'intérieur du corps 30 et atténuer l'arc électrique en cas de dépassement du seuil de courant.

**[0050]** Les inserts (a) et (b) de la figure 2 illustrent deux variantes possibles de l'appareil 10.

**[0051]** L'insert (a) représente un premier mode de réalisation alternatif 10a de l'appareil 10 de la figure 1.

**[0052]** L'appareil 10a est globalement identique à l'appareil 10 et présente un fonctionnement similaire, mis à part que les extrémités terminales 40, 42 des électrodes E1 et E2, respectivement, sont recourbées et présentent une forme en L.

**[0053]** En outre, les extrémités libres 40, 42 de la première électrode et de la deuxième électrode sont partiellement séparées par une barrière électriquement isolante 44.

**[0054]** Par exemple, la barrière isolante 44 est réalisée dans un même matériau que le corps 30.

**[0055]** L'élément fusible F1 présente alors une forme en U. Cela permet de faciliter la déviation de l'arc électrique vers la troisième électrode E3.

**[0056]** L'insert (b) représente un deuxième mode de réalisation alternatif 10b de l'appareil 10 de la figure 1.

**[0057]** Dans ce mode de réalisation, l'élément conducteur fusible F1 est omis et remplacé par un espacement (« air gap » en anglais), par exemple rempli d'air.

**[0058]** Dans ce cas, le seuil est un seuil de tension électrique. Le claquage diélectrique dans l'air entre les électrodes E1 et E2 est provoqué lorsque la tension générée par l'arc électrique A1 (décrit ci-après) établi entre les conducteurs 26 (relié à E1) et 28 (relié à E2) dépasse une valeur seuil.

**[0059]** Dans ce mode de réalisation, l'appareil est agencé de telle sorte que la tension de claquage entre la première électrode et la deuxième électrode E2 est inférieure à la tension de claquage entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3.

**[0060]** Cette caractéristique peut être obtenue en jouant sur le positionnement de la deuxième électrode E2 par rapport aux électrodes E1 et E3. Une autre façon d'obtenir cette caractéristique est d'interposer une paroi fusible (analogue à la paroi fusible 62 décrite ci-après) entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2, et/ou entre la deuxième électrode E2 et la troisième électrode E3, les propriétés de ces parois étant choisies en conséquence pour fondre à partir d'un seuil de tension (et donc d'énergie) spécifique. Ces solutions peuvent également être combinées.

**[0061]** Selon une implémentation possible, le corps 50 de l'appareil 10b présente une forme tubulaire ou cylindrique. La première électrode E1 et la troisième électrode E3 sont alignées l'une avec l'autre et avec le corps tubulaire et débouchent sur des faces opposées du corps tubulaire. La deuxième électrode E2 débouche dans le corps 50 au travers de la paroi cylindrique du corps, de façon décentrée (ou asymétrique) par rapport à la première électrode E1 et à la troisième électrode E3. En d'autres termes, la deuxième électrode E2 est décentrée (ou asymétrique) par rapport à la première électrode E1 et à la troisième électrode E3. Dans ce cas, préférentiellement, la distance entre les électrodes E1 et E3 est supérieure à 1,2 fois la distance entre les électrodes E1 et E2.

**[0062]** Par exemple, les faces d'extrémités 52, 54 du corps 50 peuvent présenter une forme conique ou de trapèze. Optionnellement, la paroi interne desdites faces peut comporter des plots électriquement conducteurs.

**[0063]** D'autres modes de réalisation, non illustrés, sont néanmoins possibles.

**[0064]** Par exemple, selon une variante, l'élément conducteur fusible F1 peut être remplacé par un bilame, ou plus généralement par un conducteur électrique en matériau à mémoire de forme, raccordant la première électrode E1 à la deuxième électrode E2.

**[0065]** Le bilame est configuré pour se déformer et interrompre le contact électrique entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2 lorsque le courant le traversant dépasse ladite valeur de seuil.

**[0066]** Cela permet ensuite au courant de circuler de la

première électrode E1 vers la troisième électrode E3, par exemple par formation d'un arc électrique, ou par mise en contact direct du bilame avec la troisième électrode E3.

**[0067]** On comprend ainsi que, dans de nombreux modes de réalisation possibles, incluant le mode de réalisation de la figure 1, l'appareil 10 comporte un élément électriquement conducteur raccordant la première électrode E1 à la deuxième électrode E2, l'élément électriquement conducteur étant configuré pour être modifié lorsque le courant le traversant dépasse ladite valeur de seuil.

**[0068]** Par exemple, dans le cas où l'élément électriquement conducteur est l'élément fusible F1, ladite modification consiste en une fusion de l'élément fusible F1. Dans le cas où l'élément électriquement conducteur est un matériau déformable à mémoire de forme, tel qu'un bilame, la modification consiste en une déformation.

**[0069]** Chacun de ces modes de réalisation peut être mis en œuvre indépendamment des précédents modes de réalisation.

**[0070]** Dans cette description, le fonctionnement du système 2 est décrit uniquement en référence aux modes de réalisation de l'appareil 10 basés sur le conducteur fusible F1. Cependant, on comprend que ces explications peuvent être transposées aux autres modes de réalisation de l'appareil 10, notamment aux modes de réalisation alternatifs exposés ci-dessus.

**[0071]** De façon générale, l'appareil 10, de même que ses variantes, peut être utilisé indépendamment du système électrique 2.

**[0072]** Un exemple de fonctionnement du système électrique 2 est illustré au moyen des figures 3, 4 et 5.

**[0073]** La figure 3 représente un premier état du système 2 immédiatement après le déclenchement du coupe-circuit 4. Le conducteur interne a été tranché en portions 24, 26 et 28 par l'organe de coupure 22. Le courant électrique C1 provenant du terminal 8 continue de circuler au travers du coupe-circuit, car des arcs électriques, notés A, se sont formés d'une part entre les portions de conducteur 24 et 26 et d'autre part entre les portions de conducteur 26 et 28.

**[0074]** La figure 4 représente un deuxième état du système 2 postérieur au premier état. Le courant électrique C1 continue de circuler au travers du coupe-circuit 4 du fait de la présence des arcs électriques A1 et A2.

**[0075]** En parallèle, comme l'électrode E1 est raccordée au terminal 8, une partie du courant électrique circule entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2, en passant par l'élément conducteur fusible F1. Ce courant circule également entre la deuxième électrode E2 et la portion de conducteur centrale 28, du fait de l'apparition d'un autre arc électrique A3 entre ces deux éléments. Préférentiellement, la disposition de l'extrémité 29 à proximité du conducteur 28 favorise l'extinction de l'arc A1 au profit de l'arc A3.

**[0076]** L'énergie apportée par le courant électrique circulant dans l'élément conducteur fusible F1 augmente pendant le temps mis par le coupe-circuit à s'opposer au

passage de courant, ceci grâce à la tension générée par les arcs électriques A1 et A2 puis A2 et A3. Selon la valeur de courant C1 circulant dans le coupe-circuit 4 lorsque celui-ci est déclenché, deux cas de figures sont possibles :

**[0077]** Dans un premier cas, si l'énergie apportée par le passage de courant dans l'élément conducteur fusible F1 est inférieure à l'énergie de fusion de l'élément conducteur fusible, alors l'élément conducteur fusible F1 ne fond pas. Cela signifie que la tension générée par les arcs électriques A1 et A2 puis A2 et A3 a suffi à elle seule à s'opposer au passage du courant et à l'annuler. Dans ce cas, le courant C1 est annulé alors que le fusible F1 est simplement échauffé par effet Joule, mais n'est pas fondu. L'isolation électrique finale est assurée dans le coupe circuit par les distances entre les extrémités libres des conducteurs, et dans l'appareil 10 par la distance dans l'air entre les électrodes E1 et E3 (ou la paroi 62 si présente).

**[0078]** Dans un deuxième cas, si l'énergie apportée par le passage de courant dans F1 dépasse le seuil de d'énergie de fusion ( $I^2t$ ) propre à l'élément conducteur fusible F1, alors cela entraîne la fusion de l'élément conducteur fusible et entraîne l'apparition d'un arc électrique (non illustré) entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2 à la place de l'élément fusible F1.

**[0079]** La figure 5 représente un troisième état du système 2, postérieur au deuxième état. Après la fusion de l'élément conducteur fusible F1, l'arc électrique A établi entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2 est dévié pour s'établir entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3 (arc électrique A sur la figure 5).

**[0080]** En effet, l'air entourant les extrémités des électrodes est ionisé par l'arc électrique A. L'arc électrique A est attiré par la troisième électrode E3, qui est au même potentiel que le terminal 6. La différence de potentiel entre la première électrode E1 et la deuxième électrode E2, est inférieure à la différence de potentiel entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3.

**[0081]** La totalité du courant C1 provenant du terminal 8 est alors déviée par l'appareil 10 et cesse de circuler au travers du coupe-circuit 4, entraînant l'extinction des arcs électriques A2 et A3 dans le coupe-circuit 4.

**[0082]** Ensuite, le fusible 12 fond pour interrompre la circulation du courant électrique C1. La circulation du courant dans le système électrique 2 est alors interrompue.

**[0083]** L'isolation électrique finale est assurée dans le coupe circuit par les distances entre les extrémités libres des conducteurs, et par le fusible F2.

**[0084]** Comme le fusible 12 n'est pas en permanence traversé par le courant électrique circulant entre les terminaux 6 et 8 du coupe circuit 4 en temps normal (le fusible 12 est protégé de ce courant par l'appareil 10), alors la durée de vie du fusible 12 peut être prolongée. Cela augmente la fiabilité du système électrique 2.

**[0085]** De préférence, les caractéristiques du fusible

12 (notamment, le calibre en courant, le pouvoir de coupure et le profil de montée en tension) sont choisis en fonction du temps de refroidissement des gaz ionisés dans le boîtier 30.

**[0086]** On comprend qu'en pratique, l'appareil 10 est un appareil passif, c'est-à-dire que la déviation de l'arc électrique par l'appareil 10 ne nécessite pas d'actionnement de l'appareil 10 par une action extérieure, telle qu'un déclencheur ou une commande manuelle, à la différence du coupe-circuit 4 par exemple.

**[0087]** La figure 6 représente un premier mode de réalisation alternatif 2a du système électrique 2 de la figure 1.

**[0088]** Le système électrique 2b est globalement identique au système 2 et présente un fonctionnement similaire, mis à part que la deuxième électrode E2 est désormais connectée à la portion de conducteur centrale 28, au lieu de déboucher librement dans la chambre de coupure.

**[0089]** En d'autres termes, la deuxième électrode est connectée à un conducteur électrique interne (la portion centrale 28) du coupe-circuit 4, ce conducteur interne étant couplé à au moins un des terminaux 6, 8 du coupe-circuit 4.

**[0090]** La deuxième électrode E2 peut soit être connectée directement à la portion centrale 28, ou être connectée indirectement par l'intermédiaire d'un espacement (air gap), par exemple en étant placée à une distance d'au moins 0,1 mm de la portion centrale 28. Cette dernière variante évite notamment une usure prématurée de l'élément fusible F1 en empêchant la circulation dans l'élément conducteur fusible F1 d'un courant faible, dérivé du courant C1 lorsque le coupe circuit est en position fermée (état passant).

**[0091]** Dans une variante (non illustrée), la portion centrale 28 peut être mobile ou déformable sur une course supérieure ou égale à la distance qui la sépare de l'électrode 29. En pratique, la portion centrale 28 peut être déplacée par le piston 22 jusqu'à venir en contact avec l'électrode 29.

**[0092]** Dans une variante (non illustrée), l'électrode 29 débouche dans un espace situé entre la portion centrale 28 et le piston 22, le piston 22 étant positionné entre l'électrode 29 et l'extrémité 26. Ainsi, cela facilite l'extinction de l'arc A1 et l'apparition de l'arc A3. Le courant C1 est ainsi dévié totalement dans l'élément conducteur fusible F1.

**[0093]** Dans une autre variante, la portion centrale 28 est la seule pièce mobile à l'intérieur du coupe-circuit, les portions 24 et 26 restant fixes. La portion centrale 28 peut ainsi se déplacer jusqu'à venir contacter l'électrode 29.

**[0094]** Dans des variantes préférées, comme visible sur la figure 6, la deuxième électrode E2 est connectée au conducteur électrique interne (à la portion centrale 28) par l'intermédiaire d'un élément isolant 60, tel qu'un suppresseur à tube de décharge (« *gas arrestor* » en anglais). Cet élément peut également être une varistance (MOV) ou tout autre élément empêchant la circula-

tion d'un courant faible.

**[0095]** De préférence, si l'élément isolant 60 est un élément suppresseur de tension son seuil de tension peut être bas, par exemple de l'ordre de 10 Volts. Cela permet d'empêcher le passage du courant électrique dans l'appareil 10 tant qu'aucun arc électrique n'est présent dans le coupe-circuit 4, tout en laissant passer le courant dans l'élément conducteur fusible F1 très rapidement après le déclenchement du coupe circuit et l'apparition de l'arc électrique A1.

**[0096]** En variante, l'élément isolant 60 pourrait être connecté à un emplacement différent.

**[0097]** Toujours en variante, l'élément isolant 60 peut aussi avoir un seuil de tension élevé, par exemple proche de la tension nominale du système à protéger. Cela a pour effet de retarder le passage de courant dans l'élément conducteur fusible F1, afin de laisser le temps aux arcs électriques A1 et A2 de s'opposer au passage du courant C1.

**[0098]** Dans une variante, le coupe circuit 4 est composé d'un assemblage en série de plusieurs coupe circuits, par exemple de deux coupe circuits : le coupe circuit décrit précédemment, et un coupe circuit additionnel connecté en série avec ledit coupe circuit, la connexion étant réalisée par les terminaux 6 ou 8 respectifs des deux coupe circuits. Dans ce cas, l'électrode E2 ou l'électrode 29 ne débouche pas dans la chambre de coupure à proprement parler, mais débouche préférentiellement au point de jonction entre les deux coupe circuits. En d'autres termes, la deuxième électrode E2, 29 étant connectée à la jonction entre lesdits coupe circuits.

**[0099]** Dans des variantes optionnelles, à l'intérieur du volume délimité par le corps 30 de l'appareil 10, l'extrémité libre de la troisième électrode E3 est séparée des extrémités libres de la première électrode E1 et de la deuxième électrode E2 par une paroi fusible 62, représentée en traits pointillés sur la figure 6.

**[0100]** Par exemple, la paroi fusible 62 est configurée, ou par exemple pour fondre, sous l'effet de la température dégagée par l'arc électrique A3 ou pour se rompre sous l'effet de la pression à l'intérieur de l'appareil 10. La paroi fusible 62 peut, par exemple, être réalisée en plastique ou tout autre matériau isolant électriquement. La paroi permet de réduire la distance entre les électrodes E1 et E3, car son pouvoir isolant électrique est supérieur à celui de l'air. Une fois que cette paroi est rompue, l'arc se formant entre la première électrode E1 et la troisième électrode E3 est de longueur réduite, donc l'énergie qu'il dégage est réduite.

**[0101]** En pratique, toutefois l'appareil 10 précédemment décrit (ou n'importe quelle de ses variantes) peut être utilisé. Une telle paroi peut aussi être utilisée dans tout ou partie des variantes de l'appareil 10 précédemment décrites.

**[0102]** Les inserts (a) et (b) de la figure 7 illustrent deux variantes possibles d'encapsulation de tout ou partie des éléments du système 2 dans un corps commun.

**[0103]** L'insert (a) représente un premier mode de réalisation d'une cartouche 70 dans lequel sont intégrés l'appareil 10 et le fusible 12.

**[0104]** Un corps tubulaire (ou cylindrique) 72 délimite une première région 74 (ou compartiment) correspondant au fusible 12 et une deuxième région 76 (ou compartiment) correspondant à l'appareil 10.

**[0105]** De préférence, le corps tubulaire 72 est en matériau électriquement isolant, par exemple en plastique, ou en céramique, ou en un matériau composite comportant des fibres de verre noyées dans une matrice en résine, ou tout matériau approprié.

**[0106]** La première région 74 et la deuxième région 76 sont séparées par une paroi électriquement conductrice, de façon à mettre en contact des composants présents dans ces deux régions. Avantageusement, les extrémités terminales du corps 72 comportent des capuchons 78, qui peuvent être des capuchons métalliques sertis sur le corps tubulaire 72.

**[0107]** Par exemple, la première région 74 comporte une ou plusieurs lames fusibles F2 immergées dans un matériau silicé, tel que du sable.

**[0108]** La deuxième région 76 comporte les électrodes E1 et E2 (débouchant à l'extérieur du capuchon 78) l'électrode E3 (par exemple intégrée au sein d'une pièce de contact métallique qui forme ici la paroi séparant les régions 74 et 76, pour assurer une connexion électrique avec les lames fusibles F2). Le cas échéant, la deuxième région comporte aussi l'élément conducteur fusible F1.

**[0109]** De préférence, la deuxième région 76 comporte un corps électriquement isolant, par exemple formé en plastique, qui couvre les parois internes de la deuxième région 76 et qui sert à maintenir les électrodes E1 et E2 en position.

**[0110]** Optionnellement, la région 76 comporte les éléments absorbants 32, 34 ainsi que, le cas échéant, l'élément suppresseur de tension 60.

**[0111]** Selon que l'élément suppresseur de tension 60 est présent ou non, l'élément conducteur fusible F1 raccorde la première électrode E1 à l'élément suppresseur de tension 60 ou directement à la deuxième électrode E2.

**[0112]** L'insert (b) de la figure 7 représente un deuxième mode de réalisation d'une cartouche 80 dans laquelle sont intégrés au moins une partie des composants de l'appareil 10. Ce mode de réalisation est surtout applicable au mode de réalisation du système électrique 2b illustré sur la figure 8.

**[0113]** Ce mode de réalisation diffère notamment des autres modes de réalisation du système 2a en ce l'appareil 10 est réalisé sous la forme d'un ensemble 90 dans lequel l'élément fusible F1 est associé à un deuxième coupe-circuit 92 comportant une charge pyrotechnique 94, un contact mobile 96 et des terminaux de raccordement 98.

**[0114]** L'un des terminaux 98 est connecté au fusible 12 tandis que l'autre terminal 98 est raccordé à une première électrode 100A connectée au terminal 8. Une

deuxième électrode 100B raccorde l'élément fusible F1 à la portion centrale 28 par le biais de l'élément suppresseur de tension 60 et d'une troisième électrode 100C. En variante, il est possible de ne pas utiliser d'élément suppresseur de tension, dans ce cas l'électrode 100C est reliée directement à l'électrode 100B.

**[0115]** La charge pyrotechnique 94 est connectée à l'électrode 100B et à l'électrode 100A, de manière à être déclenchée lorsque l'élément fusible F1 a fondu. Ainsi, le système permet de dévier le courant arrivant depuis le terminal 8 du coupe-circuit 4 vers le fusible 12.

**[0116]** Cette solution permet d'interrompre des courants de très forte intensité (pas d'arc A, pas d'énergie dissipée dans l'appareil 10).

**[0117]** Sur l'insert (b) de la figure 7, la cartouche 80 comporte un corps tubulaire ou cylindrique 82 qui délimite une région 84 comportant une lame fusible F1 immergée dans un matériau silicé, tel que du sable, et s'étendant entre les électrodes 100A et 100B. De préférence, le corps tubulaire 82 est en matériau électriquement isolant, par exemple en plastique, ou en céramique, ou en un matériau composite comportant des fibres de verre noyées dans une matrice en résine, ou tout matériau approprié.

**[0118]** Avantageusement, les extrémités terminales du corps 82 comportent des capuchons 86. L'électrode 100A est disposée à une extrémité du corps 82, tandis que les électrodes 100B et 100C sont disposées à l'autre extrémité du corps 82. De préférence, l'intérieur du corps tubulaire 82 comporte, sur l'extrémité qui porte les électrodes 100B et 100C, un corps électriquement isolant qui sert à maintenir les électrodes 100C et 100B en position.

**[0119]** D'autres exemples sont cependant possibles.

**[0120]** Dans certains modes de réalisation, non illustrés, l'appareil 10 peut être intégré à l'intérieur du coupe-circuit 4. Par exemple, les électrodes E1 et E2 sont disposées dans l'organe de coupure 22, en émergeant de l'organe de coupure 22, ce dernier étant électriquement conducteur, alors que l'électrode E3 est disposée dans le corps 20 du coupe-circuit 4, de sorte à se trouver en regard et alignée avec l'électrode E1 lorsque l'organe de coupure 22 est en position déployée.

**[0121]** Grâce à l'invention, le fusible 12 n'est mis en connexion en parallèle avec le coupe-circuit 4 qu'au moment où le coupe-circuit 4 est déclenché et qu'à la condition que l'énergie traversant le coupe-circuit a dépassé une valeur seuil, ceci pour éviter que le fusible 12 ne soit en permanence traversé par un courant électrique, car cela pourrait conduire à un vieillissement prématuré du fusible. L'invention permet aussi de garantir une ouverture rapide du circuit même quand le courant qui le traverse lors de son déclenchement est faible ou nul.

**[0122]** Par rapport à d'autres solutions techniques, la valeur seuil déterminée par le calibre de l'élément fusible F1 présente de nombreux avantages sur le plan pratique et en termes de facilité à être produite industriellement. Notamment, la valeur de seuil est facile à régler lors du

développement du produit, et peut être facilement maîtrisée lors d'une production grande série. Cette valeur de seuil est en outre stable au cours du temps, en étant peu sensible au vieillissement (contrairement à une membrane plastique par exemple) et insensible à la pression ambiante. De plus, la valeur seuil tend à être peu dépendante de la valeur d'inductance de l'installation.

**[0123]** Toute caractéristique de l'un des modes de réalisation ou variante décrite ci-dessus, peut être mise en œuvre dans les autres modes de réalisation et variantes décrits.

## Revendications

1. Appareil électrique (10b) comportant un corps (30) délimitant un volume intérieur fermé, une première électrode (E1), une deuxième électrode (E2) et une troisième électrode (E3), une extrémité libre de chaque électrode débouchant à l'intérieur du volume intérieur, lesdites extrémités libres de chaque électrode étant disposées, à l'intérieur du volume intérieur, à distance les unes des autres et en regard par rapport aux autres électrodes,

dans lequel la première électrode (E1), la deuxième électrode (E2) et la troisième électrode (E3) sont espacées l'une de l'autre et séparées par un volume de gaz, tel que de l'air, une tension électrique de claquage entre la deuxième électrode (E2) et la première électrode (E1) étant inférieure à une tension électrique de claquage entre la deuxième électrode (E2) et la troisième électrode (E3),

l'appareil électrique étant configuré pour :

- interdire la circulation du courant entre la première électrode et la troisième électrode lorsque la tension électrique entre la première électrode (E1) et la deuxième électrode (E2) reste inférieure à une valeur de seuil prédéfinie, la valeur de seuil étant égale à la tension électrique de claquage entre la première électrode (E1) et la deuxième électrode (E2) ;
- lorsque ladite tension électrique dépasse ladite valeur de seuil, autoriser la circulation du courant entre la première électrode et la troisième électrode,

dans lequel la circulation se fait sous la forme d'un arc électrique préalablement établi entre la première électrode (E1) et la deuxième électrode (E2), cet arc étant ensuite dévié pour s'établir entre la première électrode (E1) et la troisième électrode (E3).

2. Appareil électrique (10b) selon la revendication 1,

dans lequel, à l'intérieur du volume, l'extrémité libre de la troisième électrode (E3) est séparée des extrémités libres de la première électrode (E1) et de la deuxième électrode (E2) par une paroi fusible (62).

3. Appareil électrique (10b) selon la revendication 1, dans lequel la deuxième électrode (E2) est décentrée par rapport à la première électrode (E1) et à la troisième électrode (E3).

4. Appareil électrique (10b) selon la revendication 3, dans lequel le corps (50) présente une forme tubulaire avec une paroi cylindrique, la première électrode (E1) et la troisième électrode (E3) étant alignées l'une avec l'autre et débouchant sur des faces opposées du corps (50), la deuxième électrode (E2) débouchant dans le corps (50) au travers de la paroi cylindrique, de façon décentrée par rapport à la première électrode (E1) et à la troisième électrode (E3).

5. Système électrique (2) pour interrompre un courant électrique, comportant un coupe-circuit (4), un fusible (12) et un appareil électrique (10, 10b) conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, l'appareil électrique étant connecté en série avec le fusible (12), le fusible et l'appareil électrique étant connectés ensemble en parallèle du coupe-circuit (4) par l'intermédiaire de la première électrode (E1) et de la troisième électrode (E3), la deuxième électrode (E2) débouchant dans une chambre de coupure du coupe circuit (4).

6. Système électrique (2) selon la revendication 5, dans lequel la deuxième électrode (E2) est connectée à un conducteur électrique interne (28) du coupe-circuit (4) avant ou après actionnement du coupe circuit, ce conducteur interne étant couplé à au moins un des terminaux (6, 8) du coupe-circuit (4).

7. Système électrique (2) selon la revendication 6, dans lequel la deuxième électrode (E2) est connectée au conducteur électrique interne (28) par l'intermédiaire d'un élément isolant tel qu'un élément suppresseur de tension (60) ou une varistance.

8. Système électrique (2) selon la revendication 5, dans lequel le système électrique comporte un coupe circuit additionnel connecté en série avec ledit coupe-circuit (4) par leurs terminaux (6, 8) respectifs, la deuxième électrode (E2, 29) étant connectée à la jonction entre lesdits coupe circuits.

9. Système électrique selon la revendication 5, dans lequel la deuxième électrode (E2, 29) est disposée, dans la chambre de coupure, en regard et à distance d'un des terminaux (6, 8) du coupe-circuit (4).

**10.** Système électrique (2) selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel le fusible (12) et l'appareil électrique (10 ; 10b) sont intégrés au sein d'un même corps (70).

5

**11.** Système électrique (2) selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel le coupe circuit (4) et l'appareil électrique (10 ; 10b) sont intégrés au sein d'un même corps.

10

**12.** Système électrique (2) selon l'une quelconque des revendications 5 à 10, dans lequel le coupe circuit (4) est un coupe-circuit pyrotechnique.

15

20

25

30

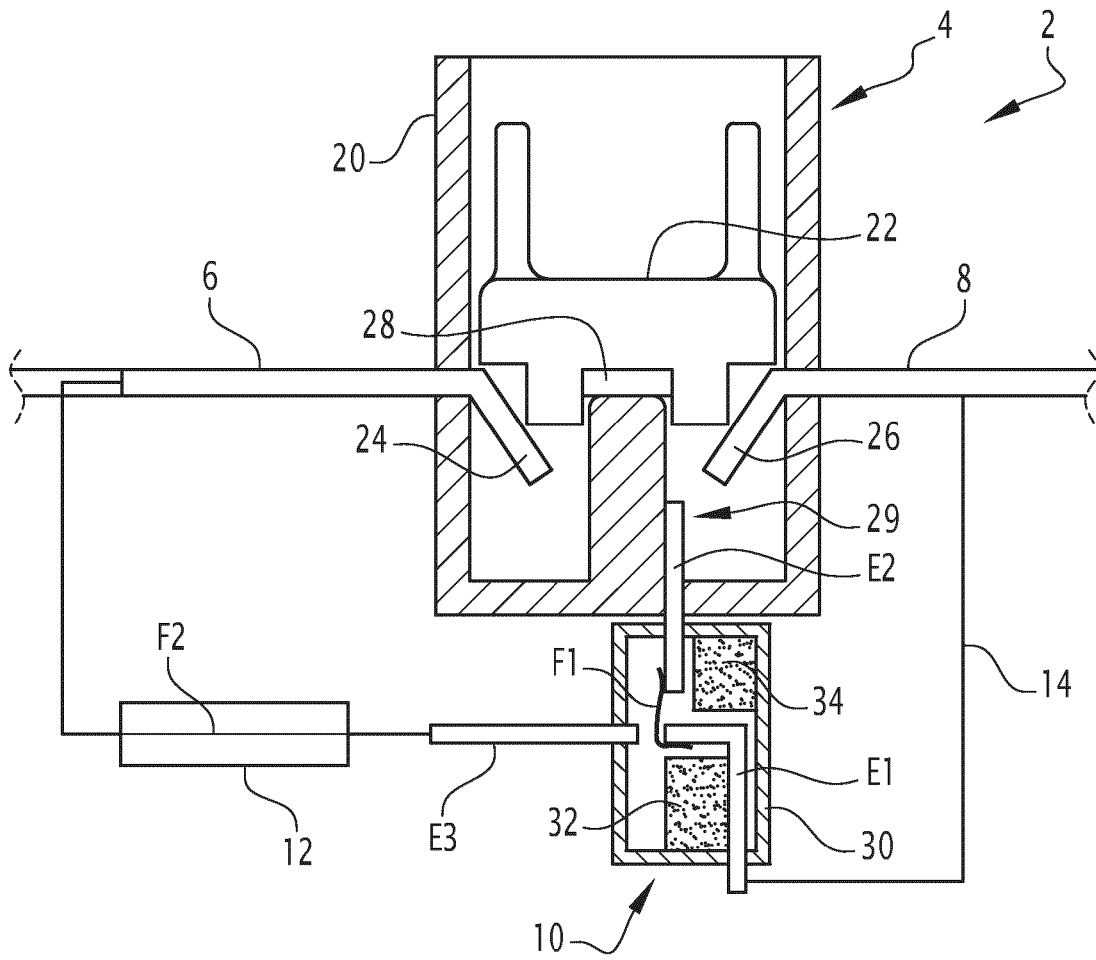
35

40

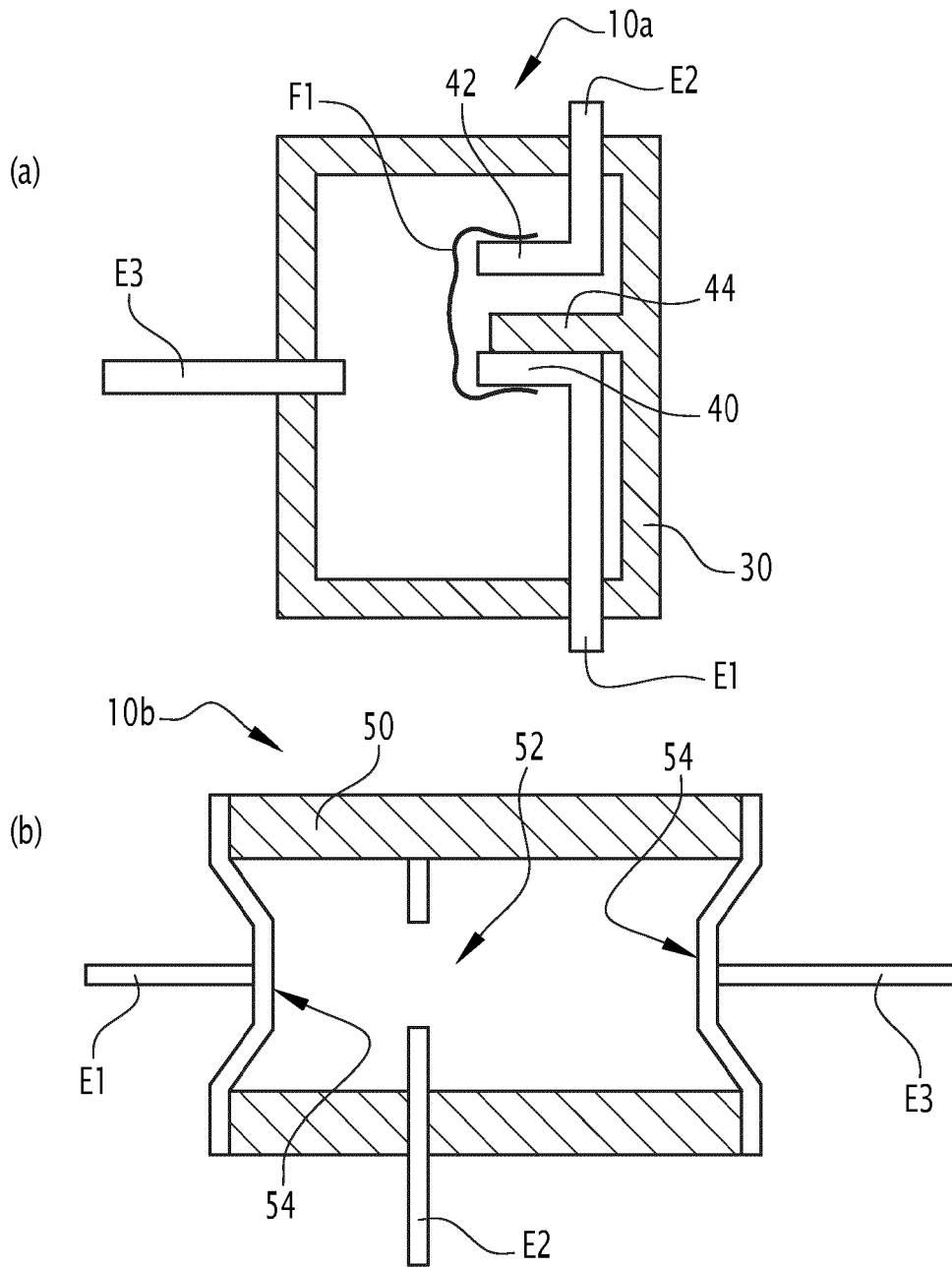
45

50

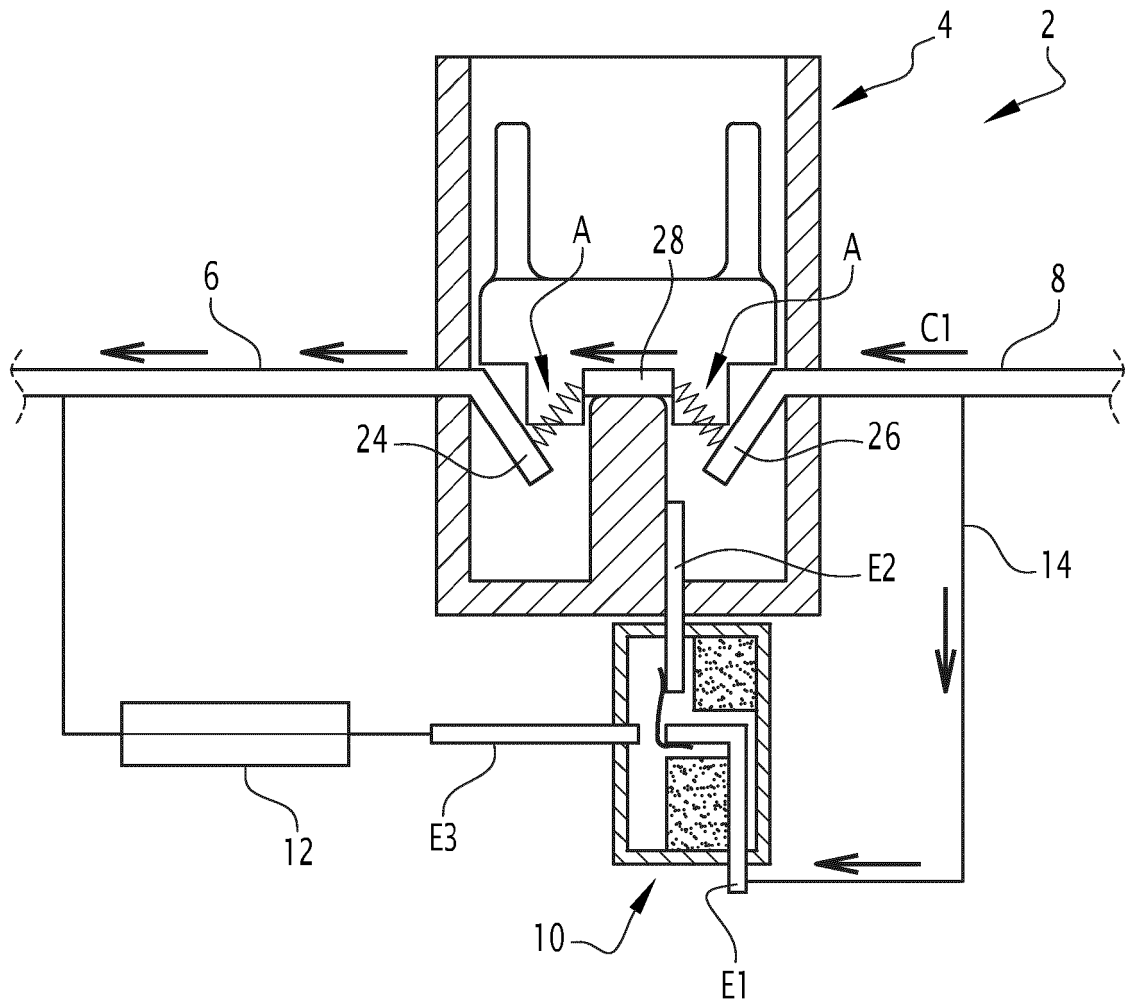
55



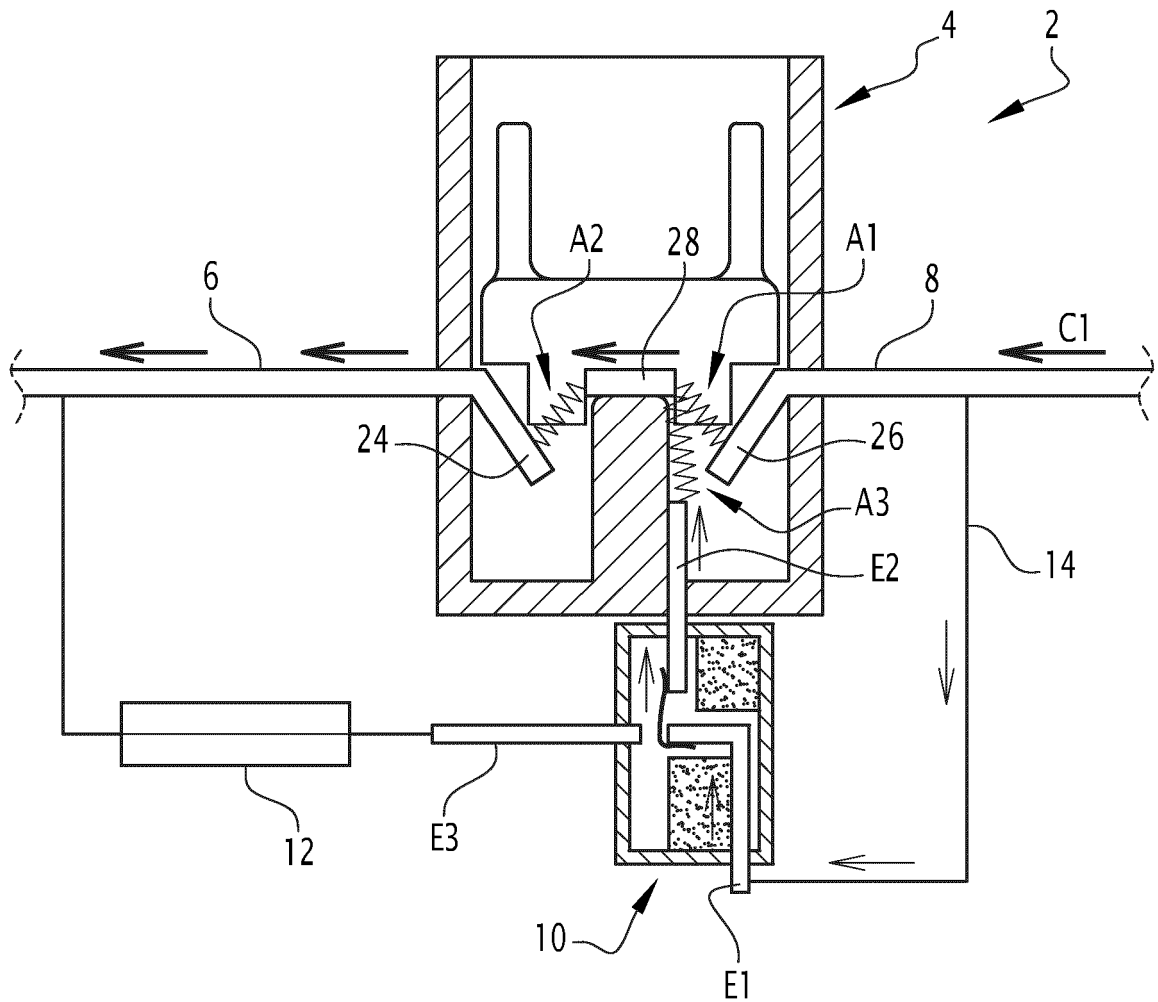
**FIG.1**



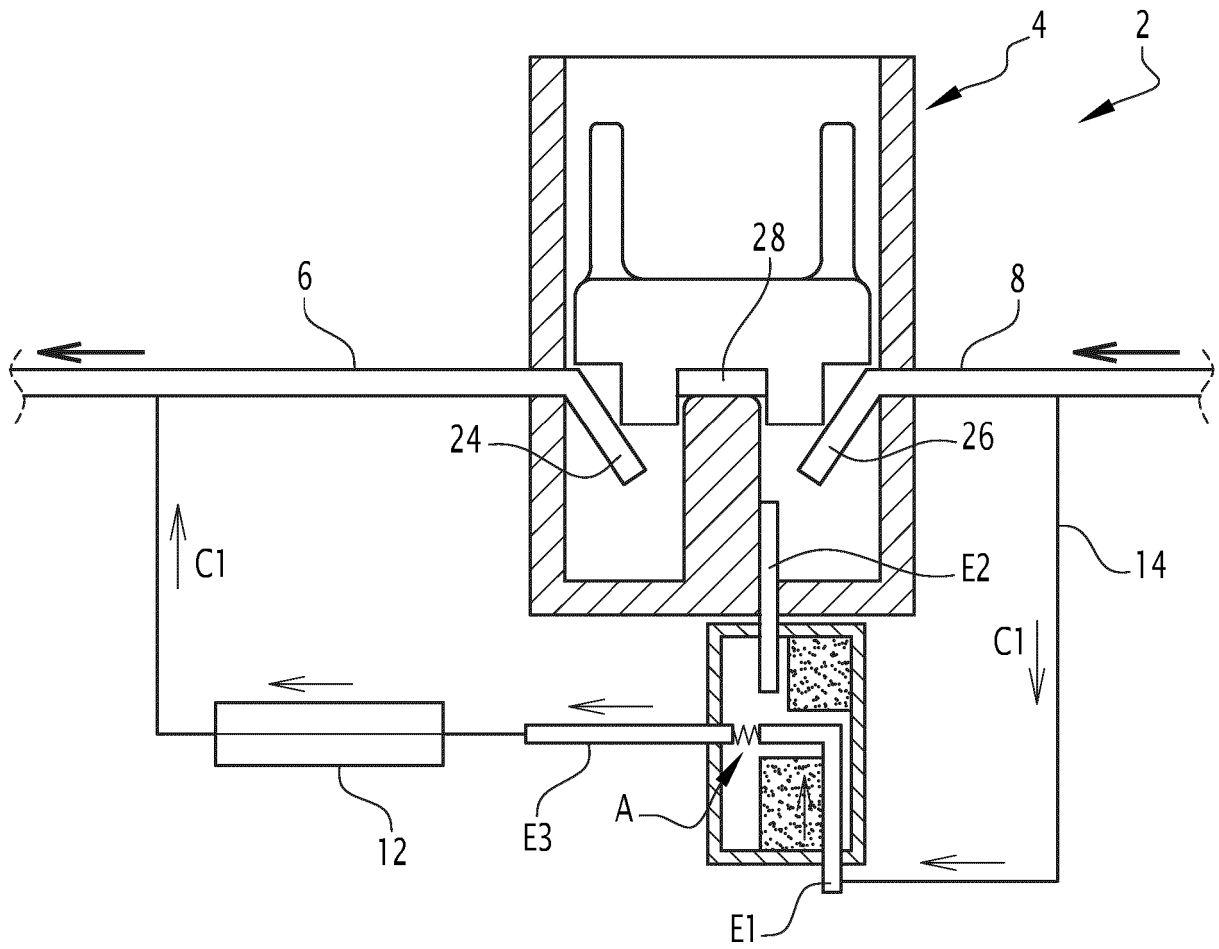
**FIG. 2**



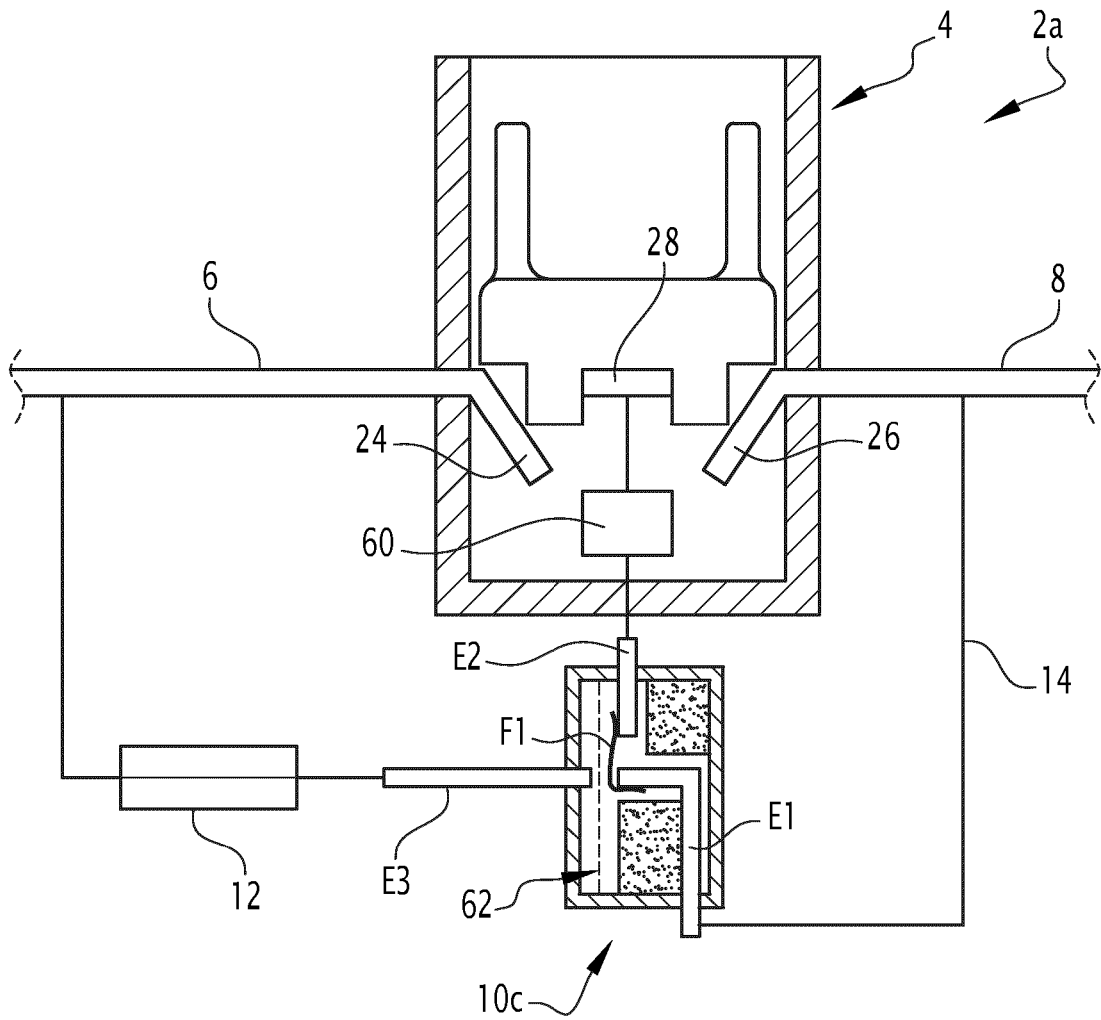
**FIG.3**



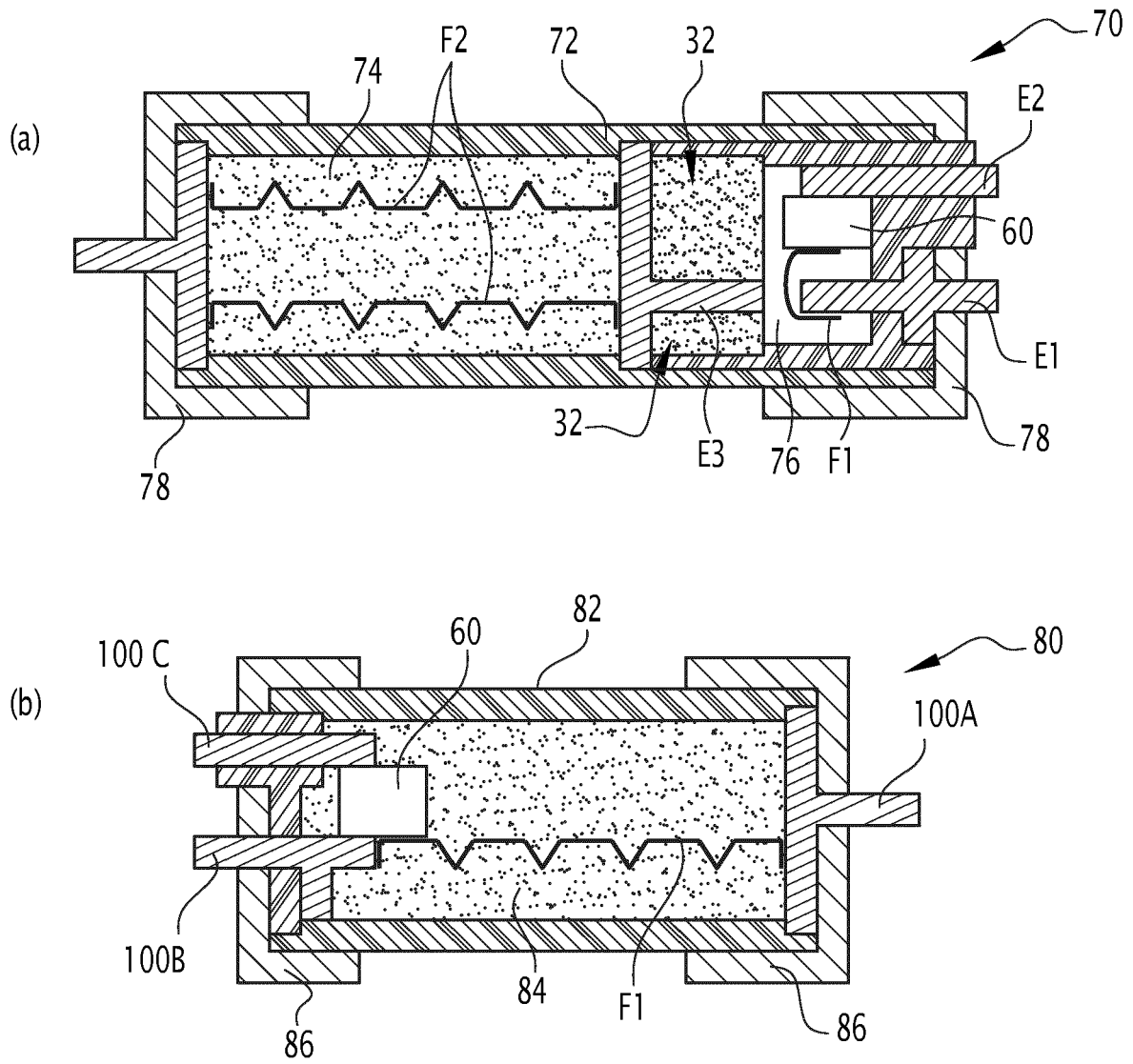
**FIG.4**



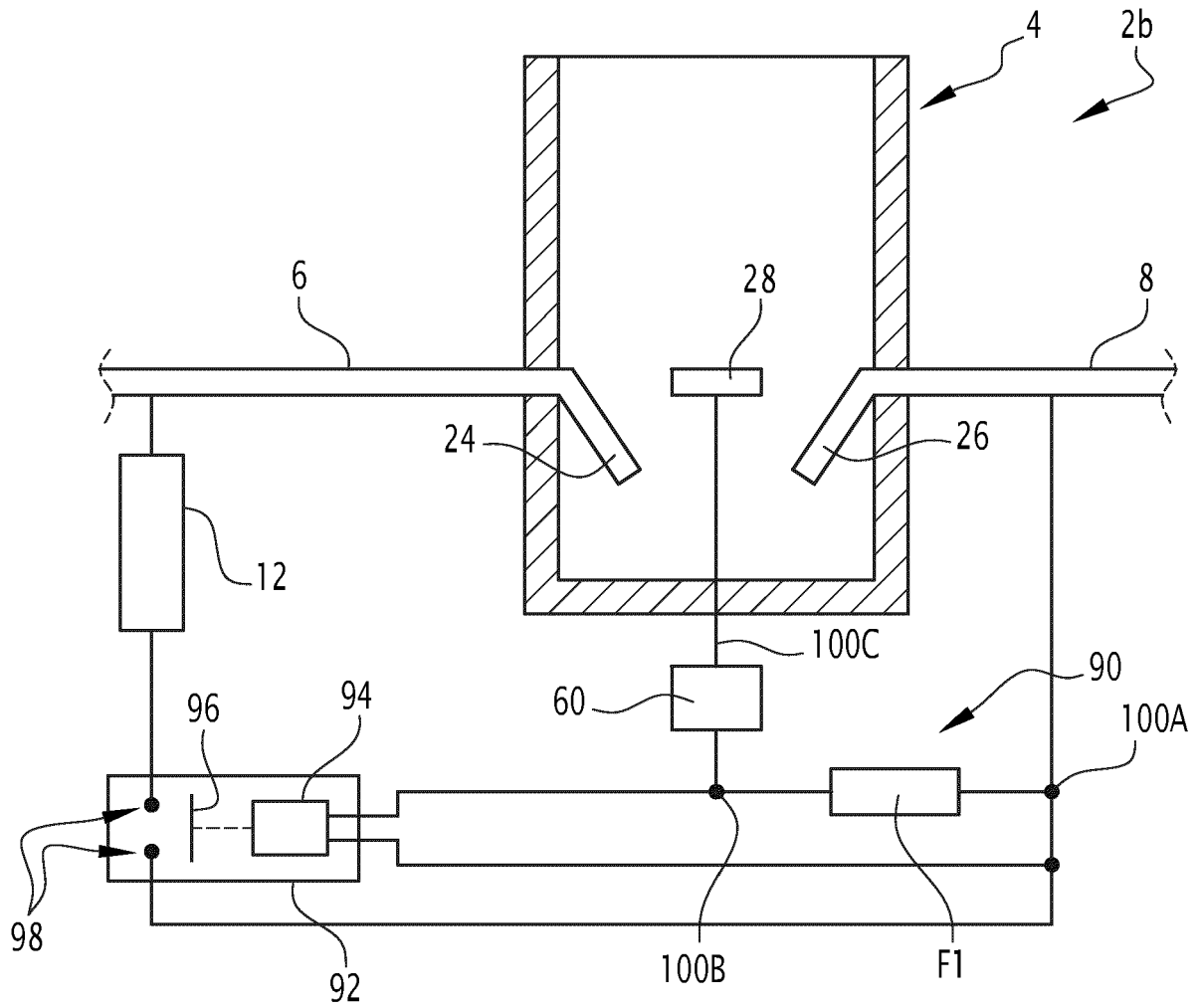
**FIG.5**



**FIG.6**



**FIG. 7**



**FIG.8**

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

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

**Documents brevets cités dans la description**

- WO 2018167169 A1 [0007]
- WO 2020260382 A1 [0012]