



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
11.12.2019 Bulletin 2019/50

(51) Int Cl.:
H01H 50/16 (2006.01) H01H 49/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19178911.4**

(22) Date de dépôt: **07.06.2019**

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **08.06.2018 FR 1855023**

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

(72) Inventeurs:
• **GEFFROY, Vincent
38050 GRENOBLE Cedex 09 (FR)**
• **THERON, Olivier
38050 GRENOBLE Cedex 09 (FR)**
• **HENRI-ROUSSEAU, Julien
38050 GRENOBLE Cedex 09 (FR)**

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

(54) **PIÈCE FERROMAGNÉTIQUE POUR UN CONTACTEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE, SON
PROCÉDÉ DE FABRICATION ET SON UTILISATION**

(57) L'invention concerne un nouveau procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique (22, 30) pour un contacteur électromagnétique, la pièce ferromagnétique présentant à la fois une endurance mécanique particulièrement élevée face aux chocs, de bonnes propriétés ferromagnétiques et une bonne tenue à la corrosion, tout en intégrant un entrefer amagnétique. Le procédé comprend les étapes successives suivantes : une étape a) de fourniture d'une pièce brute en métal ferromagnétique doux (100) ; et une étape b) de nickelage chimique d'au moins une partie de la pièce brute pour obtenir la pièce ferromagnétique (22, 30), dont la partie est revêtue en surface par une couche de nickel de surface (102), la pièce ferromagnétique obtenue comprenant le métal ferromagnétique doux (100), qui, pour ladite au moins une partie chimiquement nickelée, est disposé sous la couche de nickel de surface (102).

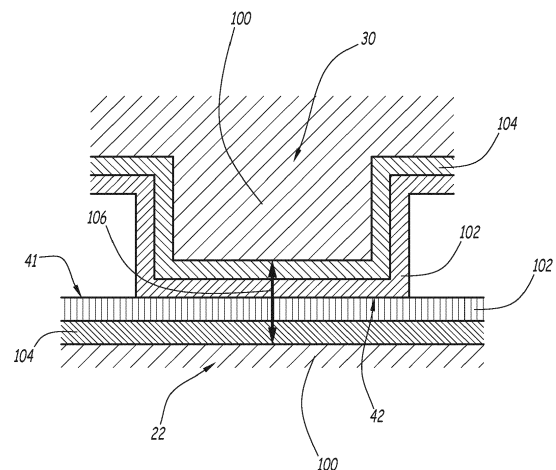


Fig.4

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique pour un contacteur électromagnétique, un procédé de fabrication d'un contacteur électromagnétique, une pièce ferromagnétique, un contacteur électromagnétique, et une utilisation d'une pièce ferromagnétique.

[0002] La présente invention est relative au domaine des appareils électrotechniques, en particulier pour la basse tension, et aux éléments ferromagnétiques destinés à équiper de tels appareils.

[0003] FR 2 746 541 A1 décrit un exemple d'appareil contacteur électromagnétique connu, comprenant un électro-aimant pourvu d'une bobine avec des bornes d'alimentation, d'une pièce fixe formant une partie fixe du circuit magnétique et d'une pièce mobile formant une partie mobile du circuit magnétique. La pièce mobile est reliée mécaniquement à un porte-contact de l'appareil. L'alimentation de la bobine entraîne le déplacement du porte-contact par déplacement de la pièce mobile par rapport à la pièce fixe sous l'effet du champ électromagnétique ainsi généré. Ce déplacement consiste en un rapprochement et une mise à l'écart de la pièce mobile par rapport à la pièce fixe.

[0004] Pour certaines applications, il est connu, afin d'améliorer le comportement électromagnétique de la pièce mobile et de la pièce fixe, de maintenir un entrefer amagnétique non nul entre la pièce fixe et la pièce mobile lorsque ces pièces sont dans leur position la plus rapprochée. Cela permet notamment d'améliorer le temps de retombée du contacteur, c'est-à-dire le temps que met la pièce mobile à retrouver sa position éloignée de la pièce fixe, lorsque la bobine n'est plus alimentée. Le temps de retombée est un paramètre important, puisqu'il correspond au temps que va mettre le contacteur à ouvrir ou fermer le circuit de puissance une fois qu'il en aura reçu la commande.

[0005] Pour cela, il est connu d'introduire une cale amagnétique fine entre les pièces fixe et mobile afin de borner leur rapprochement. Toutefois, il est difficile de concevoir une cale qui présente à la fois une épaisseur suffisamment faible pour que l'entrefer amagnétique soit optimal et à la fois une épaisseur suffisamment forte pour que la cale soit mécaniquement durable.

[0006] Il est également connu d'appliquer un traitement de surface de type phosphatation sèche, qui permet d'appliquer en surface des pièces fixe et mobile une couche fine de matériau amagnétique. Dans ce cas, le rapprochement des deux pièces entraîne une mise en contact de celles-ci par l'intermédiaire de leur couche de traitement de surface. A chaque mise en contact, il se produit un choc entre les deux pièces. Après de nombreuses manœuvres, les chocs successifs subits par ces deux pièces entraînent une détérioration de leur couche de traitement de surface, ainsi qu'un matage, c'est-à-dire une déformation ou une usure. La détérioration et le matage entraîne un changement des propriétés électroma-

gnétiques dans le temps, notamment puisque la couche de traitement de surface s'amenuise et que les pièces sont déformées. Généralement, au cours de l'utilisation du contacteur, le temps de retombée augmente, ou varie de façon importante.

[0007] Pour remédier aux inconvénients susmentionnés, un but de l'invention est de fournir un nouveau procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique présentant à la fois une endurance mécanique particulièrement élevée face aux chocs, de bonnes propriétés ferromagnétiques et une bonne tenue à la corrosion, tout en intégrant un entrefer amagnétique.

[0008] Selon un premier aspect, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique pour un contacteur électromagnétique, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- une étape a) de fourniture d'une pièce brute en métal ferromagnétique doux ; et
- une étape b) de nickelage chimique d'au moins une partie de la pièce brute pour obtenir la pièce ferromagnétique, dont la partie est revêtue en surface par une couche de nickel de surface, la pièce ferromagnétique obtenue comprenant le métal ferromagnétique doux, qui, pour ladite au moins une partie chimiquement nickelée, est disposé sous la couche de nickel de surface.

[0009] Grâce à l'invention, la couche de nickel de surface confère une résistance aux chocs à la pièce ferromagnétique. Lorsque la pièce ferromagnétique est utilisée dans un contacteur électromagnétique, sa détérioration est plus lente que les moyens mis en oeuvre dans l'art antérieur. En particulier, la dérive du temps de retombée du contacteur est nettement moins élevée, et surtout, moins aléatoire. La couche de nickel de surface est amagnétique, relativement au métal ferromagnétique doux, de sorte que cette couche peut avantageusement être utilisée en tant qu'entrefer amagnétique intégré. La couche résiduelle de nickel confère aussi une résistance à la corrosion à la pièce ferromagnétique, étant donné que le métal ferromagnétique est susceptible d'y être sensible. Dans un mode de réalisation préférentiel où l'on applique un recuit magnétique à la pièce ferromagnétique, le nickelage chimique est compatible avec ce recuit magnétique, lequel peut donc être effectué postérieurement au nickelage chimique. Par conséquent, les propriétés magnétiques de la pièce ferromagnétique peuvent être rendues particulièrement bonnes pour l'application à un contacteur électromagnétique.

[0010] D'autres caractéristiques avantageuses de l'invention sont définies dans ce qui suit :

- l'étape b) comprend un trempage de la pièce brute dans un bain, le bain comprenant une solution aqueuse d'oxyde de nickel et un agent réducteur, de préférence de l'hydrophosphite de sodium, la pièce brute étant brassée dans le bain lors du trempage

de sorte à être revêtue par la couche de nickel de surface sur au moins 95% de sa superficie, de préférence sur toute sa superficie.

- le procédé comprend, après l'étape b), une étape c) de recuit magnétique de la pièce ferromagnétique revêtue lors de l'étape b), de sorte que la pièce ferromagnétique obtenue à l'issue de l'étape c) comprend :

- en surface externe, la couche de nickel de surface,
- le métal ferromagnétique doux recuit, sous la couche de nickel de surface pour ladite au moins une partie chimiquement nickelée au cours de l'étape b), et
- une couche de nickel diffusé dans le métal ferromagnétique doux en raison du recuit magnétique, la couche de nickel diffusé reliant la couche de nickel de surface et le métal ferromagnétique doux recuit.

- l'étape c) comprend une soumission de la pièce ferromagnétique, revêtue au cours de l'étape b), à une température comprise entre 800°C et 850°C, pendant une durée comprise entre 3 heures et 5 heures, de préférence 4 heures.
- le métal ferromagnétique doux est un alliage fer-carbone avec une teneur en carbone inférieure à 0,03 % en poids.

[0011] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un contacteur électromagnétique, le contacteur électromagnétique comprenant :

- un actionneur électromagnétique, comprenant au moins une bobine, une partie ferromagnétique mobile et une partie ferromagnétique fixe, les parties ferromagnétique mobile et fixe étant configurés pour basculer entre une position éloignée l'une de l'autre et une position de contact ; et
- au moins une paire de contacts de puissance, qui est actionnée par la partie ferromagnétique mobile lors du basculement entre la position éloignée et la position de contact, ladite au moins une paire de contacts de puissance étant alors basculée entre une configuration fermée et une configuration ouverte,

le procédé de fabrication du contacteur électromagnétique comprenant une étape dans laquelle on intègre au moins une pièce ferromagnétique, obtenue à l'aide du procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique conforme à ce qui précède, à au moins l'une des parties ferromagnétique mobile et fixe.

[0012] L'invention a également pour objet une pièce ferromagnétique pour un contacteur électromagnétique, la pièce ferromagnétique étant préférentiellement obtenue à l'aide d'un procédé conforme à ce qui précède, la

pièce ferromagnétique comprenant au moins une partie qui comprend :

- en surface, une couche de nickel de surface obtenue par une étape de nickelage chimique, et
- un métal ferromagnétique doux revêtu par la couche de nickel de surface.

[0013] De préférence, la couche de nickel de surface mesure entre 3 et 50 μm d'épaisseur, de préférence entre 5 et 25 μm d'épaisseur.

[0014] L'invention a également pour objet un contacteur électromagnétique comprenant :

- un actionneur électromagnétique, comprenant au moins une bobine, une partie ferromagnétique mobile et une partie ferromagnétique fixe, les parties ferromagnétique mobile et fixe étant configurées pour basculer entre une position éloignée l'une de l'autre et une position de contact, au moins l'une des parties ferromagnétique mobile et fixe comprenant une pièce ferromagnétique conforme à ce qui précède ; et
- au moins une paire de contacts de puissance, qui est actionnée par la partie ferromagnétique mobile lors du basculement entre la position éloignée et la position de contact, ladite au moins une paire de contacts de puissance étant alors basculée entre une configuration fermée et une configuration ouverte.

[0015] L'invention a également pour objet une utilisation d'une pièce ferromagnétique conforme à ce qui précède dans un contacteur électromagnétique conforme à ce qui précède, la pièce ferromagnétique étant utilisée comme partie de la partie ferromagnétique mobile ou de la partie ferromagnétique fixe de l'actionneur électromagnétique.

[0016] Indépendamment de la pièce ferromagnétique de l'invention mentionnée ci-dessus, on envisage un mode de réalisation dans lequel on a une pièce ferromagnétique pour un contacteur électromagnétique, la pièce ferromagnétique étant préférentiellement obtenue à l'aide d'un procédé conforme à ce qui précède, incluant en outre l'étape c) et, éventuellement, toute autre caractéristique du procédé de l'invention parmi celles mentionnées comme étant optionnelles. La pièce ferromagnétique de ce mode de réalisation indépendant a subi, pour au moins une partie de ladite pièce ferromagnétique, une étape b) de nickelage chimique, et, après l'étape b), une étape c) de recuit magnétique de la pièce ferromagnétique revêtue lors de l'étape b), la pièce ferromagnétique comprenant ladite au moins une partie de la pièce ferromagnétique comprenant :

- en surface externe, une couche de nickel de surface obtenue par l'étape de nickelage chimique,
- un métal ferromagnétique doux recuit, revêtu par la

couche de nickel de surface en étant sous la couche de nickel de surface pour ladite au moins une partie chimiquement nickelée au cours de l'étape b), et

- une couche de nickel diffusé dans le métal ferromagnétique doux en raison du recuit magnétique, la couche de nickel diffusé reliant la couche de nickel de surface et le métal ferromagnétique doux recuit.

[0017] Pour ce mode de réalisation indépendant, de façon optionnelle et avantageuse :

- la couche de nickel de surface mesure entre 3 et 50 μm d'épaisseur, de préférence entre 3 et 20 μm d'épaisseur ;
- la couche de nickel diffusé mesure entre 3 et 40 μm d'épaisseur, de préférence entre 10 et 30 μm d'épaisseur.

[0018] Indépendamment du contacteur électromagnétique de l'invention, on envisage un contacteur électromagnétique avec les mêmes caractéristiques que celui de l'invention, hormis que la pièce ferromagnétique est celle qui comprend la couche de nickel diffusé, c'est-à-dire celle appartenant au mode de réalisation indépendant défini ci-avant.

[0019] Indépendamment de l'utilisation de la pièce ferromagnétique de l'invention, on envisage une utilisation de la pièce ferromagnétique comprenant la couche de nickel diffusée, c'est-à-dire celle appartenant au mode de réalisation indépendant défini ci-avant, comme partie de la partie ferromagnétique mobile ou de la partie ferromagnétique fixe de l'actionneur électromagnétique d'un contacteur électromagnétique conforme à ce qui précède.

[0020] La description qui suit concerne des modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- Les figures 1 et 2 sont deux coupes d'un même contacteur électromagnétique, selon deux configurations différentes, comportant des pièces ferromagnétiques conformes à l'invention ;
- la figure 3 est une vue en perspective de l'une des pièces ferromagnétiques des figures précédentes ;
- la figure 4 est un détail de la figure 2, représentant deux pièces ferromagnétiques du contacteur, de façon schématique et à plus grande échelle ; et
- la figure 5 est un graphe montrant les résultats d'un test comparatif.

[0021] Sur les figures 1 et 2 est représenté un contacteur électromagnétique 2, permettant d'interrompre sélectivement le passage de courant dans un circuit de puissance, par exemple entre une source d'alimentation et une charge électrique. A la figure 1, le contacteur 2 est représenté dans une configuration ouverte, dans laquelle il bloque le passage de courant. A la figure 2, le

contacteur 2 est représenté dans une configuration fermée, dans laquelle il autorise le passage du courant.

[0022] Ce contacteur 2 est préférentiellement prévu pour un circuit de puissance dit « basse tension », c'est-à-dire présentant une tension comprise par exemple entre 1V et 600V, de préférence entre 100V et 400V. Par exemple, il peut s'agir d'un réseau domestique, c'est-à-dire un réseau alimentant un logement, à une tension de 110V ou 230V en monophasé. Alternativement, cela peut par exemple concerner un réseau industriel en 380V triphasé.

[0023] Le contacteur 2 comprend une ou plusieurs paires de contacts de puissance, chaque paire comprenant un contact mobile 12 et un contact fixe 14. Les contacts 12 et 14 sont des contacts de puissance, car ils sont configurés pour bloquer ou être traversés par le courant du circuit de puissance susmentionné, selon la configuration ouverte ou fermée du contacteur 2. Le nombre de paires de contacts 12 et 14 est par exemple choisi en fonction du nombre de phases du circuit de puissance, chaque paire étant associée à une phase. Dans le présent exemple, deux paires de contacts 12 et 14 sont prévues, s'agissant d'un circuit de puissance monophasé.

[0024] Les contacts mobiles 12 sont portés par un porte-contact 10 qui est mobile selon un axe X10 entre :

- la position dite « ouverte », représentée à la figure 1, dans laquelle les contacts mobiles 12 et les contacts fixes 14 sont séparés par une distance d'isolement électrique et
- la position dite « fermée » représentée à la figure 2, dans laquelle les contacts mobiles 12 et les contacts fixes 14 sont en contact et connectés.

[0025] Par déplacement du contact mobile 12 solidaiement avec le porte-contact 10, chaque paire de contacts de puissance 12 et 14 évolue donc entre une configuration fermée, lorsque le contact 12 est en position fermée, et une configuration ouverte, lorsque le contact 12 est en position ouverte.

[0026] Le contacteur 2 comprend un actionneur électromagnétique 4 configuré pour actionner le porte-contact 10 entre ses deux configurations ouverte et fermée, et donc par extension, pour actionner simultanément chaque paire de contacts 12 et 14 entre leur position ouverte et fermée.

[0027] L'actionneur électromagnétique 4 comprend deux bobines 18, une partie ferromagnétique 6 fixe et une partie ferromagnétique 8 mobile. La partie 8 est mobile le long de l'axe X10, entre une position éloignée de la partie fixe 6, représentée à la figure 1 et une position de contact avec la partie fixe 6, représentée à la figure 2. La course en translation de la partie 8 par rapport à la partie 6 est représentée par la distance C à la figure 1, mesurée parallèlement à l'axe X10. En position éloignée, les parties 6 et 8 sont espacés par la distance C. En position de contact, les parties 6 et 8 sont en contact l'une contre l'autre et sont donc plus proche l'une de

l'autre.

[0028] Le porte contact 10, et donc chaque contact 12 simultanément, est déplacé, préférentiellement en translation suivant l'axe X10, par l'intermédiaire de la partie mobile 8 de l'actionneur électromagnétique 4. Lorsque la partie 8 est en position éloignée, les paires de contacts 12 et 14 sont en configuration ouverte. Lorsque la partie 8 est en position de contact, les paires de contacts 12 et 14 sont en configuration fermée. Pour cela, on prévoit que la position du porte-contact 10 est liée à celle de la partie 8. Ici, le porte-contacts 10 et la partie mobile 8 de l'actionneur 4 sont liés en translation suivant l'axe X10. Dans l'exemple, la partie 8 de l'actionneur est assemblée sur le porte-contacts 10 de manière à la rendre solidaire du porte-contact 10.

[0029] En variante, on pourrait prévoir à l'inverse que la position éloignée de la partie 8 entraîne une mise en configuration fermée des paires de contacts 12 et 14, et que la position de contact de la partie 8 entraîne une mise en configuration ouverte des paires de contacts 12 et 14.

[0030] La partie fixe 6 comprend une armature ferromagnétique ayant une architecture en forme de U. L'armature comprend une base 20 et deux noyaux 21 qui s'étendent, à partir de la base 20, parallèlement à l'axe X10. L'armature de la partie fixe 6 comprend également deux pièces ferromagnétiques 22 séparées. Les pièces 22 sont montées respectivement aux extrémités libres des noyaux 21, à l'opposé de la base 20. Les deux pièces 22 sont chacune de forme plate dans un même plan orthogonal à l'axe X10.

[0031] En variante, la partie fixe 6 pourrait être formée par une seule pièce ferromagnétique d'un seul tenant, plutôt que par assemblage des différentes pièces ferromagnétiques 20, 21 et 22 susmentionnées.

[0032] La partie mobile 8 comprend une pièce ferromagnétique 30, visible sur les figures 1 et 2, et représentée seule sur la figure 3. La pièce 30 est préférentiellement une pièce plate, qui s'étend dans un plan orthogonal à l'axe X10. La partie mobile comprend également une deuxième pièce ferromagnétique 31, qui forme également une pièce plate en appui plan contre la pièce 30.

[0033] En variante, la partie mobile 8 forme une seule pièce ferromagnétique d'un seul tenant.

[0034] La partie fixe 6 et la partie mobile 8 sont qualifiées de « ferromagnétique », c'est-à-dire qu'elles sont constituées de matériaux, et forment des structures, qui les rend susceptibles de s'aimanter sous l'effet du champ magnétique généré par les bobines 18 de façon à former un circuit magnétique, conduisant le flux magnétique produit par les bobines 18. Dans le présent exemple, les pièces ferromagnétiques 20, 21, 22, 30 et 31 forment un circuit magnétique fermé, en forme de boucle, lorsque la partie 8 est en position de contact avec la partie 6.

[0035] Chaque bobine 18 est enroulée autour l'un des noyaux 21. Lorsqu'elles sont alimentées en courant électrique, les bobines 18 génèrent un champ magnétique qui induit une aimantation de la partie fixe 6 et de la partie

mobile 8. Les parties 6 et 8 sont ainsi mutuellement attirées l'une vers l'autre. Lorsque les bobines 18 sont alimentées, la partie 6 passe en position de contact avec la partie 8. Lorsque l'alimentation des bobines 18 est interrompue, les parties 6 et 8 se désaimantant, de sorte que les parties 6 et 8 ne sont plus attirées l'une vers l'autre. La partie 6 retourne ainsi en position éloignée de la partie 8, sous l'effet de moyens de rappel décrits ci-après.

[0036] Les pièces 22 sont disposées en face de la pièce 30, parallèlement à l'axe X10. Les pièces 22 s'étendent dans un même plan qui est parallèle au plan de la pièce 30, ces plans étant orthogonaux à l'axe X10. Chaque pièce 22 comprend une face de contact respective 41 et la pièce 30 comprend une face de contact 42. En position éloignée, la pièce 30 est à l'écart des pièces 22, la face de contact 42 étant séparée par la distance C des faces 41. En position de contact, la pièce 30 est en appui plan contre les pièces 22, la face 42 venant en appui plan contre les faces 41.

[0037] L'actionneur électromagnétique 4 comprend des moyens de rappel de la partie mobile 8 en position éloignée, qui s'étendent par exemple entre la partie fixe 6 et la partie mobile 8. Dans l'exemple illustré, ces moyens de rappel sont formés par deux ressorts de compression hélicoïdaux 24 interposés parallèlement à l'axe X10 entre la pièce 31 et les noyaux 21. Pour la clarté des dessins, les ressorts 24 ne sont pas représentés à la figure 2.

[0038] Les ressorts 24 sont maintenus en position vis-à-vis des parties 6 et 8. Pour cela, chaque ressort 24 est introduit dans un orifice respectif traversant 33 de la pièce 30 et dans un orifice respectif traversant 25 de l'une des pièces 22. Chaque paire d'orifices traversants 25 et 33 associée à l'un des ressorts 24 est respectivement coaxiales avec un axe parallèle à l'axe X10. Les orifices 25 s'étendent respectivement à partir des faces 41 jusqu'au noyau 21. Les orifices 33 s'étendent à partir de la face 42 jusqu'à la pièce 31.

[0039] Le contacteur 2 comprend un boîtier 16 enfermant au moins partiellement les contacts 12 et 14, et enfermant complètement l'actionneur 4.

[0040] De préférence, comme expliqué ci-après, les faces 41 et 42 sont dans un matériau amagnétique qui constitue un entrefer intégré aux pièces 22 et 30. Ainsi, le matériau d'entrefer est venu de matière avec respectivement les pièces 22 et 30. Par « entrefer », on désigne une partie du circuit magnétique dans laquelle le flux d'induction ne circule pas dans un matériau ferromagnétique. En d'autres termes, l'entrefer est une coupure du circuit magnétique formé par les parties 6 et 8, que l'on conserve en position de contact de la partie 8 du contacteur 2. En position éloignée, un entrefer est donc formé à la fois par l'air séparant les faces 41 et 42, et par la couche de matériau amagnétique formant les faces 41 et 42.

[0041] En variante, on peut prévoir d'intercaler une cale de matériau amagnétique, en plus de l'entrefer déjà

fourni par les faces 41 et 42. Dès lors, les faces 41 et 42 ne sont pas en contact mutuel. En position de contact, la cale de matériau amagnétique reçoit en contact les faces 41 et 42, en étant interposée entre elles. Cela permet d'obtenir un entrefer plus épais en position de contact. Cette cale de matériau amagnétique est par exemple réalisée en bronze ou en matière plastique à base de polymère, qui sont des matériaux amagnétiques, comparativement au matériau ferromagnétique des parties 6 et 8.

[0042] On appelle « temps de retombée », la durée qui s'écoule entre le moment de l'arrêt de l'alimentation électrique des bobines 21 du contacteur 2 et le moment où la partie 8 atteint la position éloignée. En d'autres termes, le temps de retombée indique à quelle vitesse le contacteur 2 peut changer d'état, c'est-à-dire par exemple s'ouvrir et couper le courant circulant dans le circuit de puissance, à partir du moment où le contacteur 2 en a reçu l'ordre, c'est-à-dire le moment où les bobines 21 de l'actionneur 4 ne sont plus alimentées en énergie électrique. Il s'avère généralement souhaitable d'obtenir le temps de retombée le plus faible possible. Sans vouloir lier le temps de retombée à une quelconque théorie, il semble que plus l'entrefer, obtenu en position de contact, est de faible épaisseur, plus le temps de retombée est lui-même faible.

[0043] En fonction de l'application, on pourra prévoir d'autres formes pour les pièces ferromagnétiques fixe et mobile du contacteur et pour les bobines. Par exemple, FR 2 746 541 A1 décrit une pièce de circuit magnétique mobile, nommée culasse, et une pièce de circuit magnétique fixe, qui sont chacune en forme de « E », c'est-à-dire présentent chacune trois branches parallèles, notamment une branche centrale. Dans ce document, une seule bobine est prévue autour de la branche centrale respective de ces deux pièces magnétiques, et entoure cette branche. Les pièces ferromagnétiques mobile et fixe, ainsi que l'unique bobine décrits dans FR 2 746 541 A1 conviennent pour l'invention.

[0044] Dans la description qui suit, l'expression « pièce ferromagnétique » concerne au moins une pièce des parties ferromagnétiques des contacteurs décrits ci-dessus, en particulier les parties 6 et 8 du contacteur 2. Plus précisément, l'expression « pièce ferromagnétique » peut s'appliquer à au moins une pièce ferromagnétique parmi les pièces ferromagnétiques 22 et 30. De façon préférentielle, dans le contacteur 2, au moins les pièces ferromagnétiques 22 et 30 sont concernées par ce qui suit.

[0045] De façon schématique avec une échelle agrandie, et exagérée pour faciliter la compréhension, la figure 4 représente l'une des pièces ferromagnétiques 22 et la pièce ferromagnétique 30 en position de contact, c'est-à-dire en contact l'une contre l'autre via leur face 41 et 42 respective.

[0046] La pièce ferromagnétique comprend essentiellement un matériau ferromagnétique doux, c'est-à-dire en particulier pour l'essentiel de son volume. Ce métal ferromagnétique doux est au moins présent à coeur de

la pièce ferromagnétique, c'est-à-dire dans une partie interne centrale de son volume. Par exemple, comme montré sur la figure 4, les pièces 22 et 30 comprennent le métal ferromagnétique doux 100 à coeur. Dans certains modes de réalisations de l'invention, le métal ferromagnétique doux est également présent en surface de la pièce ferromagnétique, pour des surfaces non occupées par la couche de nickel décrite ci-après.

[0047] Par « doux », on entend que le métal choisi s'aimante facilement sous l'action d'un champ magnétique et perd facilement son aimantation lorsqu'il n'est plus soumis au champ magnétique.

[0048] Le métal ferromagnétique doux choisi est par exemple un alliage de fer doux, ou un acier bas carbone. Par exemple, on prévoit que le métal ferromagnétique doux est alliage fer-carbone présentant une teneur en carbone, c'est-à-dire un taux massique de carbone, inférieure à 0,03 % en poids. On peut prévoir un fer pur.

[0049] La pièce ferromagnétique peut avoir une structure feuilletée, c'est-à-dire être le résultat d'un empilement laminé de feuilles faites du métal ferromagnétique susmentionné.

[0050] Alternativement, la structure chacune de la pièce ferromagnétique peut être massive, c'est-à-dire sans feuilletage. Dans ce cas, la pièce ferromagnétique est formée d'un seul tenant par le métal ferromagnétique doux.

[0051] La pièce ferromagnétique comprend, pour toute la superficie d'au moins l'une de ses faces, une couche de nickel de surface, obtenue par une étape de nickelage chimique. Cette couche de nickel de surface est présente en peau de la pièce ferromagnétique, sur la ou les faces concernées. La couche de nickel de surface revêt le métal ferromagnétique doux pour cette ou ces faces. A cet endroit, le métal ferromagnétique doux est donc situé sous la couche de nickel de surface.

[0052] Pour les pièces 22 et 30 visibles sur la figure 4, les faces de contact 41 et 42 comprennent une couche de nickel de surface 102, conforme à ce qui précède.

[0053] Pour obtenir que la pièce ferromagnétique comprend une couche de nickel de surface en peau et un métal ferromagnétique doux à coeur, on fournit dans un premier temps une pièce brute dans le métal ferromagnétique doux souhaité, avec la structure souhaitée, par exemple feuilletée ou massive, et la géométrie souhaitée, par exemple celle décrite ci-dessus pour les pièces 22 et 30. Ensuite, on procède au nickelage chimique d'au moins une partie de la pièce brute, pour obtenir la pièce ferromagnétique souhaitée. A l'issue du nickelage chimique, la partie chimiquement nickelée se trouve revêtue, en surface, par une couche de nickel de surface.

[0054] Tout procédé de nickelage chimique approprié peut être utilisé, de préférence, sous réserve d'utiliser un nickel chimique moyen ou haut phosphore, c'est-à-dire supérieur à 5 % de phosphore en poids.

[0055] De façon préférentielle, pour effectuer le nickelage chimique, on effectue un trempage de la pièce brute dans un bain. De préférence, le bain comprend une so-

lution aqueuse d'oxyde de nickel et un agent réducteur, de préférence de l'hydrophosphite de sodium. Une réaction de réduction de l'oxyde de nickel se produit d'elle-même, sous l'action du réducteur, de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser un courant électrique. La pièce brute est préférentiellement brassée dans le bain lors du trempage, pour que toute la surface souhaitée soit revêtue, et soit revêtue de façon uniforme. Par exemple, ce brassage peut être effectué dans un tonneau, une enceinte ou une cuve. L'épaisseur de la couche de nickel de surface est déterminée notamment par le temps d'immersion dans le bain et la concentration de réactifs du bain.

[0056] La couche de nickel forme avantageusement une couche amagnétique en surface de la pièce ferromagnétique. Pour l'actionneur 4, la couche de nickel étant prévue sur les faces 41 et 42, elle sert avantageusement d'entrefer pour le circuit magnétique formé par les parties 6 et 8.

[0057] En variante, on pourrait prévoir la couche de nickel sur une seule des deux faces 41 et 42, l'autre face étant avantageusement traitée par un procédé différent.

[0058] Grâce à cet entrefer intégré aux parties 6 et 8, ou à au moins l'une d'entre elles, il n'est pas obligatoire de prévoir la cale d'entrefer distincte, ce qui permet d'obtenir un entrefer dont l'épaisseur, mesurée parallèlement à l'axe X10, est particulièrement faible et régulière, perpendiculairement à l'axe X10. Le contacteur 2 est donc particulièrement performant et présente un temps de retombée particulièrement faible et stable dans le temps. Le contacteur 2 est plus durable. Cela n'exclut pas la possibilité de prévoir tout de même une pièce d'entrefer séparée comme expliqué ci-dessus, sans sortie du cadre de l'invention.

[0059] A l'issue de l'étape de nickelage chimique, la couche de nickel de surface revêt directement le métal ferromagnétique doux sans couche intermédiaire. La pièce ferromagnétique peut être utilisée sous cette forme.

[0060] La couche de nickel de surface étant prévue sur au moins l'une des faces 41 et 42, elle protège efficacement les pièces 22 et/ou 30 de tout choc susceptible de se produire à chaque mise en contact de ces pièces ferromagnétiques entre elles, lors du passage en position de contact de l'actionneur 4 du contacteur 2. En effet, la couche de nickel de surface présente une dureté élevée comparativement au métal ferromagnétique doux, par exemple entre 400 et 500 HV (mesure de dureté Vickers). Par conséquent, plus généralement, on prévoit avantageusement que la couche de nickel de surface revêt au moins une surface d'une pièce ferromagnétique du contacteur, laquelle surface entre en contact avec une autre pièce ferromagnétique lorsque l'actionneur est basculé de la position éloignée à la position de contact.

[0061] Pour les surfaces extérieures des pièces 22 et 30 qui ne sont pas revêtues par la couche de nickel de surface, le métal ferromagnétique doux est préférentiellement nu.

[0062] On peut prévoir de revêtir de nickel une seule

face, comme expliqué ci-dessus. De préférence toutefois, on prévoit qu'au moins 95% de la superficie de la surface externe de la pièce ferromagnétique est revêtue par la couche de nickel de surface. Encore plus préférentiellement, on peut prévoir de revêtir toute la surface externe de la pièce ferromagnétique, c'est-à-dire, toute la superficie externe de la pièce concernée. Dans ce cas, le métal ferromagnétique est présent seulement à coeur de la pièce ferromagnétique, en étant entièrement recouvert, en peau, par la couche de nickel de surface. Ainsi, le métal ferromagnétique du coeur est entièrement protégé des chocs et de la corrosion.

[0063] Pour l'utilisation de la pièce ferromagnétique au sein du contacteur 2, la couche de nickel de surface est avantageusement externe, c'est-à-dire qu'elle s'étend depuis la surface de la pièce 22 ou 30 concernée.

[0064] L'étape de nickelage chimique est préférentiellement effectuée jusqu'à obtenir que la couche de nickel de surface présente une épaisseur comprise entre 3 et 50 μm , de préférence entre 5 et 25 μm .

[0065] L'entrefer obtenu est donc plus fin que celui que l'on pourrait obtenir à l'aide d'une cale amagnétique, dont l'épaisseur peut difficilement être inférieure à 100 μm . On règle l'épaisseur de l'entrefer souhaité en fonction de l'application, notamment en fonction du type de contacteur que l'on souhaite obtenir, et du type de circuit de puissance auquel on souhaite l'intégrer. Ce réglage est facile à obtenir, car il dépend essentiellement de la durée pendant laquelle la pièce ferromagnétique est plongée dans le bain de nickelage chimique et de la concentration des réactifs dans ce bain. L'épaisseur de l'entrefer étant si faible, l'énergie électrique pour maintenir les parties ferromagnétiques mobile et fixe en position de contact est particulièrement faible, y compris lorsque le contacteur est utilisé dans un environnement sévère, c'est-à-dire incluant la soumission du contacteur à des chocs et à des vibrations.

[0066] La pièce ferromagnétique comportant la couche de nickel de surface a préférentiellement subi une étape de recuit magnétique, au moins en ce qui concerne le métal ferromagnétique. Par « recuit magnétique », on entend un traitement thermique de la pièce concernée. Ce traitement vise de préférence à rendre à la pièce traitée ses propriétés magnétiques éventuellement perdues après des déformations que le métal ferromagnétique de la pièce concernée a pu subir pour la fabrication de la pièce. Le recuit magnétique vise de préférence à faire grossir les grains de fer du métal ferromagnétique en stabilisant les carbures dans les joints de grains, favorisant ainsi les flux magnétiques dans le matériau. Le recuit magnétique comprend par exemple une étape où l'on soumet la pièce ferromagnétique à une montée en température, depuis l'ambiante, jusqu'à une température T_{max} comprise entre 800 et 850°C, avec une vitesse maximale de 200°C par heure. On maintient ensuite la pièce ferromagnétique à la température T_{max} comprise entre 800 et 850°C, cette première étape durant entre 3 et 5 heures. Une durée de 4 heures est préférentielle.

Dans une étape suivante du recuit magnétique, suivant l'étape de maintien à la température T_{max} , on abaisse lentement la température jusqu'à 500°C , avant de revenir à l'ambiante. La durée totale de l'opération de recuit magnétique comprenant la première et la deuxième étape est préférentiellement d'environ 20 heures.

[0067] Dans un mode de réalisation qui n'est pas illustré, on peut effectuer le recuit magnétique avant application de la couche de nickel de surface par nickelage chimique, pour ensuite appliquer la couche de nickel de surface sur le métal ferromagnétique ayant subi le recuit magnétique. Dans ce cas, la couche de nickel revêt avantageusement le métal ferromagnétique recuit sans couche intermédiaire, notamment avec les gammes d'épaisseurs mentionnées ci-avant.

[0068] Dans un autre mode de réalisation préférentiel décrit ci-dessous et dont un exemple est visible sur la figure 4, une couche de nickel diffusé est prévue, de façon intermédiaire entre la couche de nickel de surface et le métal ferromagnétique doux à coeur. Pour cela, le recuit magnétique est mis en oeuvre alors que la pièce ferromagnétique concernée est déjà revêtue de la couche nickel de surface. En effet, la présence du nickel en surface n'est pas incompatible avec le recuit magnétique. Dans ce cas, la couche de nickel diffuse en direction du coeur, c'est-à-dire qu'il se crée une nouvelle couche, dite « couche de nickel diffusé » entre la couche de nickel de surface et le métal ferromagnétique doux, cette couche de nickel diffusé comportant un mélange nickel et du métal ferromagnétique doux, le nickel de la couche de nickel de surface s'étant propagé en direction du coeur. Dans le cas d'un alliage fer-carbone ou d'un fer pur, la couche de nickel diffusée est donc de type NiFe. La couche de nickel diffusé s'étend à partir de la couche de nickel de surface en direction du coeur de la pièce ferromagnétique.

[0069] Sur la figure 4, les pièces ferromagnétiques 22 et 30 comportent ainsi chacune une couche de nickel diffusé 104.

[0070] En variante, on peut avantageusement prévoir que la pièce 22 ne comporte pas de couche de nickel diffusé 104 si elle n'a pas subi l'étape de recuit. On peut même prévoir que la pièce 22 comporte, au lieu de la couche de nickel 102 appliquée par nickelage chimique, une couche de nickel électrolytique, ou a subi un autre traitement approprié.

[0071] Après l'étape de recuit magnétique, la couche de nickel de surface présente une dureté très élevée, par exemple entre 750 et 900 HV. La couche de nickel diffusée présente une dureté intermédiaire, par exemple environ 220 à 260 HV. Le métal ferromagnétique doux présentant une dureté généralement inférieure, par exemple inférieure à 150 HV. Un gradient de dureté est donc obtenu, propre à améliorer la résistance de la pièce ferromagnétique et à réduire la vitesse d'usure de la couche de nickel de surface. En effet, la présence de la couche de nickel diffusé évite l'usure des pièces ferromagnétiques, en améliorant la tenue de la couche de nickel

de surface sur le coeur de métal ferromagnétique doux.

[0072] De préférence, la couche de nickel diffusé présente une épaisseur comprise entre 3 et $40\text{ }\mu\text{m}$, de préférence entre 10 et $30\text{ }\mu\text{m}$. La formation de la couche de nickel diffusée se fait au détriment de l'épaisseur de la couche de nickel de surface, qui, alors qu'elle était initialement comprise entre 5 et $25\text{ }\mu\text{m}$, se trouve réduite, par exemple à une épaisseur comprise entre 3 et $20\text{ }\mu\text{m}$.

[0073] Dans un premier essai, on a fourni une pièce brute en fer doux, que l'on a soumise à un nickelage chimique pour obtenir une couche de nickel de surface de $10\text{ }\mu\text{m}$ d'épaisseur. On a ensuite soumis cette pièce brute à un recuit magnétique, incluant de soumettre la pièce ferromagnétique à une température de 820°C pendant un cycle de 4h. Après le recuit magnétique, la couche de nickel de surface présente une épaisseur d'environ $6,6\text{ }\mu\text{m}$ et la couche de nickel diffusé présente une épaisseur de $10,3\text{ }\mu\text{m}$. Dans un deuxième essai, on a fourni une pièce brute en fer doux, qui l'on a soumise à un nickelage chimique pour obtenir une couche de nickel de surface de $25\text{ }\mu\text{m}$ d'épaisseur. On a ensuite soumis cette pièce brute à un recuit magnétique, incluant de soumettre la pièce ferromagnétique à une température de 820°C pendant un cycle de 4h. Après le recuit, la couche de nickel de surface présente une épaisseur d'environ $14,8\text{ }\mu\text{m}$ et la couche de nickel diffusé présente une épaisseur de $23,9\text{ }\mu\text{m}$.

[0074] Dans le cas où l'on prévoit les couches 102 et 104, on obtient, lorsque les pièces 30 et 32 sont en position de contact comme montré sur la figure 4, un entrefer dont l'épaisseur est désignée par la flèche 106. L'épaisseur de l'entrefer inclut alors la couche de nickel de surface et la couche de nickel diffusé.

[0075] Toute pièce ferromagnétique fabriquée à l'aide des étapes de procédé de fabrication, peut être intégrée, c'est-à-dire montée ou assemblée, dans un contacteur électromagnétique tel que le contacteur 2, afin de former tout ou partie de la partie ferromagnétique mobile ou de la partie ferromagnétique fixe.

[0076] L'essai comparatif suivant a été réalisé. Un test d'endurance a été effectué sur deux contacteurs tripolaires, l'un appartenant à l'art antérieur, l'autre étant conforme à l'invention. Pour chacun de ces contacteurs, on a effectué environ deux millions de cycles à intervalle de temps régulier. Chaque cycle consiste à faire basculer la partie mobile de l'actionneur de la position éloignée à la position de contact, puis de la position de contact à la position éloignée. Chaque cycle porte un numéro, de un à deux millions, porté sur l'axe des abscisses X de la figure 5. Pour une trentaine de cycles parmi les deux millions, le temps de retombée a été mesuré et porté en ordonnée Y de la figure 5. Le temps de retombée est exprimé en millisecondes.

[0077] L'actionneur du contacteur de l'art antérieur comprend, pour la partie fixe et pour la partie mobile, deux pièces ferromagnétiques respectives, qui entrent en contact l'une avec l'autre à chaque passage en position de contact. La partie mobile est revêtue d'une couche

de phosphate, appliquée par phosphatation sèche, pour sa face de contact, et la partie fixe est revêtue d'une couche de nickel électrolytique. Avant la mise en oeuvre des cycles susmentionnés, l'épaisseur de la couche de phosphate appliquée sur chacune des pièces est d'environ 3,5 μm . Aucune pièce d'entrefer n'est interposée entre les deux pièces ferromagnétiques. Ces pièces ferromagnétiques ont subi un recuit magnétique effectué avant la phosphatation sèche.

[0078] Les valeurs de temps de retombée pour cet actionneur de l'art antérieur est illustré par la courbe 90 de la figure 5.

[0079] Le contacteur conforme à l'invention est identique au contacteur de l'art antérieur, sauf que la partie mobile a été revêtue, sur sa face de contact, d'une couche de nickel appliquée par nickelage chimique, puis a subi un recuit magnétique appliqué après nickelage. Avant la mise en oeuvre des cycles susmentionnés, l'épaisseur de la couche de nickel de surface appliquée sur la partie mobile est d'environ 25 μm , et celle de la couche de nickel diffusé est d'environ 30 μm .

[0080] Les valeurs de temps de retombée pour cet actionneur conforme à l'invention est illustré par la courbe 92 de la figure 5.

[0081] Pour les 5000 premiers cycles, on observe que le temps de retombée de l'actionneur conforme à l'invention, compris entre 35 et 40 ms, est inférieur à celui de l'actionneur de l'art antérieur, compris entre 40 et 50 ms.

[0082] Au bout de deux millions de cycles on observe que le temps de retombée de l'actionneur conforme à l'invention, compris entre 45 et 50 ms, est inférieur à celui de l'actionneur de l'art antérieur, compris entre 160 et 170 ms.

[0083] Pour le contacteur de l'art antérieur, le temps de retombée augmente de façon irrégulière au fur et à mesure que les cycles sont effectués. On observe des pics, notamment à 720000 cycles, où le temps de retombée s'élève à 142 ms, et à 1779300 cycles, où le temps de retombée s'élève à 211 ms. On observe des creux consécutivement aux deux pics susmentionnés, à 805987 cycles où le temps de retombée s'élève à 111 ms et à 1944121 cycles où le temps de retombée s'élève à 163 ms. Il semble que ces variations irrégulières sont causées par la déformation des pièces ferromagnétiques sous l'effet des chocs, en combinaison avec le décrochement de parties de la couche de phosphate.

[0084] Pour le contacteur conforme à l'invention, le temps de retombée croît plus légèrement, et de façon plus régulière. On n'observe pas de pic ou de creux significatif pour cette croissance.

[0085] Le contacteur conforme à l'invention présente l'avantage d'offrir un temps de retombée très régulier, avec une faible déviation dans le temps et une répétabilité particulièrement bonne. Après deux millions de cycle, les pièces ferromagnétiques du contacteur conforme à l'invention présentent un état de surface d'une usure acceptable et régulière, alors que l'état de surface des pièces ferromagnétiques du contacteur de l'art antérieur est

nettement plus détérioré : les pièces ont perdu une partie du revêtement de phosphate, de sorte que le métal ferromagnétique présent à coeur est visible en surface. Les pièces ferromagnétiques du contacteur de l'art antérieur sont déformées en surface, comme cabossées, et présentent des marques de matage significatives, alors que, comparativement, les pièces ferromagnétiques du contacteur de l'invention ont mieux conservé leur géométrie d'origine.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique (22, 30) pour un contacteur électromagnétique (2), le procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- une étape a) de fourniture d'une pièce brute en métal ferromagnétique doux (100) ; et
- une étape b) de nickelage chimique d'au moins une partie de la pièce brute pour obtenir la pièce ferromagnétique (22, 30), dont la partie est revêtue en surface par une couche de nickel de surface (102), la pièce ferromagnétique obtenue comprenant le métal ferromagnétique doux (100), qui, pour ladite au moins une partie chimiquement nickelée, est disposé sous la couche de nickel de surface (102).

2. Procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique (22, 30), selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'étape b) comprend un trempage de la pièce brute dans un bain, le bain comprenant une solution aqueuse d'oxyde de nickel et un agent réducteur, de préférence de l'hydrophosphite de sodium, la pièce brute étant brassée dans le bain lors du trempage de sorte à être revêtue par la couche de nickel de surface (102) sur au moins 95% de sa superficie, de préférence sur toute sa superficie.

3. Procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique (22, 30), selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le procédé comprend, après l'étape b), une étape c) de recuit magnétique de la pièce ferromagnétique revêtue lors de l'étape b), de sorte que la pièce ferromagnétique (22, 30) obtenue à l'issue de l'étape c) comprend :

- en surface externe, la couche de nickel de surface (102),
- le métal ferromagnétique doux (100) recuit, sous la couche de nickel de surface (102) pour ladite au moins une partie chimiquement nickelée au cours de l'étape b), et
- une couche de nickel diffusé (104) dans le métal ferromagnétique doux (100) en raison du re-

cuit magnétique, la couche de nickel diffusé (104) reliant la couche de nickel de surface (102) et le métal ferromagnétique doux (100) recuit.

4. Procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique (22, 30), selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'étape c) comprend une soumission de la pièce ferromagnétique (22 ; 30), revêtue au cours de l'étape b), à une température comprise entre 800°C et 850°C, pendant une durée comprise entre 3 heures et 5 heures, de préférence 4 heures. 5 10
5. Procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique (22, 30), selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le métal ferromagnétique doux (100) est un alliage fer-carbone avec une teneur en carbone inférieure à 0,03 % en poids. 15
6. Procédé de fabrication d'un contacteur électromagnétique (2), le contacteur électromagnétique (2) comprenant : 20
 - un actionneur électromagnétique (4), comprenant au moins une bobine (18), une partie ferromagnétique mobile (8) et une partie ferromagnétique fixe (6), les parties ferromagnétique mobile (8) et fixe (6) étant configurés pour basculer entre une position éloignée l'une de l'autre et une position de contact ; et 25
 - au moins une paire de contacts de puissance (12, 14), qui est actionnée par la partie ferromagnétique mobile (8) lors du basculement entre la position éloignée et la position de contact, ladite au moins une paire de contacts de puissance (12, 14) étant alors basculée entre une configuration fermée et une configuration ouverte, 30

le procédé de fabrication du contacteur électromagnétique (2) comprenant une étape dans laquelle on intègre au moins une pièce ferromagnétique (22 ; 30), obtenue à l'aide du procédé de fabrication d'une pièce ferromagnétique conforme à l'une des revendications 1 à 5, à au moins l'une des parties ferromagnétique mobile (8) et fixe (6). 35 40 45
7. Pièce ferromagnétique (22, 30) pour un contacteur électromagnétique (2), la pièce ferromagnétique (22, 30) étant préférentiellement obtenue à l'aide d'un procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, la pièce ferromagnétique (22, 30) comprenant au moins une partie qui comprend : 50
 - en surface, une couche de nickel de surface (102) obtenue par une étape de nickelage chimique, et 55
 - un métal ferromagnétique doux (100) revêtu par la couche de nickel de surface (102).

8. Pièce ferromagnétique (22, 30) selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** la couche de nickel de surface (102) mesure entre 3 et 50 μm d'épaisseur, de préférence entre 5 et 25 μm d'épaisseur.
9. Contacteur électromagnétique (2) comprenant :
 - un actionneur électromagnétique (4), comprenant au moins une bobine (18), une partie ferromagnétique mobile (8) et une partie ferromagnétique fixe (6), les parties ferromagnétique mobile (8) et fixe (6) étant configurées pour basculer entre une position éloignée l'une de l'autre et une position de contact, au moins l'une des parties ferromagnétique mobile (8) et fixe (6) comprenant une pièce ferromagnétique (22, 30) conforme à l'une quelconque des revendications 7 ou 8 ; et
 - au moins une paire de contacts de puissance (12, 14), qui est actionnée par la partie ferromagnétique mobile (8) lors du basculement entre la position éloignée et la position de contact, ladite au moins une paire de contacts de puissance (12, 14) étant alors basculée entre une configuration fermée et une configuration ouverte.
10. Utilisation d'une pièce ferromagnétique (22, 30), conforme à l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans un contacteur électromagnétique (2) conforme à la revendication 9, la pièce ferromagnétique (22, 30) étant utilisée comme partie de la partie ferromagnétique mobile (8) ou de la partie ferromagnétique fixe (6) de l'actionneur électromagnétique (4).

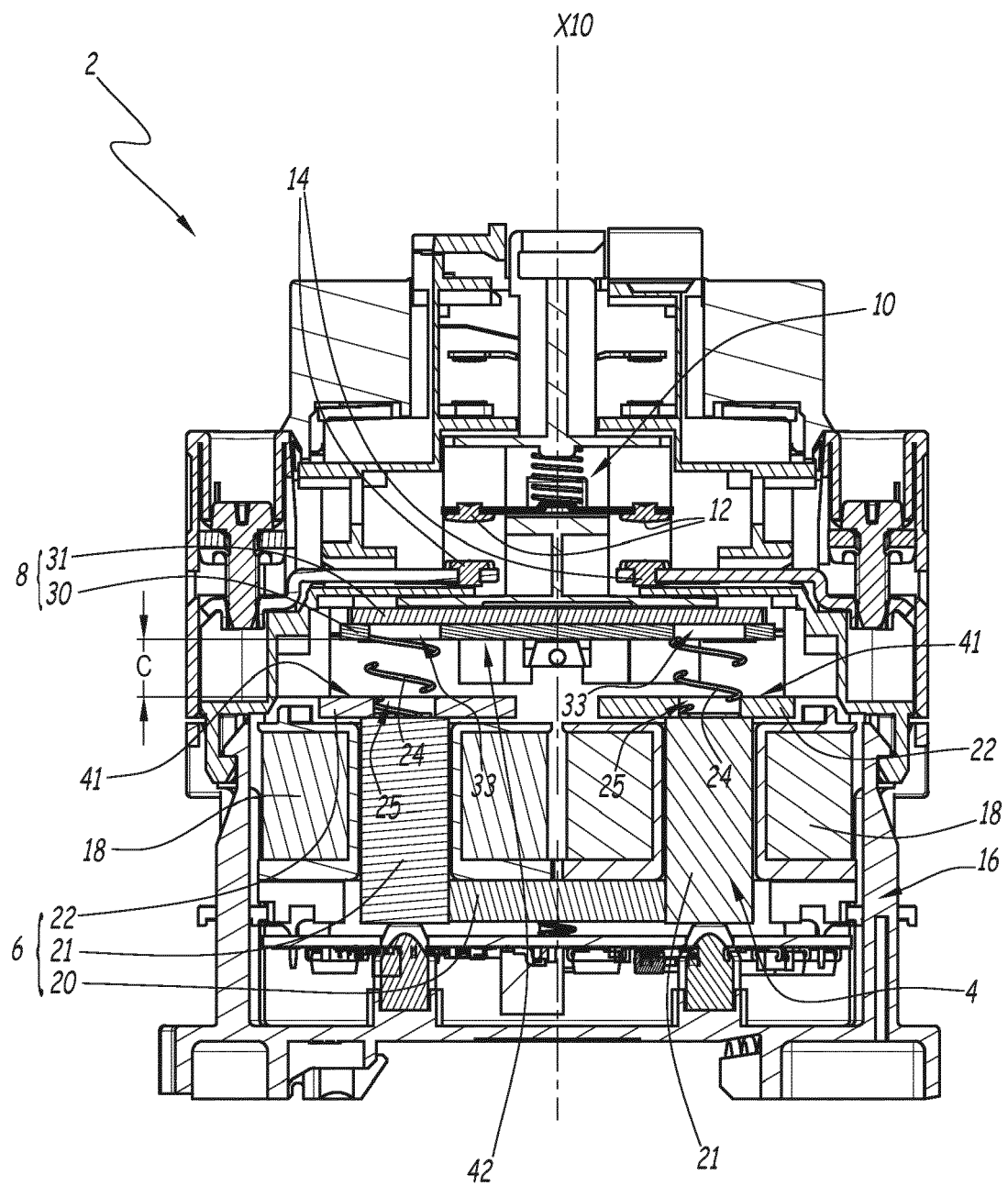


Fig.1

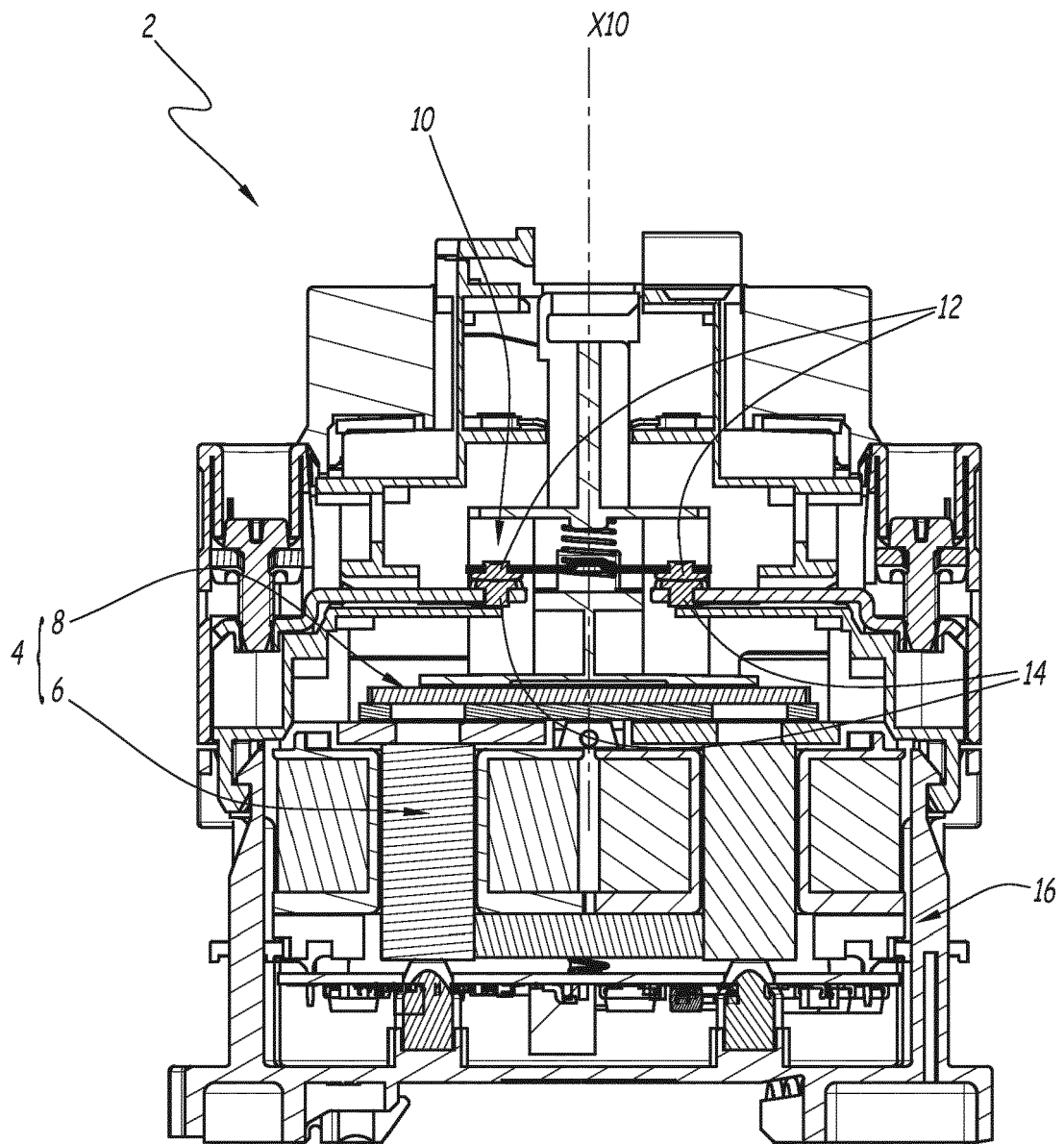


Fig.2

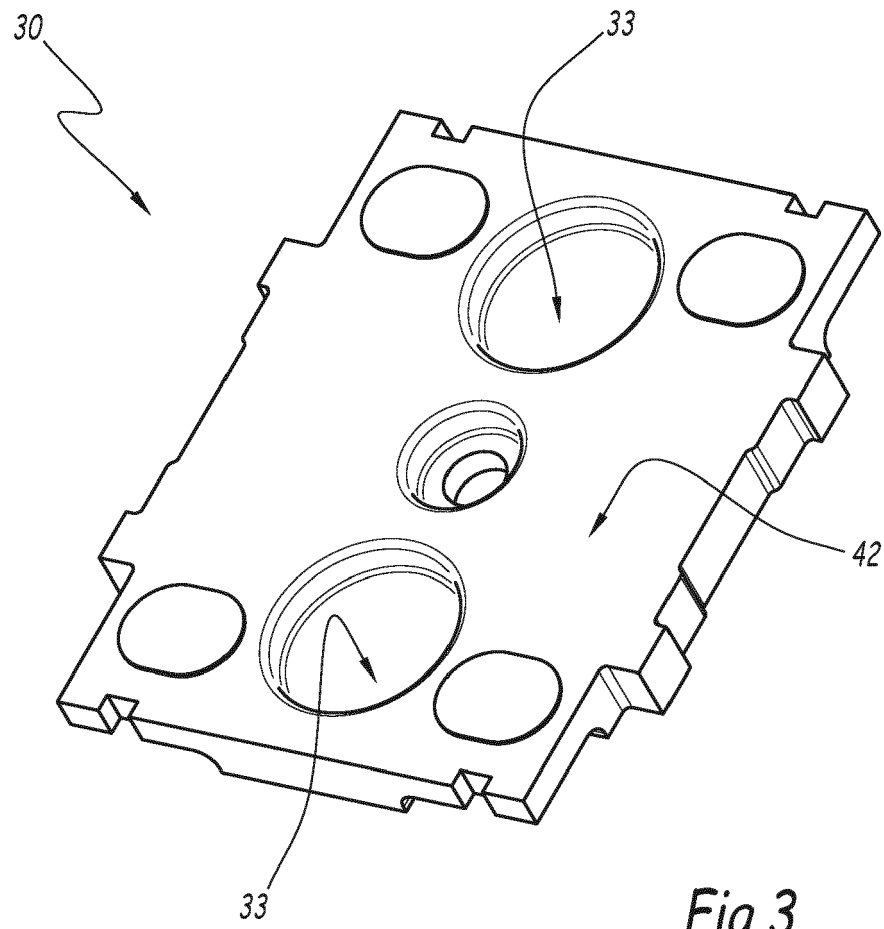


Fig.3

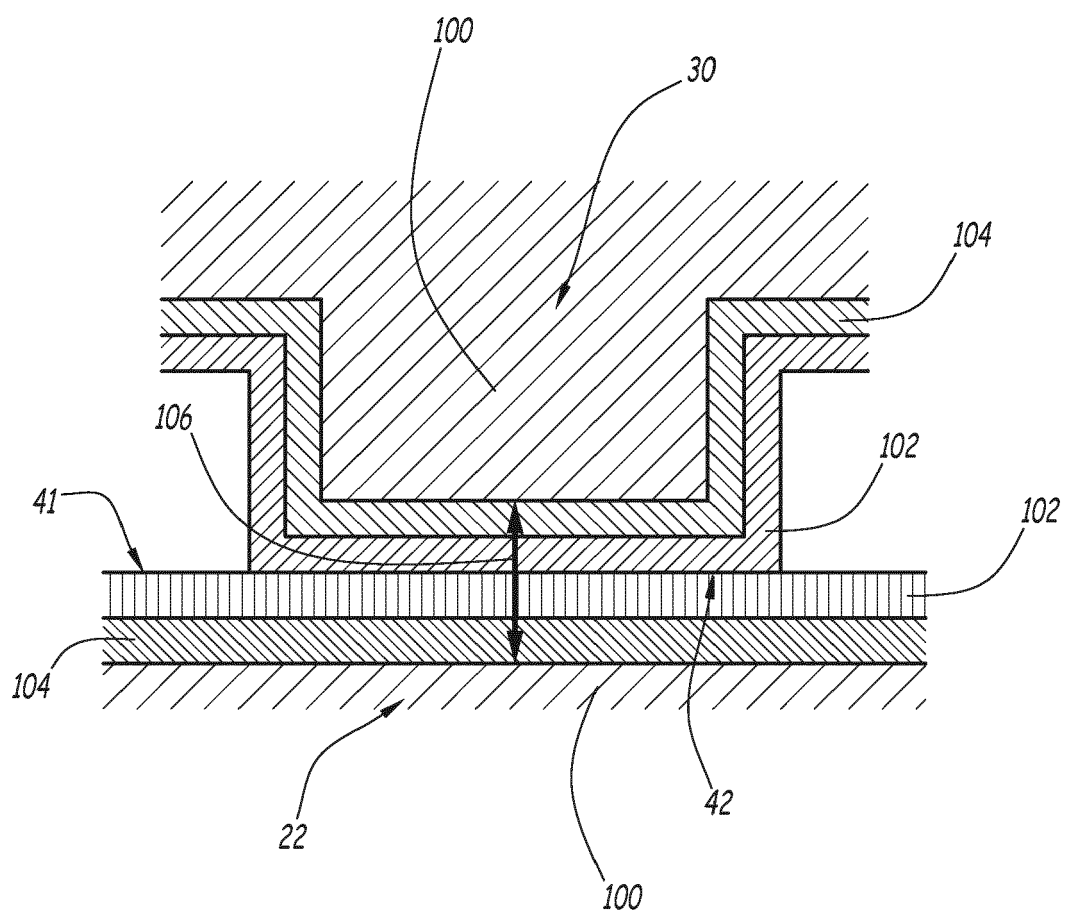


Fig.4

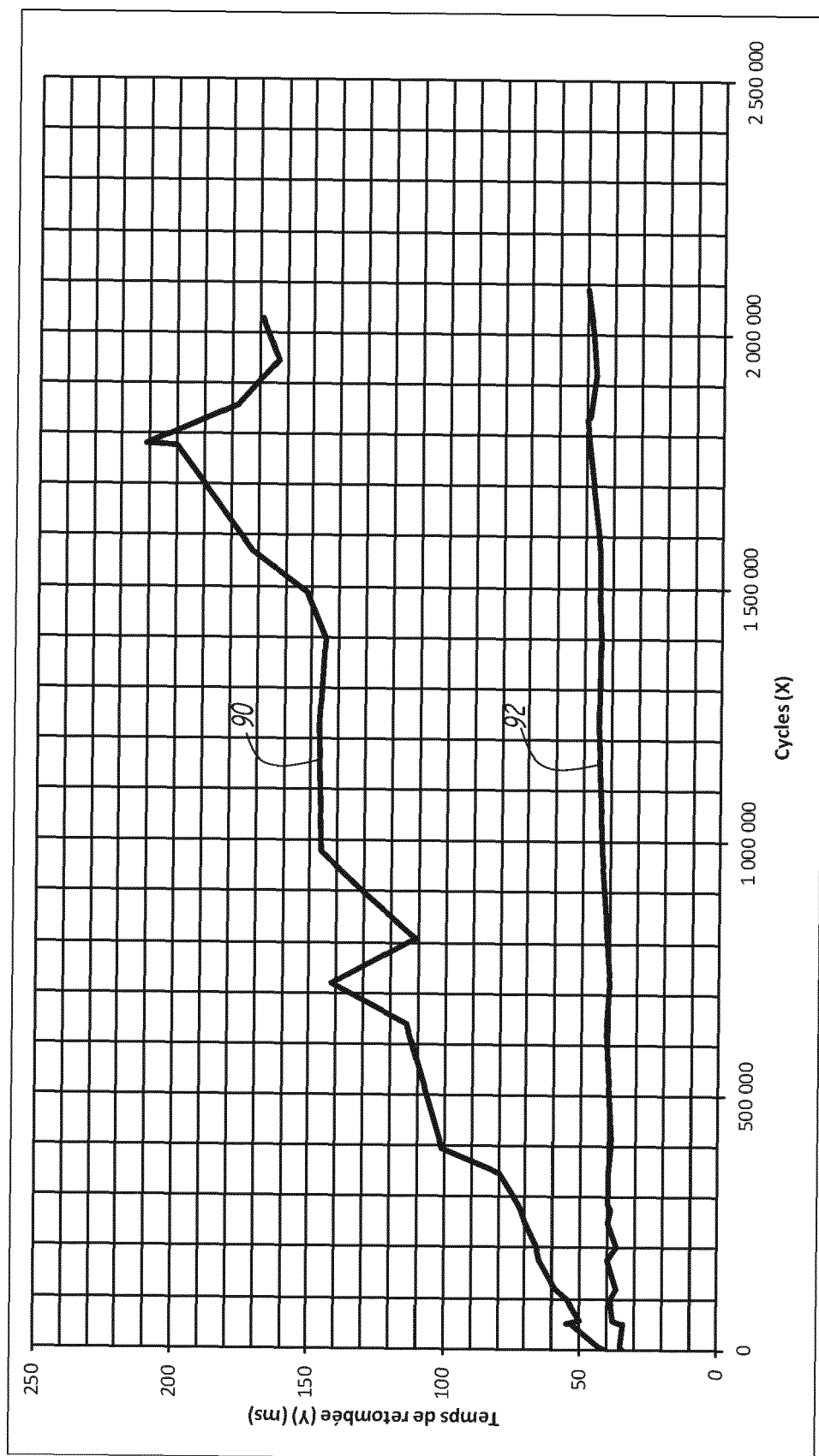


Fig.5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 17 8911

5

10

15

20

25

30

35

40

45

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	JP 3 099945 B2 (NEC CORP) 16 octobre 2000 (2000-10-16)	1,2,6-10	INV. H01H50/16 H01H49/00
Y	* alinéas [0007], [0012], [0015], [0019]; figures 2, 5 *	5	
X	US 2017/040132 A1 (TAJBAKSH SYRUS [US]) 9 février 2017 (2017-02-09)	1,2,6-10	
Y	* alinéa [0025]; figure 1 *	5	
X	FR 1 319 342 A (CIE DE CONSTRUCTION ELECTR) 1 mars 1963 (1963-03-01) * le document en entier *	1,7,8	
X	DE 75 20 386 U (SIEMENS AG) 20 novembre 1975 (1975-11-20) * page 2, lignes 21-25; figure *	1,2,6-10	
A	Anonymous: "Electroless nickel plating - Wikipedia, the free encyclopedia", 8 mai 2014 (2014-05-08), XP055137632, Extrait de l'Internet: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Electroless_nickel_plating [extrait le 2014-09-02] * le document en entier *	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01H H01F
Y	US 2016/086754 A1 (SHIMODA SEIKI [JP]) 24 mars 2016 (2016-03-24)	5	
A	* alinéa [0117] *	3,4	
A	CH 415 846 A (JUCKER ERICH [CH]) 30 juin 1966 (1966-06-30) * page 2, colonne de gauche, dernier alinéa - colonne de droite, alinéa 1 *	3,4	
A	US 4 502 031 A (ITO HARUHIKO [JP] ET AL) 26 février 1985 (1985-02-26) * le document en entier *	3,4,9,10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 26 juin 2019	Examineur Ramírez Fueyo, M
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)

50

55

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

EP 19 17 8911

5 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.

26-06-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 3099945 B2	16-10-2000	JP 3099945 B2 JP H10125203 A	16-10-2000 15-05-1998
US 2017040132 A1	09-02-2017	US 2017040132 A1 US 2017040133 A1 WO 2017027524 A2	09-02-2017 09-02-2017 16-02-2017
FR 1319342 A	01-03-1963	AUCUN	
DE 7520386 U	20-11-1975	AUCUN	
US 2016086754 A1	24-03-2016	CN 105051854 A EP 2991093 A1 JP 5756825 B2 JP 2014216064 A US 2016086754 A1 WO 2014174694 A1	11-11-2015 02-03-2016 29-07-2015 17-11-2014 24-03-2016 30-10-2014
CH 415846 A	30-06-1966	AUCUN	
US 4502031 A	26-02-1985	DE 3235432 A1 JP S5846412 U JP S6116649 Y2 KR 840001760 A US 4502031 A	07-04-1983 29-03-1983 22-05-1986 16-05-1984 26-02-1985

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

- FR 2746541 A1 [0003] [0043]