



(11) **EP 2 926 355 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**24.04.2019 Bulletin 2019/17**

(51) Int Cl.:  
**H01H 50/16** (2006.01) **H01F 7/06** (2006.01)  
**H01H 71/24** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13808100.5**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2013/052836**

(22) Date de dépôt: **25.11.2013**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2014/087073 (12.06.2014 Gazette 2014/24)**

(54) **ACTIONNEUR A SHUNT MAGNETOTHERMIQUE, EN PARTICULIER POUR LE  
DECLENCHEMENT DE DISJONCTEUR**

AKTUATOR MIT EINEM THERMOMAGNETISCHEN SHUNT, INSBESONDERE ZUM AUSLÖSEN  
EINES LEISTUNGSSCHALTERS

ACTUATOR WITH A THERMOMAGNETIC SHUNT, ESPECIALLY FOR TRIGGERING A CIRCUIT  
BREAKER

(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**

(30) Priorité: **03.12.2012 FR 1261532**

(43) Date de publication de la demande:  
**07.10.2015 Bulletin 2015/41**

(73) Titulaire: **Schneider Electric Industries SAS  
92500 Rueil-Malmaison (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **SCHUSTER, Philippe  
F-38050 Grenoble Cedex 09 (FR)**

• **CAILLAULT, Nathalie  
F-38050 Grenoble Cedex 09 (FR)**

(74) Mandataire: **Tripodi, Paul  
Schneider Electric Industries SAS  
Service Propriété Industrielle  
World Trade Center - E1  
5 Place Robert Schuman  
38050 Grenoble Cedex 9 (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 1 792 326 EP-A2- 1 001 444  
DE-U1-202012 000 111 US-A1- 2005 046 533**

**EP 2 926 355 B1**

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

## Description

### DOMAINE TECHNIQUE

**[0001]** L'invention concerne le déclenchement des appareillages de protection électrique comme les disjoncteurs, notamment dans le domaine de la basse tension. Plus généralement, l'invention se rapporte à un actionneur électromagnétique pouvant être utilisé comme déclencheur unique d'un appareil de coupure.

### ETAT DE LA TECHNIQUE

**[0002]** Un disjoncteur permet de protéger une ligne électrique en coupant le courant en cas de défaut, notamment sur court-circuit, lorsque l'intensité dépasse un seuil élevé, ou en cas de surcharge, lorsque l'intensité reste dans des valeurs proches de l'intensité nominale mais sur une durée trop longue.

**[0003]** Pour remplir les deux critères de sécurité, de façon usuelle et tel qu'illustré en figure 1, la plupart des disjoncteurs modulaires basse tension 1 sont munis de deux types de déclencheur reliés à la ligne à protéger : un actionneur électromagnétique 2 sépare des contacts 4, 6 en cas de court-circuit, un déclencheur thermique de type bilame 8 réagit aux surcharges : voir par exemple FR 2 682 533. Suivant la gamme de disjoncteur, l'actionneur électromagnétique 2 peut prendre différentes formes, notamment à noyau plongeur tel que présenté en relation avec la figure 1 ou à palette comme décrit dans FR 2 772 981. Un actionneur peut être aussi de type bistable comme dans la demande de brevet EP1792326.

**[0004]** La présence de deux éléments distincts 2, 8 permet un réglage séparé des paramètres de déclenchement sur les deux types de défauts. Cette conception bilame/actionneur éprouvée demande cependant un volume suffisant dans le boîtier du disjoncteur 1, et implique un nombre de pièces important à assembler.

**[0005]** Il est parfois envisagé de s'affranchir de l'un des deux éléments, avec par exemple un actionneur magnéto-hydraulique (ou « *dashpot* » selon la terminologie anglosaxonne) décrit dans US 2 690 528, ou un système à bilame à retournement brusque (dit bilame cloquant, comme décrit dans EP 1 001 444). Outre les inconvénients inhérents à leur conception (difficulté de réglage, respectivement limitation du pouvoir de coupure), ces solutions cependant conservent deux principes de fonctionnement couplés l'un à l'autre.

### EXPOSE DE L'INVENTION

**[0006]** Parmi autres avantages, l'invention vise à pallier des inconvénients des déclencheurs de disjoncteur existant, en proposant notamment un nouveau type d'actionneur électromagnétique permettant d'assurer les déclenchements sur court-circuit et sur surcharge.

**[0007]** Sous un de ses aspects, l'invention se rapporte ainsi à un actionneur électromagnétique qui permet la

mobilisation d'un contact qui lui est solidarisé tant lorsque le courant dépasse une valeur nominale sur une durée longue, que lorsque le courant dépasse un seuil ponctuellement.

**[0008]** L'invention concerne notamment un actionneur électromagnétique dans lequel un dispositif de shunt magnétique est mis en place au niveau de la bobine, en série par rapport au cheminement du flux magnétique, ledit dispositif de shunt comprenant un matériau magnétothermique (ou magnétocalorique), c'est-à-dire un matériau dont la magnétisation augmente avec la température au dessus d'une première température supérieure ou égale à 330 K, et notamment présente un pic dont le maximum est supérieur à 40 emu/g, avec augmentation rapide de la magnétisation entre 350 et 420 K sous champ magnétique de 0,2 à 2 T. Le matériau magnétocalorique est en particulier un alliage de nickel et manganèse, de préférence du type NiCoMnX, avec X choisi parmi l'aluminium, l'indium, l'antimoine ou l'étain.

**[0009]** L'actionneur en tant que tel est classique, avec un circuit magnétique comprenant une carcasse magnétique fixe, une bobine susceptible d'être reliée à un circuit électrique à ses extrémités, et un élément magnétique mobile par rapport à la carcasse en fonction de l'intensité du courant circulant dans la bobine. Notamment, l'élément magnétique mobile peut être un noyau plongeur qui se déplace au sein de la bobine, le noyau et la bobine étant logés dans la carcasse ; alternativement, l'élément magnétique mobile peut être du type palette, avec une carcasse en forme de U dont l'une des branches au moins est entourée de la bobine, et la palette se déplaçant par rapport aux branches du U pour le fermer.

**[0010]** Le dispositif de shunt peut s'étendre le long de l'axe de la bobine, notamment à l'intérieur pour un actionneur à noyau plongeur ; de préférence sous forme de cylindre, il peut être composé entièrement du matériau magnétocalorique ou ses effets peuvent être dimensionnés en adaptant le taux de matériau magnétocalorique en son sein. Les dimensions du cylindre sont elles aussi adaptées à l'effort souhaité pour le dispositif de shunt par rapport au courant circulant dans la bobine.

**[0011]** L'actionneur électromagnétique peut être mis en place dans un appareil de coupure, notamment un disjoncteur modulaire à boîtier moulé, l'un des contacts de l'appareil de coupure étant couplé à l'élément mobile de l'actionneur, pour ouvrir ou fermer la ligne en fonction du courant circulant dans la bobine. En particulier, l'actionneur peut former un dispositif de déclenchement d'un tel appareil de coupure, la bobine étant alors couplée à la ligne que l'appareil de coupure est amené à protéger et l'élément mobile pouvant être couplé à un contact mobile de l'appareil, par exemple de façon rigide.

### BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

**[0012]** D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui suit de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre

illustratif et nullement limitatifs, représentés dans les figures annexées.

La figure 1, déjà décrite, illustre un disjoncteur basse tension à boîtier moulé dans lequel l'actionneur selon l'invention peut être mis en place.

La figure 2 montre les caractéristiques du matériau qui peut être utilisé dans le shunt d'un actionneur selon l'invention.

La figure 3 représente un actionneur selon un mode de réalisation de l'invention, avec illustration des forces d'induction magnétique selon le courant  $y$  circulant.

La figure 4 montre un autre mode de réalisation d'un disjoncteur selon l'invention.

#### DESCRIPTION DETAILLÉE D'UN MODE DE REALISATION PREFERE

**[0013]** L'action du bilame dans un système de déclenchement est remplacée selon l'invention par un système de shunt magnétique saturable, qui est intégré à un actionneur électromagnétique usuel, lequel conserve son rôle de déclenchement sur court-circuit. Le shunt associé à l'actionneur prend ainsi la fonction de déclenchement sur surcharge.

**[0014]** A cette fin, le matériau du shunt est choisi pour ses propriétés magnétothermiques, ou magnétocaloriques. Plus précisément, tel qu'illustré en figure 2, le matériau est tel que son degré de magnétisation  $M$  présente un pic en fonction de la température. Notamment, à basse température, le matériau est peu, voire pas, magnétique. Lorsque la température augmente, au-delà d'une première température  $T_0$ , la magnétisation  $M$  du matériau augmente rapidement, pour atteindre un maximum à une deuxième température  $T_1$ , au-delà de laquelle la magnétisation diminue jusqu'à s'annuler pour la température de Curie  $T_c$  du matériau. Ces différentes températures  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_c$  dépendent elles-mêmes du champ magnétique  $H$  appliqué (voir les variations obtenues pour un champ de 0,2 T et un champ de 7 T en figure 2).

**[0015]** Pour une utilisation selon l'invention, la première température  $T_0$  est choisie supérieure à 330 K, de préférence proche de 350 K. Ce choix est rendu possible par l'utilisation de matériaux de la famille  $\text{NiCoMnX}$ , avec  $X \in \{\text{Al}, \text{In}, \text{Sb}, \text{Sn}\}$ , de préférence aluminium ou étain : pour ces matériaux, la transition est bien marquée avec une température  $T_1$  proche de  $T_0$  (écart de 10 à 30 K) et une magnétisation élevée, de l'ordre de 70 emu/g. Notamment, pour  $\text{Ni}_{40}\text{Co}_{10}\text{Mn}_{33}\text{Al}_{17}$ , on a  $T_0 = 347$  K,  $M_{\text{max}} = 90$  emu/g.

**[0016]** L'actionneur selon l'invention comprend ainsi un shunt associé à la bobine. Notamment, tel qu'illustré en figures 3, un actionneur 10 selon l'invention comprend un circuit magnétique avec une carcasse magnétique

fixe 12 logeant une bobine 14 longitudinale au sein de laquelle peut se déplacer un noyau plongeur magnétique 16. La bobine 14 est reliée à une ligne électrique d'alimentation et, en fonction du courant  $y$  circulant, induit un champ magnétique  $B$  dans le circuit magnétique qui déplace le noyau 16 le long de l'axe de la bobine 14.

**[0017]** Un dispositif 18 comprenant le matériau magnétocalorique est mis en place autour de la bobine 14, au sein de la carcasse 12, pour former un shunt magnétique dans le circuit magnétique. Le dispositif de shunt 18 forme de préférence un cylindre logé dans la carcasse 12. Le shunt peut être assuré par le dispositif 18 en entier, composé alors dans son ensemble de matériau magnétothermique ; de préférence, le dispositif de shunt 18 est ainsi formé de rondelles empilées, voire de barreaux juxtaposés ou de tôles découpées. Alternative-ment, le dispositif de shunt 18 peut comprendre un support auquel est associé, ou dans lequel est intégré, une partie de matériau magnétocalorique, ce qui permet une forme simplifiée comme un cylindre ; le dispositif de shunt 18 peut également former une partie de la carcasse 12 à laquelle sont associés, par exemple insérés dans des rainures ou accolés, des éléments en matériau approprié.

**[0018]** Tel qu'illustré en figure 3A, lorsque le courant  $I$  traversant la bobine 14 est inférieur ou égal au courant nominal  $I_{\text{nom}}$ , la température de l'ensemble 10 reste peu élevée, proche de la température ambiante. La température du dispositif de shunt 18 reste inférieure à la première température  $T_0$  : le shunt est dans son état non magnétique et la réluctance du circuit magnétique est forte, similaire à celle du même actionneur sans dispositif de shunt. L'effort du champ  $B$  induit sur le noyau magnétique 16 reste faible et inférieur au seuil de déclenchement : le noyau 16 reste donc dans sa position de repos.

**[0019]** Lorsque le courant  $I$  dépasse une valeur de surcharge  $I_s$ , une élévation de la température se produit au sein de la bobine 14. Sous l'effet de cette élévation, la température au niveau du dispositif de shunt 18 augmente pour se situer, au moins transitoirement, dans la plage de magnétisation, entre  $T_0$  et  $T_1$  : le matériau magnétothermique passe dans son état magnétique. Tel qu'illustré en figure 3B, le dispositif de shunt 18 canalise alors le flux induit  $B$  et la réluctance du circuit diminue. L'effort sur le noyau mobile 16 augmente progressivement, pour devenir supérieur au seuil de déclenchement : le noyau mobile 16 se déplace, et il peut déverrouiller le mécanisme du disjoncteur 1 pour ouvrir la ligne dans laquelle il est placé.

**[0020]** Avantagusement, un contact thermique direct est assuré entre le shunt 18 et la bobine 14. De fait, le shunt en matériau magnétocalorique voit son état magnétique dépendre de la température et du champ magnétique auxquels il est soumis, valeurs qui, quant à elles, dépendent de la valeur du courant  $I$  circulant dans le bobinage 14. Le dimensionnement du système 10 permet de positionner la valeur correspondante de courant

de surcharge  $I_s$  pour localiser la température induite dans la plage  $[T_0, T_1]$  de transition de phase non magnétique / magnétique du matériau, et de dimensionner le champ induit par le shunt pour permettre le déplacement du noyau 16 et donc le déclenchement d'un disjoncteur 1 associé à l'actionneur 10. En particulier, il est possible de choisir la quantité de matériau du shunt, notamment via la longueur et la section, voire la composition, du dispositif 18, ainsi que la longueur et la section des spires du bobinage 14.

**[0021]** Il est à noter que si le courant  $I$  dépasse la valeur du courant de court-circuit  $I_{cc}$ , il provoque une saturation magnétique de l'ensemble du circuit, quel que soit l'état du matériau magnétothermique du shunt 18 : suffisamment de flux  $B$  passe dans tous les cas par le noyau mobile 16 pour provoquer son déplacement et donc le déclenchement du disjoncteur 1 (figure 3C).

**[0022]** Le dispositif de shunt 18 a donc peu d'influence sur le fonctionnement de l'actionneur 10 en cas de court-circuit. De plus, comme il est positionné dans le flux de fuite du bobinage 14, le shunt 18 a peu d'influence sur l'effort d'attraction du noyau mobile 16 sous courant nominal  $I_{nom}$ . L'actionneur 10 peut donc conserver les dimensions et la conception actuelles selon les paramètres de coupure et fonctionnement demandés pour ses fonctions de coupure sur court-circuit, même si les caractéristiques du système de déclenchement selon l'invention peuvent permettre une optimisation.

**[0023]** Ainsi, un actionneur 10 selon l'invention mis en place dans un appareil de coupure, notamment un disjoncteur 1 BT à boîtier moulé et/ou modulaire tel qu'illustré en figure 1, permet de réaliser les deux fonctions de protection par un seul composant, de manière exclusivement magnétique et sans qu'il soit nécessaire de chauffer un bilame. Du volume est donc libéré par l'absence du bilame, volume qui devient disponible au sein du boîtier pour de nouvelles fonctionnalités. La dissipation thermique globale de l'appareil 1, 10 est également restreinte, ce qui augmente sa fiabilité et son efficacité énergétique. Enfin, la disparition du réglage thermique permet une diminution des coûts industriels, tout comme la réduction du nombre de pièces à assembler.

**[0024]** Bien que l'invention ait été décrite en référence à un actionneur électromagnétique 10 à plongeur mobile 16, elle ne s'y limite pas : d'autres éléments peuvent être concernés par la mise en place d'un tel shunt magnétothermique, afin de substituer les déclencheurs magnétique et thermique des disjoncteurs existants. En particulier, l'utilisation d'un système de shunt magnétique saturable, dont le rôle est de canaliser une part plus ou moins grande du flux en fonction du courant qui circule dans le produit, peut être adaptée pour un actionneur électromagnétique à palette, notamment pour utilisation dans un appareil de coupure.

**[0025]** Ainsi, tel qu'illustré en figure 4, l'appareil de coupure 1' comprend deux contacts mobiles 4, 6 relativement l'un à l'autre, l'un des deux contacts au moins étant associé à la partie mobile d'un actionneur électromagné-

tique 20 dont le circuit magnétique comprend :

- une carcasse magnétique fixe 22 sensiblement en U ;
- une bobine 24 reliée à la ligne de courant par ses extrémités et encadrant une branche au moins du U magnétique 22 ;
- une palette 26 mobile relativement à la carcasse 22 en fonction du courant circulant dans la bobine 24, entre une position de repos dans laquelle un entrefer existe entre le U 22 et la palette 26, et une position de coupure dans laquelle la palette 26 referme ledit U 22 ;
- un dispositif de shunt 28 en matériau magnétothermique mis en place au sein de la bobine 24, plus généralement le long de l'axe du bobinage 24.

**[0026]** Ici encore, le chauffage du shunt 28 est réalisé par contact thermique avec le bobinage 24 parcouru par le courant et/ou par effet Joule en faisant circuler tout ou partie du courant dans le matériau actif. Les deux fonctions du disjoncteur 1' sont ainsi assurées par un seul dispositif de déclenchement et actionnement 20, de manière plus efficace du point de vue technique, économique, environnemental et industriel.

## Revendications

1. Actionneur électromagnétique (10, 20) comprenant un circuit magnétique avec une carcasse magnétique fixe (12, 22), une bobine (14, 24) susceptible d'être reliée à un circuit électrique à ses extrémités, et un élément magnétique mobile (16, 26) par rapport à la carcasse (12, 22) en fonction de l'intensité du courant circulant dans la bobine (14, 24), comprenant un dispositif de shunt (18, 28) s'étendant le long de l'axe de la bobine (14, 24),  
**caractérisé en ce que** ledit dispositif de shunt (18, 28) comprenant un matériau magnétocalorique dont la magnétisation augmente avec la température au dessus d'une première température ( $T_0$ ) supérieure ou égale à 330 K et atteint un maximum à une deuxième température ( $T_1$ ) inférieure à 420 K, ledit maximum de magnétisation étant supérieur à 40 emu/g.
2. Actionneur selon la revendication 1 dans lequel le matériau magnétocalorique est un alliage de nickel et manganèse.
3. Actionneur selon la revendication 2 dans lequel le matériau magnétocalorique est du type  $NiCoMnX$ , avec  $X \in \{Al, In, Sb, Sn\}$ .
4. Actionneur selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel l'élément magnétique mobile est un noyau plongeur (16) logé dans la bobine (14) au sein de laquelle il se déplace, l'ensemble noyau/bobine (14,

16) étant logé dans la carcasse (12).

5. Actionneur selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel le dispositif de shunt (18, 28) forme un cylindre autour de la bobine (14, 24).
6. Actionneur selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel l'élément magnétique est une palette (26), la carcasse (22) formant un U dont l'une des branches au moins est entourée par la bobine (24), la palette (26) se déplaçant par rapport à la carcasse (22) pour fermer ledit U.
7. Appareil de coupure (1, 1') comprenant une paire de contacts mobiles (4, 6) l'un par rapport à l'autre et un actionneur (10, 20) selon l'une des revendications 1 à 6, l'un des contacts au moins étant couplé à l'élément mobile (16, 26) dudit actionneur (10, 20).
8. Déclencheur de disjoncteur comprenant un actionneur (10, 20) selon l'une des revendications 1 à 6, l'élément mobile (16, 26) et la bobine (14, 24) dudit actionneur (10, 20) étant adaptés pour être couplés à une ligne de courant à protéger.
9. Disjoncteur modulaire (1) comprenant un boîtier logeant un déclencheur selon la revendication 8 et une paire de contacts mobiles l'un par rapport à l'autre, un premier contact (4) étant couplé à l'élément mobile (16, 26) de l'actionneur (10, 20).

#### Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator (10, 20), umfassend eine Magnetschaltung mit einem festen Magnetkörper (12, 22), einer Spule (14, 24), die geeignet ist, mit einer elektrischen Schaltung an ihren Enden verbunden zu sein, und ein magnetisches Element (16, 26), das in Bezug zum Körper (12, 22) in Abhängigkeit von der Stärke des in der Spule (14, 24) zirkulierenden Stroms beweglich ist, umfassend eine Shunt-Vorrichtung (18, 28), die sich entlang der Achse der Spule (14, 24) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Shunt-Vorrichtung (18, 28) ein magnetokalorisches Material umfasst, dessen Magnetisierung mit der Temperatur über einer ersten Temperatur ( $T_0$ ) größer oder gleich 330 K steigt und ein Maximum bei einer zweiten Temperatur ( $T_1$ ) kleiner als 420 K erreicht, wobei das Magnetisierungsmaximum größer als 40 emu/g ist.
2. Aktuator nach Anspruch 1, bei dem das magnetokalorische Material eine Legierung aus Nickel und Mangan ist.
3. Aktuator nach Anspruch 2, bei dem das magnetokalorische Material vom Typ NiCoMnX ist, wobei  $X \in$

{Al, In, Sb, Sn} ist.

4. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das bewegliche magnetische Element ein Tauchkern (16) ist, der in der Spule (14), in der es sich verlagert, angeordnet ist, wobei die Einheit Kern/Spule (14, 16) in dem Körper (12) angeordnet ist.
5. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Shunt-Vorrichtung (18, 28) einen Zylinder um die Spule (14, 24) bildet.
6. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das magnetische Element eine Palette (26) ist, wobei der Körper (22) ein U bildet, von dem mindestens einer der Schenkel von der Spule (24) umgeben ist, wobei sich die Palette (26) in Bezug zum Körper (22) verlagert, um das U zu schließen.
7. Schaltgerät (1, 1'), umfassend ein Paar von zueinander beweglichen Kontakten (4, 6) und einen Aktuator (10, 20) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei mindestens einer der Kontakte mit dem beweglichen Element (16, 26) des Aktuators (10, 20) gekoppelt ist.
8. Auslöser eines Leistungsschalters, umfassend einen Aktuator (10, 20) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das bewegliche Element (16, 26) und die Spule (14, 24) des Aktuators (10, 20) dazu vorgesehen sind, mit einer zu schützenden Stromleitung gekoppelt zu sein.
9. Modularer Leistungsschalter (1), umfassend ein Gehäuse, das einen Auslöser nach Anspruch 8 und ein Paar von zueinander beweglichen Kontakten beherbergt, wobei ein erster Kontakt (4) mit dem beweglichen Element (16, 26) des Aktuators (10, 20) gekoppelt ist.

#### Claims

1. Electromagnetic actuator (10, 20) comprising a magnetic circuit with a fixed magnetic frame (12, 22), a coil (14, 24) capable of being connected to an electrical circuit at its ends, and a magnetic element (16, 26) movable with respect to the frame (12, 22) according to the intensity of the current flowing in the coil (14, 24), comprising a shunt device (18, 28) extending along the axis of the coil (14, 24), **characterized in that** said shunt device (18, 28) comprising a magnetocaloric material for which the magnetization increases with temperature above a first temperature ( $T_0$ ) greater than or equal to 330 K and reaches a maximum at a second temperature ( $T_1$ ) of less than 420 K, said magnetization maximum

being greater than 40 emu/g.

2. Actuator according to Claim 1, wherein the magnetocaloric material is an alloy of nickel and manganese. 5
3. Actuator according to Claim 2, wherein the magnetocaloric material is of the NiCoMnX type, where  $X \in \{Al, In, Sb, Sn\}$ . 10
4. Actuator according to one of Claims 1 to 3, wherein the movable magnetic element is a solenoid plunger (16) housed in the coil (14) within which it moves, the plunger/coil assembly (14, 16) being housed in the frame (12). 15
5. Actuator according to one of Claims 1 to 4, wherein the shunt device (18, 28) forms a cylinder around the coil (14, 24). 20
6. Actuator according to one of Claims 1 to 5, wherein the magnetic element is an armature (26), the frame (22) forming a U-shape, at least one of the branches of which is surrounded by the coil (24), the armature (26) moving with respect to the frame (22) in order to close said U-shape. 25
7. Cut-off unit (1, 1') comprising a pair of contacts (4, 6) movable with respect to one another and an actuator (10, 20) according to one of Claims 1 to 6, at least one of the contacts being coupled to the movable element (16, 26) of said actuator (10, 20). 30
8. Circuit breaker tripping device comprising an actuator (10, 20) according to one of Claims 1 to 6, the movable element (16, 26) and the coil (14, 24) of said actuator (10, 20) being suitable for being coupled to a current-carrying line to be protected. 35
9. Modular circuit breaker (1) comprising a casing housing a tripping device according to Claim 8 and a pair of contacts movable with respect to one another, a first contact (4) being coupled to the movable element (16, 26) of the actuator (10, 20). 40

45

50

55

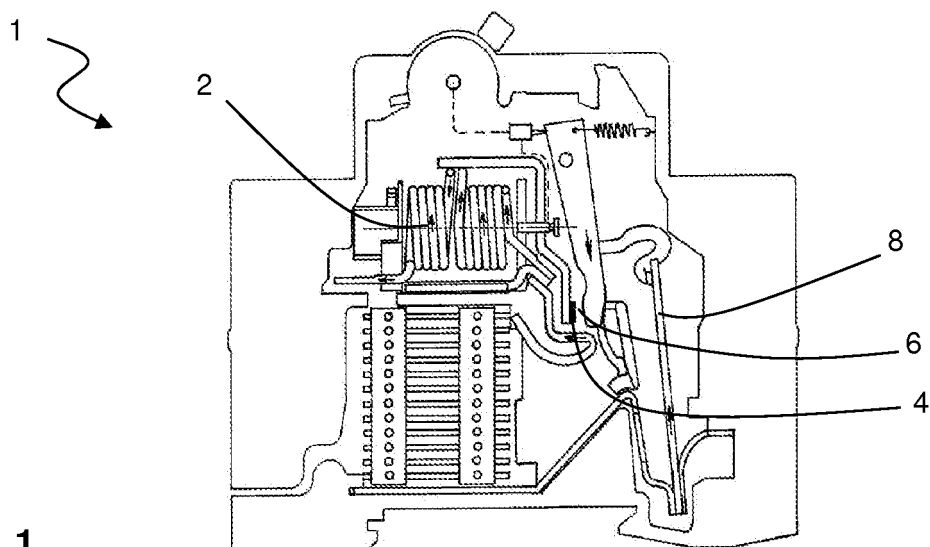


Fig. 1

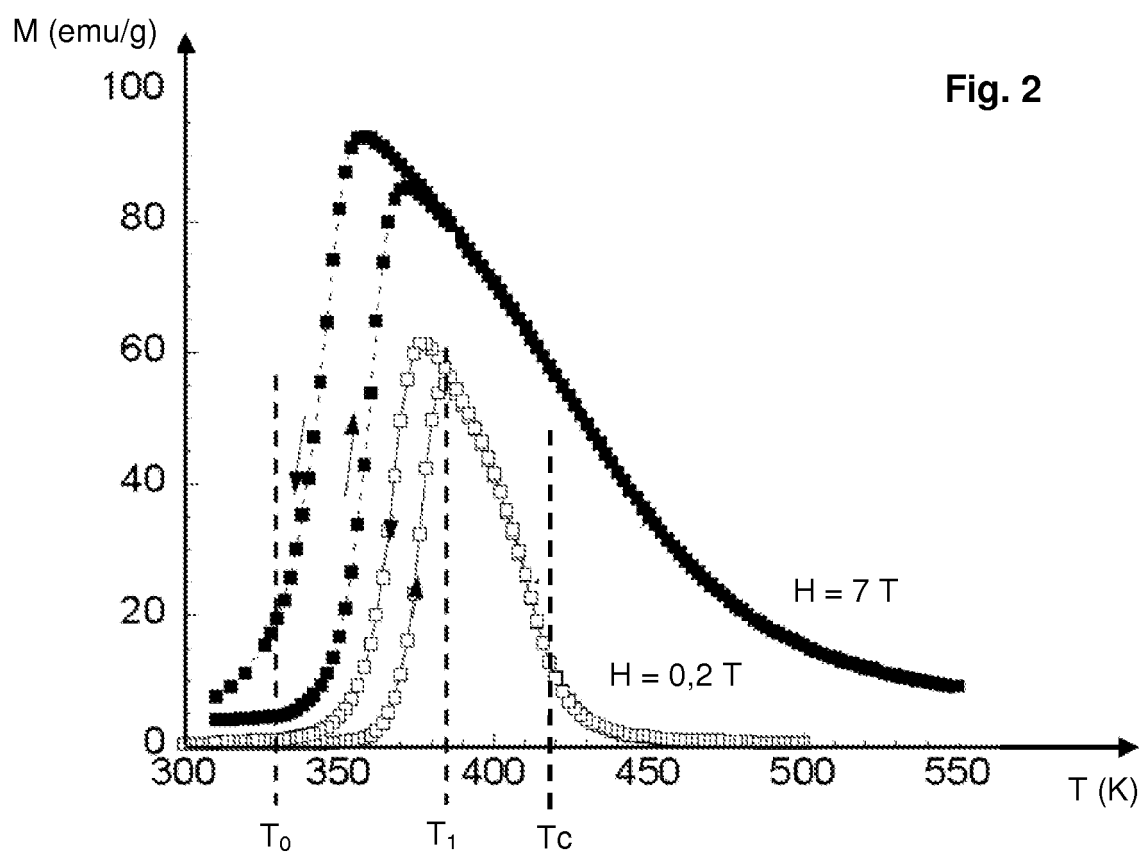


Fig. 3A

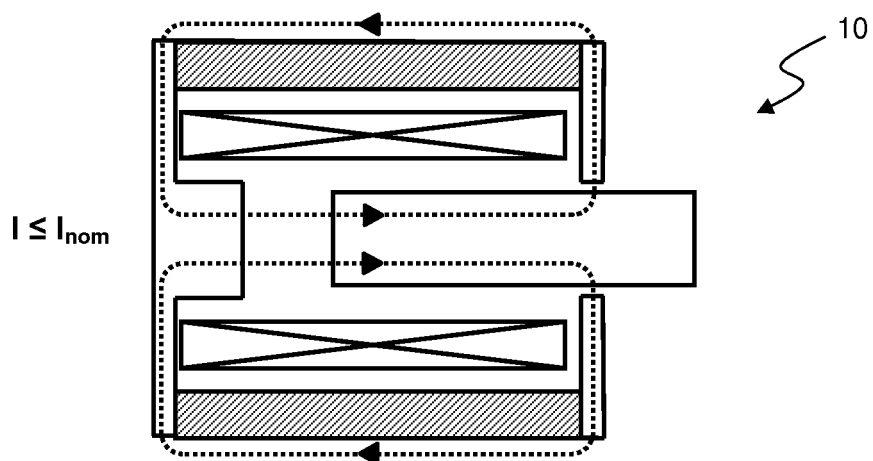


Fig. 3B

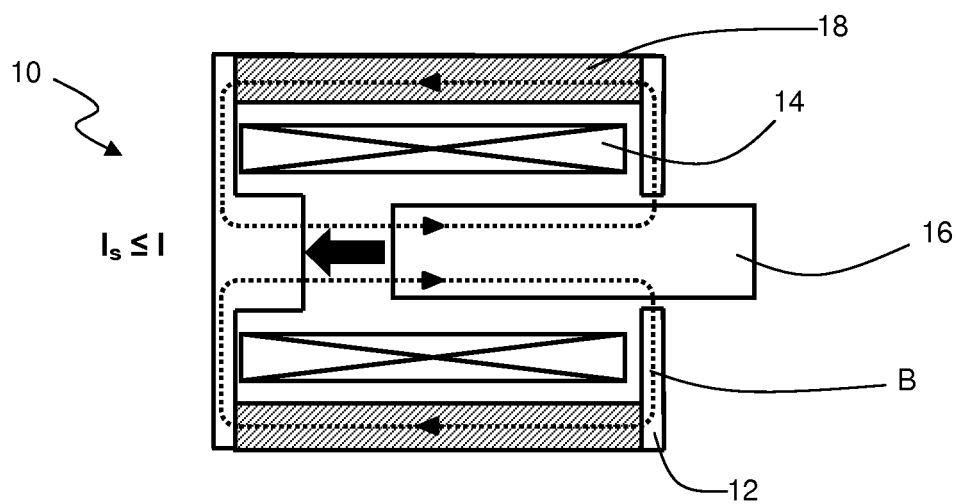
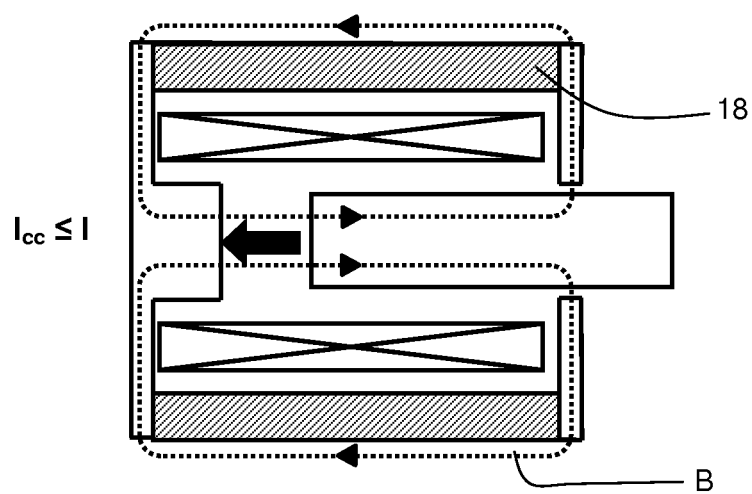


Fig. 3C





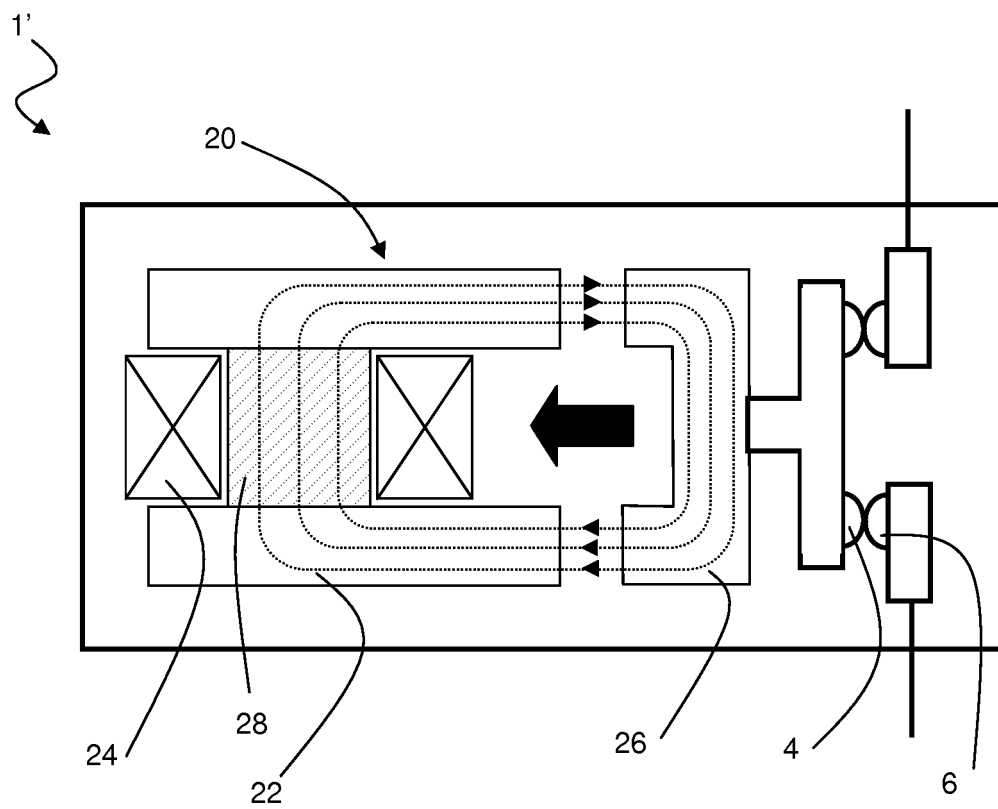


Fig. 4

**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**

- FR 2682533 [0003]
- FR 2772981 [0003]
- EP 1792326 A [0003]
- US 2690528 A [0005]
- EP 1001444 A [0005]