



(11) **EP 2 602 671 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.06.2013 Bulletin 2013/24

(51) Int Cl.:
G04B 1/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11192835.4**

(22) Date de dépôt: **09.12.2011**

(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

- **Perreux, Dominique**
25480 Pirey (FR)
- **Tisserand, Jean-Michel**
39100 Choisy (FR)

(71) Demandeur: **Cartier Création Studio S.A.**
1200 Genève (CH)

(74) Mandataire: **P&TS SA (AG, Ltd.)**
Av. J.-J. Rousseau 4
P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(72) Inventeurs:
• **Avril, Christophe**
39100 Foucherant (FR)

(54) **Revêtement anti-friction pour ressort de barillet en matériau composite**

(57) Ressort de barillet pour organe moteur pour un mouvement d'horlogerie, ledit ressort de barillet étant réalisé dans un matériau comprenant une matrice de polymère contenant des fibres, ledit ressort de barillet com-

portant un revêtement comprenant un polymère thermoscurcissable ou thermoplastique. Le ressort de barillet proposé permet de réduire les frottements des spires du ressort de barillet et le revêtement possède une bonne cohésion.

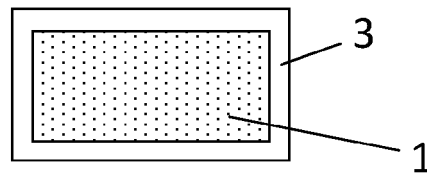


Fig. 3

DescriptionDomaine technique

5 **[0001]** La présente invention concerne un ressort de barillet revêtu pour organe moteur dans un mouvement d'horlogerie mécanique. Le revêtement permet de réduire les frottements des spires du ressort et possède une bonne cohésion.

Etat de la technique

10 **[0002]** Le ressort de barillet spiral est l'organe permettant d'emmagasiner l'énergie mécanique nécessaire au fonctionnement de la montre. Généralement, ses dimensions géométriques et les propriétés mécaniques du matériau qui le compose déterminent l'énergie potentielle que le barillet spiral est capable d'emmagasiner et le couple maximal qu'il délivre. Le déroulement de la lame du ressort produit l'énergie nécessaire au fonctionnement de la montre. La figure 1 montre une vue éclatée d'un ressort de barillet 1 logé dans un tambour de barillet 2. La forme de la lame du ressort a évolué jusqu'à une forme reconnue en S retourné (voir figure 2 et « Théorie d'horlogerie » par C-A Reymondin et al., édité par la Fédération des Ecoles Techniques, Suisse, 1998). Cette forme particulière permet de produire un couple relativement constant quel que soit l'état d'armement du ressort. L'énergie maximale est emmagasinée par le ressort de barillet lorsque la proportion entre la surface occupée par ce dernier, lorsqu'il est armé, et celle qui reste libre dans le tambour est d'environ 50 %.

20 **[0003]** Les manufacturiers horlogers ont cherché de tout temps à augmenter la capacité de stockage d'énergie des ressorts de barillet et, ainsi, la réserve de marche des montres mécaniques, sans pour autant accroître le volume, c'est-à-dire l'encombrement, des barillets. Les efforts ont principalement été dirigés vers la réduction des pertes d'énergie, notamment dues aux frottements. C'est ainsi qu'il a été proposé de revêtir le ressort de barillet d'une couche lubrifiante, par exemple un revêtement métallique ou en DLC («Diamond-Like Carbon»), pour limiter les frottements internes.

25 **[0004]** Cependant, le revêtement du ressort doit supporter plusieurs contraintes. D'une part il doit participer à diminuer la friction entre les spires et d'autre part il doit participer à la cohésion globale du matériau du ressort. Cependant entre la position armée et désarmée, la surface du ressort subit des déformations très importantes. Dans le cas des revêtements précités, la répétition de telles déformations, pendant l'armage et désarmage du ressort, peut résulter dans la cassure du revêtement ou de sa délamination. Pour les mêmes raisons, un revêtement dont le comportement élastique est assuré par des liaisons de type covalentes ou ioniques, tel qu'un revêtement en céramique ou diamant, ne pourra également assurer une cohésion satisfaisante du revêtement avec le ressort.

Bref résumé de l'invention

35 **[0005]** Un objet de la présente invention consiste à proposer un ressort de barillet pour organe moteur pour un mouvement d'horlogerie, ledit ressort de barillet étant réalisé dans un matériau comprenant une matrice de polymère contenant des fibres, ledit ressort de barillet comportant un revêtement comprenant un polymère thermodurcissable ou thermoplastique.

40 **[0006]** Un autre objet de l'invention consiste à proposer un organe moteur pour un mouvement d'horlogerie comprenant ledit ressort de barillet.

[0007] Encore un autre objet de l'invention consiste à proposer une pièce d'horlogerie comportant l'organe moteur.

[0008] Encore un autre objet de l'invention consiste dans un procédé de réalisation du ressort de barillet comprenant les étapes de:

45 fournir le ressort de barillet réalisé dans un matériau comprenant une matrice de polymère contenant des fibres; revêtir le ressort de barillet (1) d'une composition comprenant un polymère; homogénéiser l'épaisseur de la composition revêtant le ressort de barillet; et polymériser la composition pour former le revêtement.

50 **[0009]** Dans un mode de réalisation, revêtir le ressort de barillet peut comprendre une étape d'immersion du ressort dans la composition, ou une étape de revêtement par pulvérisation, ou une étape de déposition en phase vapeur.

[0010] Le ressort de barillet proposé permet de réduire les frottements des spires du ressort de barillet et le revêtement possède une bonne cohésion.

55 Brève description des figures

[0011] Des exemples de mise en oeuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

la figure 1 montre une vue éclatée d'un ressort de barillet logé dans un tambour de barillet;

la figure 2 illustre forme en S retournée de la lame du ressort de barillet; et

5 la figure 3 montre une vue en coupe du ressort de barillet, selon un mode de réalisation.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

10 **[0012]** Dans un mode de réalisation, un ressort de barillet 1 est fabriqué dans un matériau composite. Par "matériau composite" on entend ici une matrice de polymère contenant des fibres, telles que des fibres de verre ou autres. Préférentiellement, les fibres sont orientées de façon unidirectionnelle dans la matrice polymérique. De tels ressorts fabriqués dans le matériau composite peuvent être moins susceptibles que les ressorts conventionnels métalliques aux fractures par fatigue et, par conséquent, avoir une durée de vie plus longue.

15 **[0013]** Les fibres d'un tel ressort composite pourront être en carbone, en verre, en aramide ou encore d'une autre nature (par exemple des mélanges de fibres) mais dans tous les cas leur module d'élasticité axiale est de préférence compris entre 80GPa et 600GPa. Les fibres ont généralement la même longueur que le ressort et sont disposées de façon aussi parallèle que possible à la grande longueur du ressort. De préférence, l'angle entre l'axe de chaque fibre et l'axe du ressort est le plus proche possible à 0° et ne dépasse pas localement 5°. Les fibres ont typiquement un diamètre compris entre 1µm et 35µm. Un seul ressort peut avoir des fibres de diamètres différents mais de préférence
20 les diamètres utilisées dans l'épaisseur du ressort permettent de placer au moins dix fibres côte à côte afin d'obtenir un ressort de barillet d'une meilleure homogénéité.

25 **[0014]** La matrice de polymère peut comprendre un thermoplastique ou un plastique thermodurcissable. La fraction volumique de fibres dans le polymère est de préférence comprise entre 30% et 75% ou encore entre 45% et 55%. Des nanoparticules peuvent être ajoutées dans la matrice de polymère de façon à durcir cette dernière pour repousser le micro-flambage des fibres dans la face en compression du ressort en flexion. Ces nanoparticules pourront être de la silice, des fullerènes, ou tout autre matériau ayant la possibilité de se lier à la résine polymérique et d'en augmenter la résistance à la compression, sans diminuer la capacité de la résine polymérique à se lier aux fibres.

30 **[0015]** Une matrice de polymère renforcée de fibres de verre unidirectionnelles présente un module d'élasticité environ quatre à cinq fois inférieur à celui de l'acier pour une limite élastique inférieure d'environ la moitié. Toute chose égale par ailleurs dans la géométrie d'un ressort acier ou d'un ressort composite: même longueur, même épaisseur et largeur, conduira le ressort composite à un niveau d'énergie élastique stocké restituable au moins égale souvent un peu plus importante que celle du ressort acier et à une variation du couple délivré en fonction de la rotation de barillet plus faible, cette variation étant liée proportionnellement à l'inverse du module de Young du matériau. Par contre le niveau de couple
35 maximal possible sera inférieur pour le ressort composite par rapport au ressort acier, ce couple maximal étant proportionnel à la contrainte à rupture du matériau. De façon préférée, la matrice de polymère comprend une résine époxy et les fibres sont des fibres de verre de type E ou des fibres de verre de type S ou S2. La table 1 rapporte les propriétés de ces fibres de verre.

Table 1

| fibres | Verre E | Verre S ou S2 |
|---------------------------------|-------------------|------------------|
| Module d'élasticité, à 20°C | 70 (+/-2) GPa | 88 (+/-2) GPa |
| Résistance à la rupture, à 20°C | 3620 (+/-170) MPa | 4980 (+/150) MPa |

45 **[0016]** Le ressort de barillet composite 1 peut être fabriqué en mélangeant fibres et la matrice de polymère dans l'état liquide sous la forme d'une bande. Le ressort de barillet peut également être fabriqué en utilisant un matériau prépreg dans lequel les fibres et la matrice de polymère sont déjà mélangés, et dans lequel la réaction de polymérisation est stoppée par un retardateur chimique. Les fibres sont préférentiellement alignées sur la plus grande longueur de la bande. La bande est ensuite enroulée dans un moule en exerçant une tension suivant la longueur, permettre l'enroulement de la bande composite. Le composite est ensuite polymérisé, par exemple, par pression externe d'environ 10 bar, de façon à ce que le composite soit forcé de rester dans le moule et en prenne bien la forme. Après cuisson, le composite est sorti du moule et la surface du ressort de barillet ainsi formé est poli pour enlever les imperfections liées au procédé de fabrication.

55 **[0017]** Le ressort de barillet composite 1 est avantageusement revêtu d'un revêtement antifriction 3 (voir figure 3) de façon à réduire les frottements entre les spires du ressort 1 lorsque le celui-ci est monté dans le barillet. La figure 3 montre une vue en coupe du ressort de barillet 1 comportant ledit revêtement 3. Dans le cas d'un ressort en résine d'époxy renforcée de fibres de verre de type S, les déformations discutées ci-dessus peuvent être supérieures à 3% en

EP 2 602 671 A1

tension, respectivement -3% en compression. Le revêtement 3 devra donc être à même d'assurer une cohésion satisfaisante dans ces conditions.

[0018] Dans un mode de réalisation, le revêtement 3 comprend un matériau dont les liaisons sont de type hydrogène ou Van der Waals. Plus particulièrement, le ressort est revêtu d'un revêtement comprenant un polymère thermodurcissable ou thermoplastique. De façon préférée, le revêtement comprend une résine de type époxy à polymérisation lente, c'est-à-dire ayant un temps de gélification plus grand que 20 min à 90°C.

[0019] Dans un mode de réalisation, un procédé de réalisation du ressort de barillet 1 comprenant le revêtement 3 comprend les étapes de:

fournir le ressort de barillet 1 réalisé dans un matériau comprenant une matrice de polymère contenant des fibres;

revêtir le ressort de barillet 1 d'une composition comprenant un polymère;

homogénéiser l'épaisseur de la composition revêtant le ressort de barillet 1 afin d'égaliser l'épaisseur de la composition à la surface du ressort de barillet 1; et

polymériser la composition pour former le revêtement 3.

[0020] La composition peut être réalisée en mélangeant un durcisseur, le polymère et un catalyseur, dans des conditions ambiantes (température et pression ambiante). La composition est chauffée à une température comprise entre 35°C et 70° de façon à rendre la composition suffisamment fluide, c'est-à-dire jusqu'à ce que la composition a une viscosité critique inférieure à 3000mPa.s et de préférence inférieure à 300mPa.s. Revêtir le ressort de barillet 1 peut comprendre immerger complètement le ressort dans la composition pendant un temps d'immersion compris typiquement entre 5 et 20 secondes. Après l'étape d'immersion, la composition encore sous forme relativement liquide. La compatibilité entre la composition et la résine époxy formant la matrice du ressort conduit à une bonne mouillabilité de la composition à la surface du ressort. De façon préférée, le polymère de la composition est une résine de type époxy. De façon alternative, revêtir le ressort de barillet 1 peut comprendre une étape de revêtement par pulvérisation (spray coating) ou encore une étape de déposition en phase vapeur. Dans ce dernier cas, le polymère de la composition est préféralement un polymère de parylène.

[0021] Dans un mode de réalisation, l'étape d'homogénéisation comprend la rotation du ressort de barillet revêtu de la composition selon des axes de rotation orientés dans les trois dimensions orthogonales X, Y et Z (voir la figure 2). A cette fin, le ressort peut être tenu par ses deux extrémités, par exemple, à l'aide d'une paire de petites pinces (non représentées). Les deux extrémités du ressort peuvent être rendues solidaires l'une de l'autre par une tige métallique ou une plaque (également non représentées). La rotation du ressort est réalisée de sorte à mettre à profit la gravité qui agit sur la composition encore fluide. La rotation peut être réalisée à une vitesse de rotation comprise entre 5 tr/min et 60 tr/min, et de préférence entre 10 tr/min et 30 tr/min. Selon une variante, la rotation du ressort de barillet revêtu de la composition est réalisée selon un seul axe de rotation orienté avec un angle compris entre 10° et 80° du plan d'enroulement du ressort de barillet. L'étape d'homogénéisation est réalisée jusqu'à ce que la composition soit polymérisée formant ainsi le revêtement.

[0022] L'étape de polymérisation de la composition peut comporter le chauffage du ressort de barillet 1 revêtu de la composition. Le chauffage peut être réalisé en plaçant le ressort de barillet 1 dans un four ou encore en fournissant une radiation infrarouge ou micro-ondes. Le chauffage est préféralement réalisé pendant l'étape d'homogénéisation. Le chauffage peut également comporter une augmentation graduelle de la température jusqu'à ce que la température de polymérisation de la composition soit atteinte.

[0023] Le procédé peut également comporter une étape de polissage du revêtement de sorte à supprimer les imperfections du revêtement 3. Le polissage est préféralement réalisé de façon à laisser au revêtement une épaisseur comprise entre 3 µm et 20 µm, ou au moins égale au quart de la largeur d'une fibre.

[0024] Le revêtement permet de recouvrir les fibres présentes en surface du ressort et que le procédé de fabrication du ressort de barillet, ainsi que l'étape de polissage du ressort avant le revêtement, n'avaient permis d'éliminer. Ceci est avantageux puisque les fibres présentes en surface du ressort tendent à augmenter la friction entre les spires. Le revêtement permet de réduire les frottements des spires du ressort de barillet en fonctionnement. Le revêtement décrit ici permet également de diminuer les risques de cassure du revêtement ou de sa délamination, qui peuvent être élevés avec un revêtement métallique conventionnel. Comme le module d'élasticité de la matrice composite du ressort de barillet est beaucoup plus élevé que celui du revêtement, ce dernier ne participe que de façon négligeable aux propriétés mécaniques du ressort de barillet revêtu.

Numéros de référence employés sur les figures

[0025]

- 5 1 ressort de barillet
- 2 tambour de barillet
- 10 3 revêtement

Revendications

- 15 1. Ressort de barillet pour organe moteur pour un mouvement d'horlogerie, ledit ressort de barillet étant réalisé dans un matériau comprenant une matrice de polymère contenant des fibres, **caractérisé en ce que** ledit ressort de barillet comporte un revêtement comprenant un polymère thermodurcissable ou thermoplastique.
- 20 2. Ressort de barillet selon la revendication 1, dans lequel ledit polymère thermodurcissable ou thermoplastique comprend une résine de type époxy à polymérisation lente.
- 25 3. Ressort de barillet selon les revendications 1 ou 2, dans lequel le revêtement comprend un matériau dont les liaisons sont de type hydrogène ou Van der Waals.
4. Ressort de barillet selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel ladite matrice de polymère comprend un thermoplastique ou un plastique thermodurcissable.
- 30 5. Ressort de barillet selon la revendication 4, dans lequel ledit polymère thermodurcissable ou thermoplastique de ladite matrice de polymère comprend une résine de type époxy.
- 35 6. Ressort de barillet selon l'une des revendications de 1 à 5, dans lequel la fraction volumique de fibres dans la matrice de polymère est comprise entre 30% et 75%, et de préférence entre 45% et 55%.
7. Ressort de barillet selon l'une des revendications de 1 à 6, dans lequel les fibres comprennent des fibres de verre de type S ou S2.
8. Ressort de barillet selon l'une des revendications de 1 à 7, dans lequel le revêtement a une épaisseur comprise entre 3 μm et 20 μm , ou au moins égale au quart de la largeur d'une fibre.
- 40 9. Organe moteur pour un mouvement d'horlogerie comprenant le ressort de barillet **caractérisé par** l'une des revendications de 1 à 8.
- 45 10. Pièce d'horlogerie comportant l'organe moteur selon la revendication 9.
11. Procédé de réalisation du ressort de barillet **caractérisé par** l'une des revendications de 1 à 8, comprenant:
- fournir le ressort de barillet réalisé dans un matériau comprenant une matrice de polymère contenant des fibres;
revêtir le ressort de barillet (1) d'une composition comprenant un polymère;
homogénéiser l'épaisseur de la composition revêtant le ressort de barillet; et
50 polymériser la composition pour former le revêtement.
12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel l'étape d'homogénéisation comprend la rotation du ressort de barillet revêtu de la composition selon des axes de rotation orientés dans les trois dimensions orthogonales X, Y et Z.
- 55 13. Procédé selon la revendication 11, dans lequel l'étape d'homogénéisation comprend la rotation du ressort de barillet revêtu de la composition selon un axe de rotation orienté avec un angle compris entre 10° et 80° du plan d'enroulement du ressort de barillet.

EP 2 602 671 A1

14. Procédé selon l'une des revendications de 11 à 13, dans lequel l'étape de polymérisation de la composition comporte le chauffage du ressort de barillet revêtu de la composition.
15. Procédé selon l'une des revendications de 11 à 14, dans lequel revêtir le ressort de barillet (1) comprend une étape d'immersion du ressort dans la composition, ou une étape de revêtement par pulvérisation, ou une étape de déposition en phase vapeur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

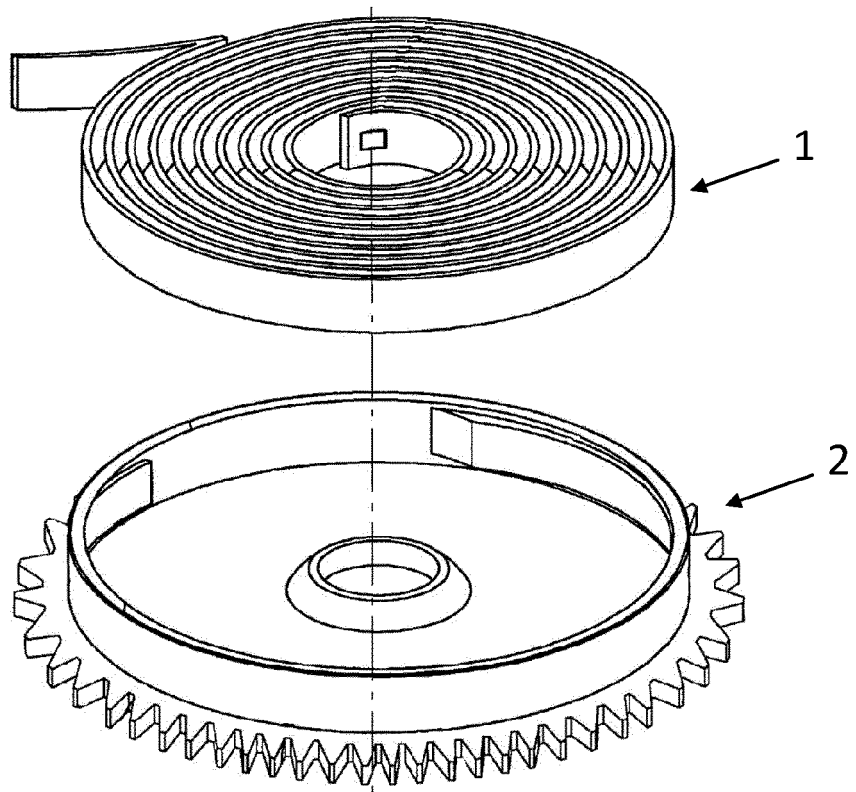


Fig. 1

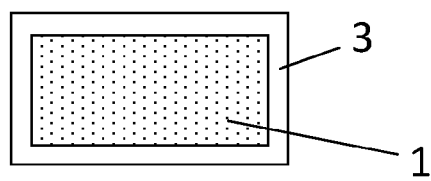


Fig. 3

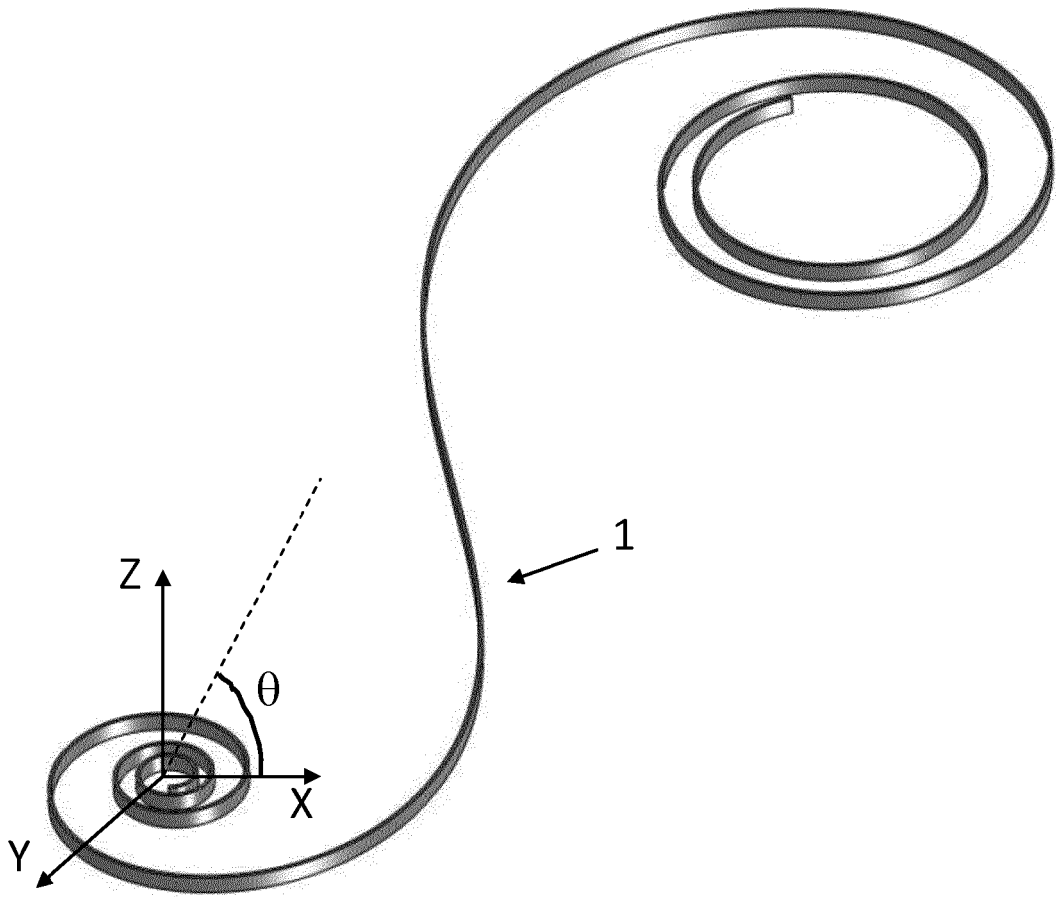


Fig. 2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 11 19 2835

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | | |
|--|---|---|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | Revendication concernée | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC) |
| Y | DE 10 2005 054314 A1 (UNIV ROSTOCK [DE]) 24 mai 2007 (2007-05-24) * alinéa [0009] * * revendications 1,9,10,12,13,16 * | 1-15 | INV. G04B1/14 |
| Y | US 4 464 216 A (GARDINER RICHARD J [US]) 7 août 1984 (1984-08-07) * colonne 1, ligne 30 - ligne 42 * * colonne 3, ligne 15 - ligne 24 * * revendications * | 1-15 | |
| Y | US 2 979 417 A (GUSTAV KRUGER ET AL) 11 avril 1961 (1961-04-11) * colonne 1, ligne 16 - ligne 35 * * revendication 3 * | 1-15 | |
| Y | GB 864 531 A (INST DR INC REINHARD STRAUMANN) 6 avril 1961 (1961-04-06) * page 2, ligne 39 - ligne 68 * | 1-15 | |
| Y | GB 894 591 A (STRAUMANN INST AG) 26 avril 1962 (1962-04-26) * page 1, colonne 1, ligne 12 - ligne 27 * * page 1, colonne 2, ligne 79 - page 2, colonne 1, ligne 23 * | 1-15 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | |
| Lieu de la recherche La Haye | | Date d'achèvement de la recherche 16 août 2012 | Examineur Lupo, Angelo |
| 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 | |

1
EPO FORM 1503 03-82 (P04C02)

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

EP 11 19 2835

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

16-08-2012

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| DE 102005054314 A1 | 24-05-2007 | AUCUN | |
| US 4464216 A | 07-08-1984 | AUCUN | |
| US 2979417 A | 11-04-1961 | AUCUN | |
| GB 864531 A | 06-04-1961 | AUCUN | |
| GB 894591 A | 26-04-1962 | AUCUN | |

EPO FORM P0480

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.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **C-A REYMONDIN et al.** Théorie d'horlogerie. 1998
[0002]