



(11)

**EP 3 217 229 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**13.09.2017 Bulletin 2017/37**

(51) Int Cl.:  
**G04B 17/22 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **16158888.4**

(22) Date de dépôt: **07.03.2016**

(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:  
**MA MD**

(71) Demandeur: **MONTRES BREGUET S.A.  
1344 L'Abbaye (CH)**

(72) Inventeurs:  
**• ZAUGG, Alain  
1347 Le Sentier (CH)  
• SARCHI, Davide  
1020 Renens (CH)**

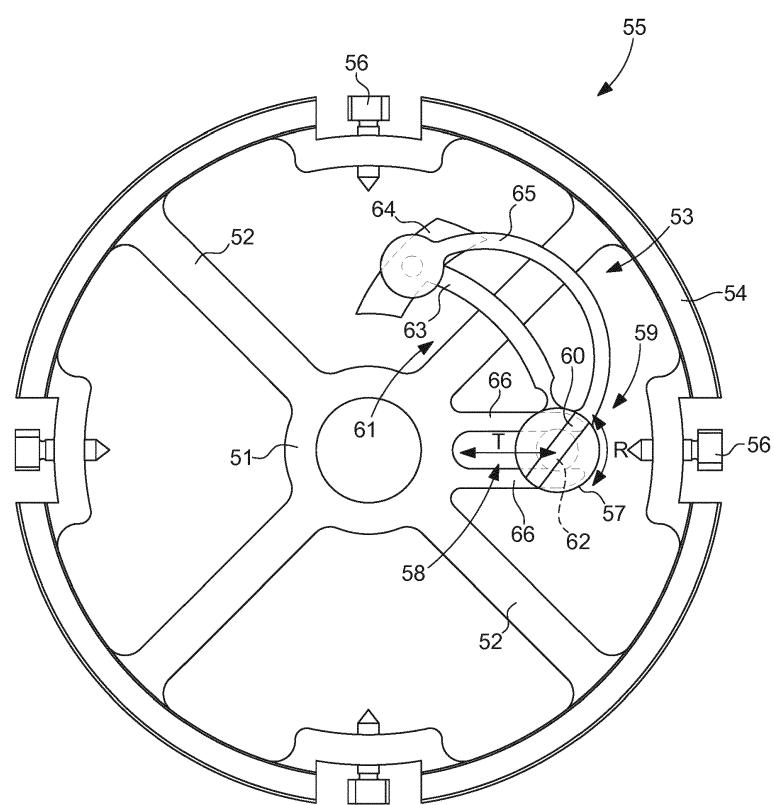
(74) Mandataire: **Goulette, Ludivine et al  
ICB  
Ingénieurs Conseils en Brevets SA  
Faubourg de l'Hôpital 3  
2001 Neuchâtel (CH)**

### (54) SYSTÈME DE COMPENSATION THERMIQUE AUXILIAIRE RÉGLABLE

(57) Balancier comportant une serpe reliée à un moyeu à l'aide d'au moins un bras caractérisé en ce que le balancier comporte un système de compensation ther-

mique auxiliaire réglable monté dans l'espace délimité par la serpe permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier.

Fig. 4



**Description**Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention se rapporte à un système de compensation thermique auxiliaire réglable et notamment un tel système monté sur un balancier d'un résonateur balancier-spiral.

Arrière-plan de l'invention

**[0002]** Il est expliqué dans le document EP 1 422 436, incorporé par référence à la présente demande, comment former un spiral compensateur comportant une âme en silicium revêtue de dioxyde de silicium et co-pérant avec un balancier d'inertie pré-déterminée pour compenser thermiquement l'ensemble dudit résonateur.

**[0003]** Fabriquer un tel spiral compensateur apporte de nombreux avantages mais conserve l'inconvénient commun à toute fabrication. En effet, l'étape de gravage de spiraux dans une plaque de silicium offre une dispersion géométrique très faible mais non négligeable s'agissant d'un spiral compensateur pour offrir une marche semblable pour chaque type de mouvement.

Résumé de l'invention

**[0004]** Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un balancier offrant un réglage de compensation thermique permettant de corriger les dispersions de fabrication des éléments d'un résonateur balancier - spiral.

**[0005]** A cet effet, l'invention se rapporte à un balancier comportant une serge reliée à un moyeu à l'aide d'au moins un bras caractérisé en ce que le balancier comporte un système de compensation thermique auxiliaire réglable monté dans l'espace délimité par la serge permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier.

**[0006]** On comprend donc que le système de compensation thermique auxiliaire réglable est adaptable à un balancier d'un mouvement horloger déjà développé et permet de compenser individuellement la dispersion propre à chaque mouvement afin de rendre par exemple un résonateur balancier - spiral encore moins sensible aux variations de température qu'avec un spiral compensateur seul. Par conséquent, le système de compensation thermique auxiliaire réglable ne fait pas l'ensemble de la compensation mais donne un moyen pour affiner le réglage de base.

**[0007]** Conformément à d'autres variantes avantageuses de l'invention :

- le système de compensation thermique auxiliaire réglable est monté sur ledit au moins un bras, le moyeu ou la serge du balancier ;
- le système de compensation thermique auxiliaire ré-

glable comporte un dispositif de fixation comprenant des moyens de positionnement réglables entre le moyeu et la serge afin d'adapter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable ;

- les moyens de positionnement réglables comportent un évidement radial permettant de choisir une position entre le moyeu et la serge. ;
- le dispositif de fixation comporte en outre des moyens d'orientation réglables afin d'adapter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable ;
- le système de compensation thermique auxiliaire réglable comporte un dispositif bilame comportant au moins une première lame et au moins une deuxième lame, lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames possèdent chacune un coefficient de dilatation différent et sont agencées pour s'attacher l'une sur l'autre afin que la courbure du dispositif bilame varie en fonction de la température ;
- ladite au moins une première lame est à base de silicium ;
- ladite au moins une deuxième lame est à base de métal ;
- dans les conditions ambiantes de température et de pression, le dispositif bilame forme une bande courbe ;
- le dispositif bilame comporte un bloc solidaire avec l'extrémité d'une desdites au moins une première et au moins une deuxième lames permettant d'augmenter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable ;
- le système de compensation thermique auxiliaire réglable comporte en outre un contrepoids permettant de compenser la masse du dispositif bilame ;
- le balancier comporte plusieurs systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables.

**[0008]** De plus, l'invention se rapporte à un résonateur comportant un spiral compensateur caractérisé en ce que le spiral compensateur est couplé à un balancier selon l'une des variantes précédentes.

Description sommaire des dessins

45

**[0009]** D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

50

- la figure 1 est une représentation partielle d'un mouvement horloger selon l'invention ;
- les figures 2 à 4 sont des représentations de trois modes de réalisation de systèmes de compensation thermique auxiliaire réglable selon l'invention ;
- les figures 5 et 6 sont des représentations de deux alternatives du deuxième mode de réalisation de système de compensation thermique auxiliaire ré-

gable selon l'invention.

#### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0010]** Comme montré à la figure 1, un résonateur 1 comportant un spiral compensateur 3 du type silicium revêtue de dioxyde de silicium et coopérant avec un balancier 5 d'inertie prédéterminée offre une compensation thermique sans précédent dans le domaine de l'horlogerie mécanique.

**[0011]** Toutefois, les aléas de fabrication et le fait que le spiral compensateur n'est pas forcément du type silicium revêtue de dioxyde de silicium ont poussé la Démarderesse à chercher des solutions correctrices. Il est ainsi apparu qu'un besoin existe pour un système de compensation thermique auxiliaire réglable permettant de régler le coefficient thermique d'un résonateur sur une plage de  $\pm 0,5 \text{ s.j}^{-1.\circ -1}$  qui soit adaptable sur des mouvements horlogers existants.

**[0012]** L'invention se propose donc de modifier un balancier habituel comportant une serge non coupée reliée à un moyeu à l'aide d'au moins un bras. Selon l'invention, le balancier comporte, de manière avantageuse, un système de compensation thermique auxiliaire réglable monté dans l'espace délimité par la serge non coupée ou dans sa proche périphérie permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier.

**[0013]** On comprend donc que le système de compensation thermique auxiliaire réglable permet de corriger individuellement le coefficient thermique de chaque mouvement afin de rendre par exemple un résonateur balancier - spiral encore moins sensible aux variations de température qu'avec un spiral compensateur seul. Par conséquent, le système de compensation thermique auxiliaire réglable ne fait pas l'ensemble de la compensation mais donne un moyen pour affiner le réglage de base.

**[0014]** Selon un premier mode de réalisation illustré à la figure 2, on peut voir un balancier 15 comportant une serge 14 munie de vis réglantes 16 et reliée à un moyeu 11 à l'aide de quatre bras 12. Le balancier 15 comporte, avantageusement selon l'invention, un système de compensation thermique auxiliaire réglable 13 monté dans l'espace délimité par la serge 14, c'est-à-dire le volume délimité par le diamètre interne de la serge 14, ou dans sa proche périphérie, permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier 15 dans un volume/encombrement équivalent.

**[0015]** On comprend que le but est d'offrir une possibilité de régler la variation de l'inertie du balancier 15 de manière prédéterminée en fonction des variations de température afin de corriger les dispersions de fabrication des éléments d'un résonateur 1 balancier - spiral.

**[0016]** Dans le premier mode de réalisation illustré à la figure 2, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 13 est monté sur l'un des bras 12 du balancier 15.

**[0017]** Pour ce faire, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 13 comporte un dispositif de

fixation 19 comprenant des moyens de positionnement réglables entre le moyeu 11 et la serge 14 afin d'adapter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 13. Dans l'exemple de la figure 2, les moyens de positionnement réglables comportent un évènement radial 18 permettant de choisir une position le long du rayon du balancier 15 à l'aide d'une translation T entre le moyeu 11 et la serge 14.

**[0018]** De plus, le dispositif de fixation 19 comporte en outre des moyens d'orientation réglables afin d'encore optimiser l'adaptation l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 13. Dans l'exemple de la figure 2, les moyens d'orientation réglables comportent un pivot 22 monté dans l'évidement radial 18 permettant de choisir un angle par rapport au bras 12 du balancier 15 à l'aide d'une rotation R de la base 17 du système de compensation thermique auxiliaire réglable 13, par exemple, au moyen de l'encoche 20.

**[0019]** Selon le premier mode de réalisation illustré à la figure 2, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 13 comporte un dispositif bilame 21 solidaire de la base 17 et qui comporte au moins une première lame 23 et au moins une deuxième lame 25. Lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames 23, 25 possèdent chacune un coefficient de dilatation différent et sont agencées pour s'attacher l'une sur l'autre afin que la courbure du dispositif bilame 21 varie en fonction de la température.

**[0020]** En outre, le dispositif bilame 21 comporte un bloc 24 en une seule pièce avec l'extrémité d'une desdites au moins une première et au moins une deuxième lames 23, 25 permettant d'augmenter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 13.

**[0021]** On comprend donc qu'en réglant la translation T et la rotation R du système de compensation thermique auxiliaire réglable 13 dans l'évidement radial 18 d'un bras il est possible de choisir une correction prédéterminée de l'inertie du balancier 15 en fonction des variations de température.

**[0022]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le balancier 15 peut comporter plusieurs systèmes de compensation thermique auxiliaire

régulables 13 et/ou un contrepoids pour chaque système de compensation thermique auxiliaire réglables 13 peut être utilisé comme cela est expliqué pour le deuxième mode de réalisation. Le balancier peut également être de géométrie différente comme, par exemple, avec plus ou moins de bras, avec une serge coupée ou avec une serge formée de plusieurs lobes courbes. Enfin, chaque système de compensation thermique auxiliaire réglable 13 pourrait être adapté quant à ses matériaux et géométries utilisées de dispositif bilame 21 et/ou son bloc 24 et/ou son dispositif de fixation 19 suivant la plage souhaitée de réglage du coefficient thermique.

**[0023]** Selon un deuxième mode de réalisation illustré à la figure 3, on peut voir un balancier 35 comportant une

serge 34 munie de vis réglantes 36 et reliée à un moyeu 31 à l'aide de quatre bras 32. Le balancier 35 comporte, avantageusement selon l'invention, un système de compensation thermique auxiliaire réglable 33 monté dans l'espace délimité par la serge 34, c'est-à-dire le volume délimité par le diamètre interne de la serge 34, permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier 35.

**[0024]** On comprend que le but est d'offrir une possibilité de régler la variation de l'inertie du balancier 35 de manière prédéterminée en fonction des variations de température afin de corriger les dispersions de fabrication des éléments d'un résonateur 1 balancier - spiral.

**[0025]** Dans le deuxième mode de réalisation illustré à la figure 3, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 33 est monté sur le moyeu 31 du balancier 35 à l'aide de deux pattes 46.

**[0026]** Pour ce faire, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 33 comporte un dispositif de fixation 39 comprenant des moyens de positionnement réglables entre le moyeu 31 et la serge 34 afin d'adapter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 33. Dans l'exemple de la figure 3, les moyens de positionnement réglables comportent un évidement radial 38 entre les deux pattes 46 permettant de choisir une position le long du rayon du balancier 35 à l'aide d'une translation T entre le moyeu 31 et la serge 34.

**[0027]** De plus, le dispositif de fixation 39 comporte en outre des moyens d'orientation réglables afin d'encore optimiser l'adaptation l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 33. Dans l'exemple de la figure 3, les moyens d'orientation réglables comportent un pivot 42 monté dans l'évidement radial 38 entre les pattes 46 permettant de choisir un angle par rapport aux pattes 46 à l'aide d'une rotation R de la base 37 du système de compensation thermique auxiliaire réglable 33, par exemple, au moyen de l'encoche 40.

**[0028]** Selon le deuxième mode de réalisation illustré à la figure 3, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 33 comporte un dispositif bilame 41 solidaire de la base 37 et qui comporte au moins une première lame 43 et au moins une deuxième lame 45. Lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames 43, 45 possèdent chacune un coefficient de dilatation différent et sont agencées pour s'attacher l'une sur l'autre afin que la courbure du dispositif bilame 41 varie en fonction de la température.

**[0029]** En outre, le dispositif bilame 41 comporte un bloc 44 en une seule pièce avec l'extrémité d'une desdites au moins une première et au moins une deuxième lames 43, 45 permettant d'augmenter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 33.

**[0030]** On comprend donc qu'en réglant la translation T et la rotation R du système de compensation thermique auxiliaire réglable 33 dans l'évidement radial 38 des pattes 46, il est possible de choisir une correction prédéterminée de l'inertie du balancier 35 en fonction des variations de température.

**[0031]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le balancier peut également être de géométrie différente comme, par exemple, avec plus ou moins de bras, avec une serge coupée ou avec une serge formée de plusieurs lobes courbes. De plus, chaque système de compensation thermique auxiliaire réglable 33 pourrait être adapté quant à ses matériaux et géométries utilisées de dispositif bilame 41 et/ou son bloc 44 et/ou son dispositif de fixation 39 suivant la plage souhaitée de réglage du coefficient thermique.

**[0032]** De plus, selon une première alternative du deuxième mode de réalisation, le balancier 35' peut comporter plusieurs systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub> afin d'équilibrer le balancier 35'. Ainsi comme visible à la figure 5, le balancier 35' comporte deux systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub> répartis symétriquement par rapport au moyeu 31.

**[0033]** On comprend donc qu'en réglant la translation T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et la rotation R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> de chaque système de compensation thermique auxiliaire réglable 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub> dans l'évidement radial 38<sub>1</sub>, 38<sub>2</sub> des pattes 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub> associées, il est possible de choisir une correction prédéterminée de l'inertie du balancier 35' en fonction des variations de température tout en ayant un meilleur équilibrage que dans l'exemple de la figure 3.

**[0034]** Enfin, selon une deuxième alternative du deuxième mode de réalisation, le balancier 35'' peut en outre comporter un contrepoids 47<sub>1</sub>, 47<sub>2</sub> pour chaque système de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' afin de rendre sensiblement immobile, à une température donnée comme par exemple 23°C, le centre de masse de chaque système de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' quelle que soit la rotation R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> réalisée.

**[0035]** Ainsi dans l'exemple visible à la figure 6 qui combine les première et deuxième alternatives du deuxième mode de réalisation, le balancier 35'' comporte deux systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' répartis symétriquement par rapport au moyeu 31. Les systèmes de compensation thermique auxiliaire réglable 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' sont montés chacun sur le moyeu 31 du balancier 35'' à l'aide de deux pattes 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub>. Comme visible à la figure 6, un contrepoids 47<sub>1</sub>, 47<sub>2</sub> est solidaire de chaque base 37<sub>1</sub>, 37<sub>2</sub> de manière à compenser la masse de l'ensemble bilame 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub> - bloc 44<sub>1</sub>, 44<sub>2</sub> lorsque chaque système de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' effectue une rotation R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>.

**[0036]** Pour ce faire, chaque système de compensation thermique auxiliaire réglable 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub> comporte un dispositif de fixation 39<sub>1</sub>, 39<sub>2</sub> comprenant des moyens de positionnement réglables avec un évidement radial 38<sub>1</sub>, 38<sub>2</sub> entre les deux pattes 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub> permettant de choisir une position le long du rayon du balancier 35'' à l'aide d'une translation T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> entre le moyeu 31 et la

serge 34. On comprend donc que les systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub> ont un rayon de travail fixe par rapport à l'axe de rotation du balancier 35" mais libre sur friction en rotation.

**[0037]** De plus, le dispositif de fixation 39<sub>1</sub>, 39<sub>2</sub> comporte en outre des moyens d'orientation réglables qui comportent un pivot 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub> monté dans l'évidement radial 38<sub>1</sub>, 38<sub>2</sub> entre les pattes 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub> permettant de choisir un angle par rapport aux pattes 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub> à l'aide d'une rotation R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> de la base 37<sub>1</sub>, 37<sub>2</sub> du système de compensation thermique auxiliaire réglable 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>.

**[0038]** On comprend donc qu'en réglant la translation T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et la rotation R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> de chaque système de compensation thermique auxiliaire réglable 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' dans l'évidement radial 38<sub>1</sub>, 38<sub>2</sub> des pattes 46<sub>1</sub>, 46<sub>2</sub> associées, il est possible de choisir une correction prédéterminée de l'inertie du balancier 35" en fonction des variations de température tout en ayant un meilleur équilibrage et en gardant un centre de masse sensiblement immobile des systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>' par rapport à l'exemple de la figure 3.

**[0039]** Selon un troisième mode de réalisation illustré à la figure 4, on peut voir un balancier 55 comportant une serge 54 munie de vis réglantes 56 et reliée à un moyeu 51 à l'aide de quatre bras 52. Le balancier 55 comporte, avantageusement selon l'invention, un système de compensation thermique auxiliaire réglable 53 monté dans l'espace délimité par la serge 54, c'est-à-dire le volume délimité par le diamètre interne de la serge 54, permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier 55.

**[0040]** On comprend que le but est d'offrir une possibilité de régler la variation de l'inertie du balancier 55 de manière prédéterminée en fonction des variations de température afin de corriger les dispersions de fabrication des éléments d'un résonateur 1 balancier - spiral.

**[0041]** Dans le troisième mode de réalisation illustré à la figure 4, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 53 est monté sur le moyeu 51 du balancier 55 à l'aide de deux pattes 66.

**[0042]** Pour ce faire, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 53 comporte un dispositif de fixation 59 comprenant des moyens de positionnement réglables entre le moyeu 51 et la serge 54 afin d'adapter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 53. Dans l'exemple de la figure 4, les moyens de positionnement réglables comportent un évidement radial 58 entre les deux pattes 66 permettant de choisir une position le long du rayon du balancier 55 à l'aide d'une translation T entre le moyeu 51 et la serge 54.

**[0043]** De plus, le dispositif de fixation 59 comporte en outre des moyens d'orientation réglables afin d'encore optimiser l'adaptation l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 53. Dans l'exemple de la figure 4, les moyens d'orientation réglables comportent un pivot 62 monté dans l'évidement radial 58 entre les pattes 66 permettant de choisir un angle par rapport aux pattes 66 à l'aide d'une rotation R de la base 57

du système de compensation thermique auxiliaire réglable 53, par exemple, au moyen de l'encoche 60.

**[0044]** Selon le troisième mode de réalisation illustré à la figure 4, le système de compensation thermique auxiliaire réglable 53 comporte un dispositif bilame 61 solidaire de la base 57 et qui comporte au moins une première lame 63 et au moins une deuxième lame 65. Lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames 63, 65 possèdent chacune un coefficient de dilatation différent et sont agencées pour s'attacher l'une sur l'autre afin que la courbure du dispositif bilame 61 varie en fonction de la température.

**[0045]** En outre, le dispositif bilame 61 comporte un bloc 64 en une seule pièce avec l'extrémité d'une desdites au moins une première et au moins une deuxième lames 63, 65 permettant d'augmenter l'influence du système de compensation thermique auxiliaire réglable 53.

**[0046]** On comprend donc qu'en réglant la translation T et la rotation R du système de compensation thermique auxiliaire réglable 53 dans l'évidement radial 58 des pattes 66, il est possible de choisir une correction prédéterminée de l'inertie du balancier 55 en fonction des variations de température.

**[0047]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le balancier 55 peut comporter plusieurs systèmes de compensation thermique auxiliaire réglables 53 et/ou un contrepoids pour chaque système de compensation thermique auxiliaire réglables 53 peut être utilisé comme expliqué ci-dessus pour le deuxième mode de réalisation. Le balancier peut également être de géométrie différente comme, par exemple, avec plus ou moins de bras, avec une serge coupée ou avec une serge formée de plusieurs lobes courbes. Enfin, chaque système de compensation thermique auxiliaire réglable 53 pourrait être adapté quant à ses matériaux et géométries utilisées de dispositif bilame 61 et/ou son bloc 64 et/ou son dispositif de fixation 59 suivant la plage souhaitée de réglage du coefficient thermique.

**[0048]** Pour chaque mode de réalisation du balancier, le dispositif bilame doit être sensible aux variations de température. Préférentiellement, le dispositif bilame selon l'invention comporte au moins une première lame à base de silicium et au moins une deuxième lame à base de métal.

**[0049]** Ladite au moins une première lame à base de silicium peut comporter du silicium monocristallin, du silicium monocristallin dopé, du silicium polycristallin, du silicium polycristallin dopé, du silicium poreux, de l'oxyde de silicium, du quartz, de la silice, du nitrate de silicium ou du carbure de silicium. Bien entendu, quand le matériau à base de silicium est sous phase cristalline, n'importe quelle orientation cristalline peut être utilisée.

**[0050]** De plus, ladite au moins une deuxième lame à base de métal peut comporter de l'argent et/ou du magnésium et/ou du plomb et/ou du thallium et/ou du nickel et/ou du cuivre et/ou du zinc et/ou de l'or et/ou de l'alu-

minium et/ou de l'indium et/ou de la vulcanite.

**[0051]** Selon l'invention, lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames sont agencées pour s'attacher l'une sur l'autre afin que la courbure du dispositif bilame varie en fonction de la température. En effet, la bande formée par lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames se courbe avec l'augmentation de température du côté où le coefficient de dilatation est le plus faible.

**[0052]** En outre, cela signifie notamment que le dispositif bilame peut comporter plusieurs premières lames agencées pour s'attacher à une unique deuxième lame ou, alternativement, que plusieurs deuxièmes lames sont agencées pour s'attacher à une unique première lame.

**[0053]** Pour les mode de réalisations ci-dessus, il est recherché une différence de coefficient de dilatation du dispositif bilame qui est environ comprise entre 10 et 30  $10^{-6} \text{ K}^{-1}$  et, préférentiellement, une faible sensibilité aux champs magnétiques. A titre préféré, le couple silicium monocristallin - alliage nickel/phosphore est utilisé. Bien entendu, d'autres alliages peuvent être appliqués par croissance galvanique tel que de l'or. Il est également envisageable d'assembler un pièce à base de silicium sur des composants usinés de manière plus traditionnelle comme les alliages cuivreux ou les aciers amagnétiques.

**[0054]** Ainsi, le silicium monocristallin comporte un coefficient de dilatation linéique à 25°C autour de  $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  alors que les métaux ou alliages métalliques comportent en général des coefficients de dilatation linéique à 25°C compris entre sensiblement 13 et  $32 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . On comprend donc que la différence de coefficient de dilatation du dispositif bilame permet une sensibilité élevée à la température.

**[0055]** Selon l'invention, dans les conditions ambiantes de température et de pression (CATP) correspondant à une température de 25 °C et à une pression de 100 kPa, le dispositif bilame forme préférentiellement une bande courbe.

**[0056]** Comme illustré dans les premier et deuxième modes de réalisation ci-dessus, lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames sont attachées l'une sur l'autre par emboîtement. Ainsi, on peut voir des moyens d'emboîtement formé soit par un ensemble rainure - crochet soit par des ensembles cran d'arrêt - nervure.

**[0057]** Bien entendu, de manière additionnelle ou alternative, lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames pourraient être attachées l'une sur l'autre par utilisation d'un matériau d'adhésion ou par électroformage.

**[0058]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, plusieurs dispositifs bilame 21, 41, 41<sub>1</sub>, 41<sub>2</sub>, 61 identiques ou différents pourraient être répartis entre chaque base 17, 37, 37<sub>1</sub>, 37<sub>2</sub>, 57 et chaque bloc 24, 44, 44<sub>1</sub>, 44<sub>2</sub>, 64.

**[0059]** De plus, chaque bloc 24, 44, 44<sub>1</sub>, 44<sub>2</sub>, 64 pourrait être alternativement remplacée par une masselotte fixée sur l'extrémité libre d'une desdites au moins une première et/ou au moins une deuxième lames à la manière des vis réglantes 16, 36, 56, c'est-à-dire par exemple visée dedans. La masselotte pourrait ainsi être formée à partir d'un troisième matériau par exemple plus dense que les deux premiers.

**[0060]** Enfin, comme expliqué ci-dessus, le système de compensation thermique auxiliaire réglable peut être monté sur un bras ou le moyeu du balancier. Toutefois, rien n'empêche que le système de compensation thermique auxiliaire réglable soit alternativement monté sur la serge du balancier, c'est-à-dire sur le diamètre interne ou le diamètre externe de la serge du balancier.

## Revendications

20. 1. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) comportant une serge (14, 34, 54) reliée à un moyeu (11, 31, 51) à l'aide d'au moins un bras (12, 32, 52) **caractérisé en ce que** le balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) comporte un système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable monté dans l'espace délimité par la serge (14, 34, 54) permettant d'offrir un réglage de la compensation thermique du balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55).
30. 2. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable est monté sur ledit au moins un bras (12, 32, 52) du balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55).
35. 3. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable est monté sur le moyeu (11, 31, 51) du balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55).
40. 4. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable est monté sur la serge (14, 34, 54) du balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55).
45. 5. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable comporte un dispositif de fixation comprenant des moyens de positionnement réglables entre le moyeu (11, 31, 51) et la serge (14, 34, 54) afin d'adapter l'influence du système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable.

6. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les moyens de positionnement réglables comportent un évidement radial permettant de choisir une position entre le moyeu (11, 31, 51) et la serge (14, 34, 54). 5
7. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de fixation comporte en outre des moyens d'orientation réglables afin d'adapter l'influence du système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable. 10
8. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable comporte un dispositif bilame comportant au moins une première lame et au moins une deuxième lame, lesdites au moins une première et au moins une deuxième lames possèdent chacune un coefficient de dilatation différent et sont agencées pour s'attacher l'une sur l'autre afin que la courbure du dispositif bilame varie en fonction de la température. 15 20 25
9. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ladite au moins une première lame est à base de silicium.
10. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** ladite au moins une deuxième lame est à base de métal. 30
11. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que**, dans 35 les conditions ambiantes de température et de pression, le dispositif bilame forme une bande courbe.
12. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** le dispositif bilame comporte un bloc solidaire avec l'extrémité d'une desdites au moins une première et au moins une deuxième lames permettant d'augmenter l'influence du système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable. 40 45
13. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** le système (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglable comporte en outre 50 un contrepoids permettant de compenser la masse du dispositif bilame.
14. Balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) comporte plusieurs systèmes (13, 33, 33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>1</sub>', 33<sub>2</sub>', 53) de compensation thermique auxiliaire réglables. 55
15. Résonateur (1) comportant un spiral (3) compensateur **caractérisé en ce que** le spiral (3) compensateur est couplé à un balancier (5, 15, 35, 35', 35", 55) selon l'une des revendications précédentes.

Fig. 1

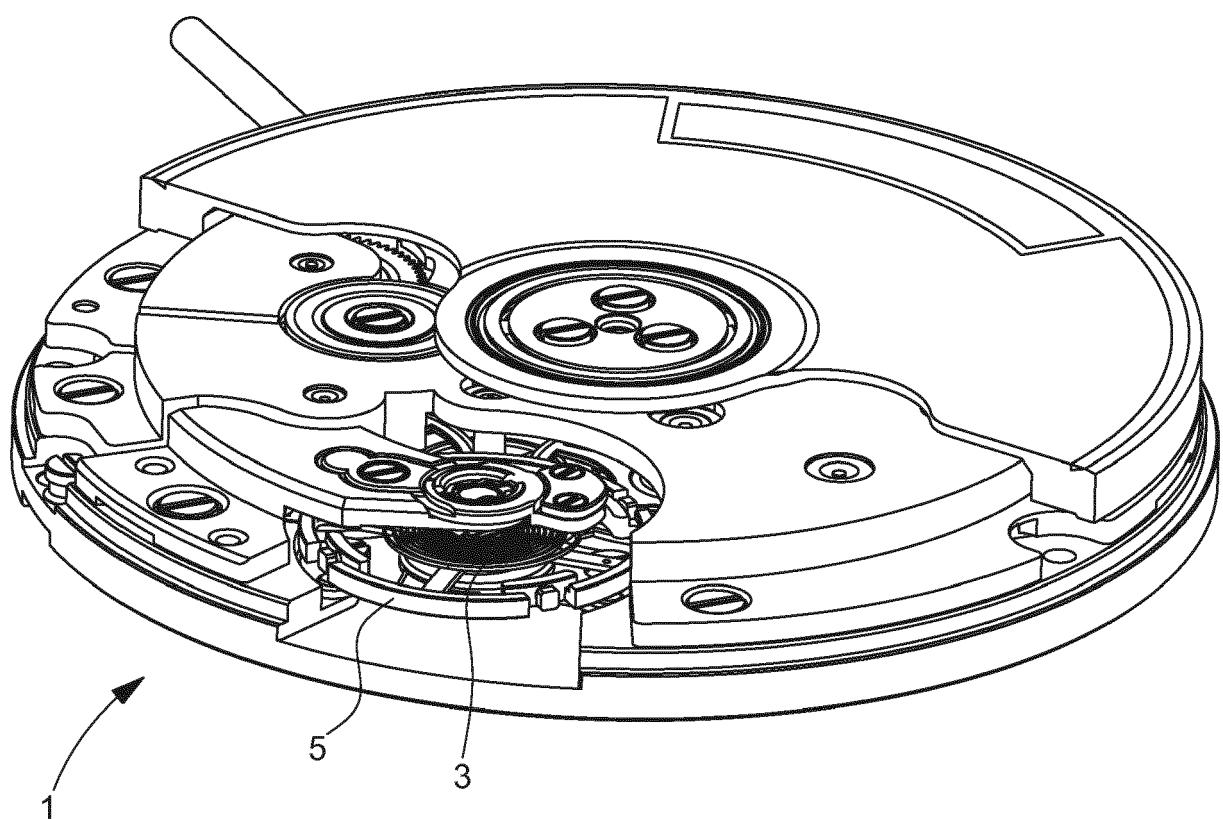


Fig. 2

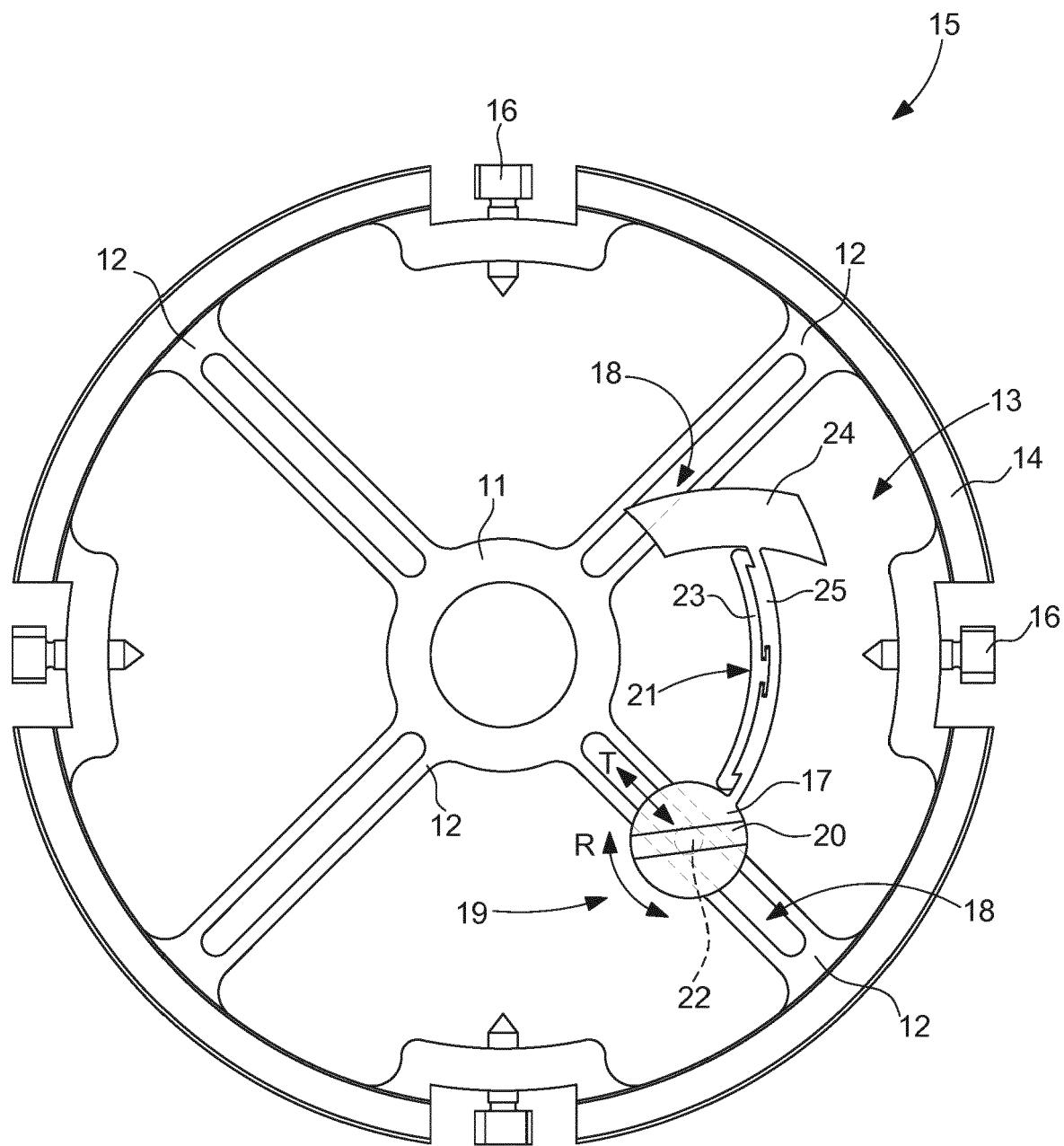


Fig. 3

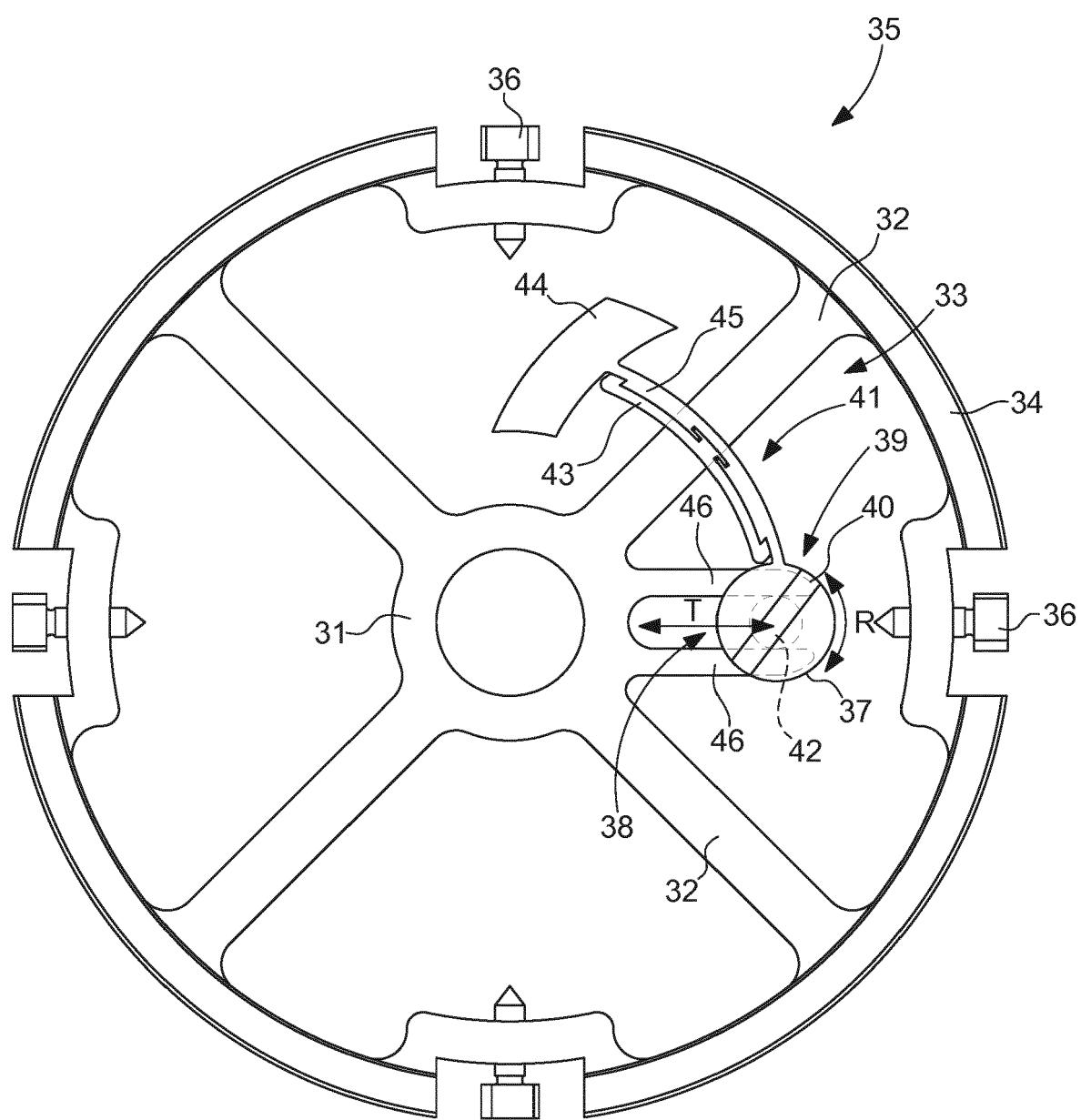


Fig. 4

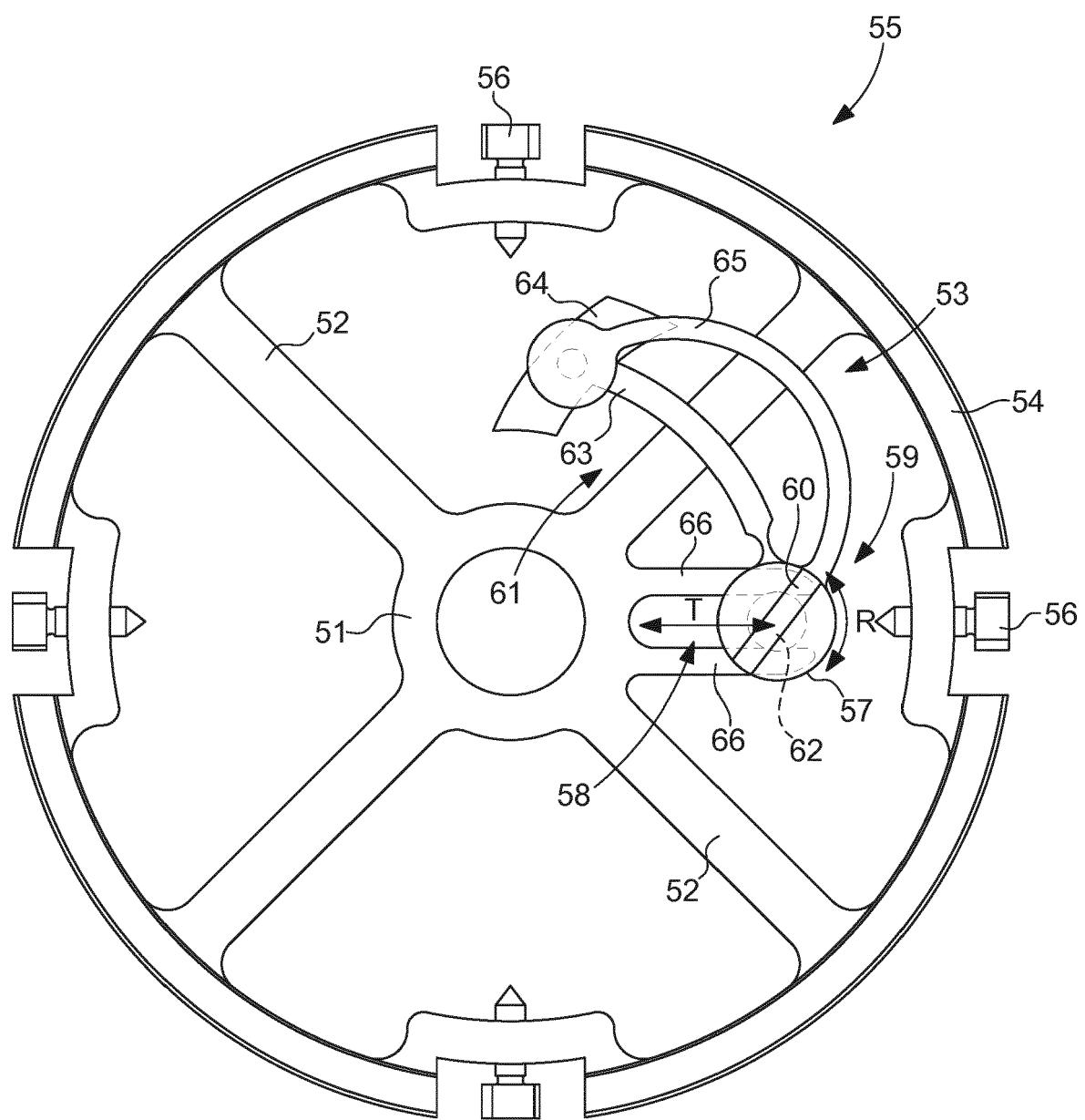


Fig. 5

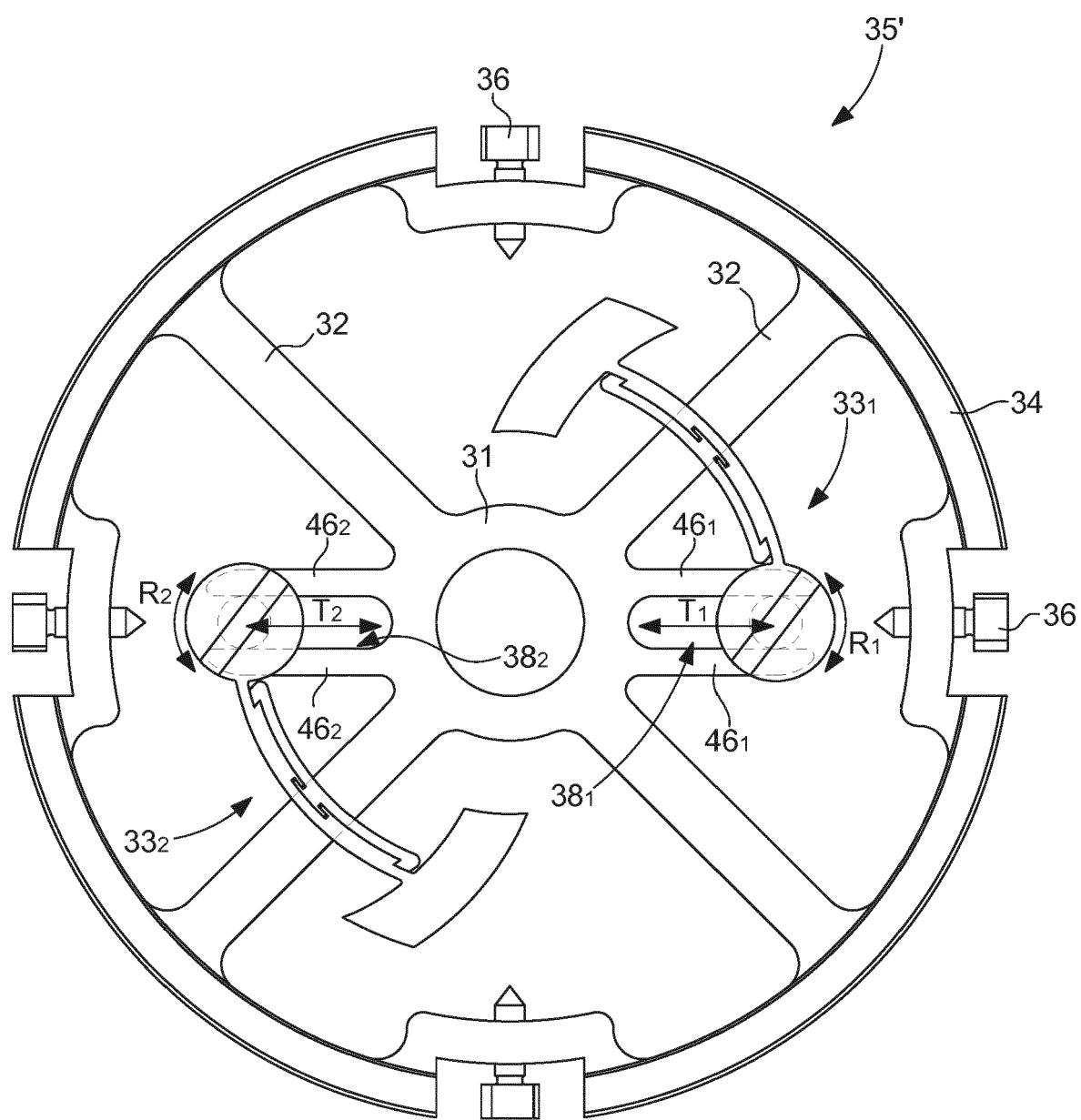
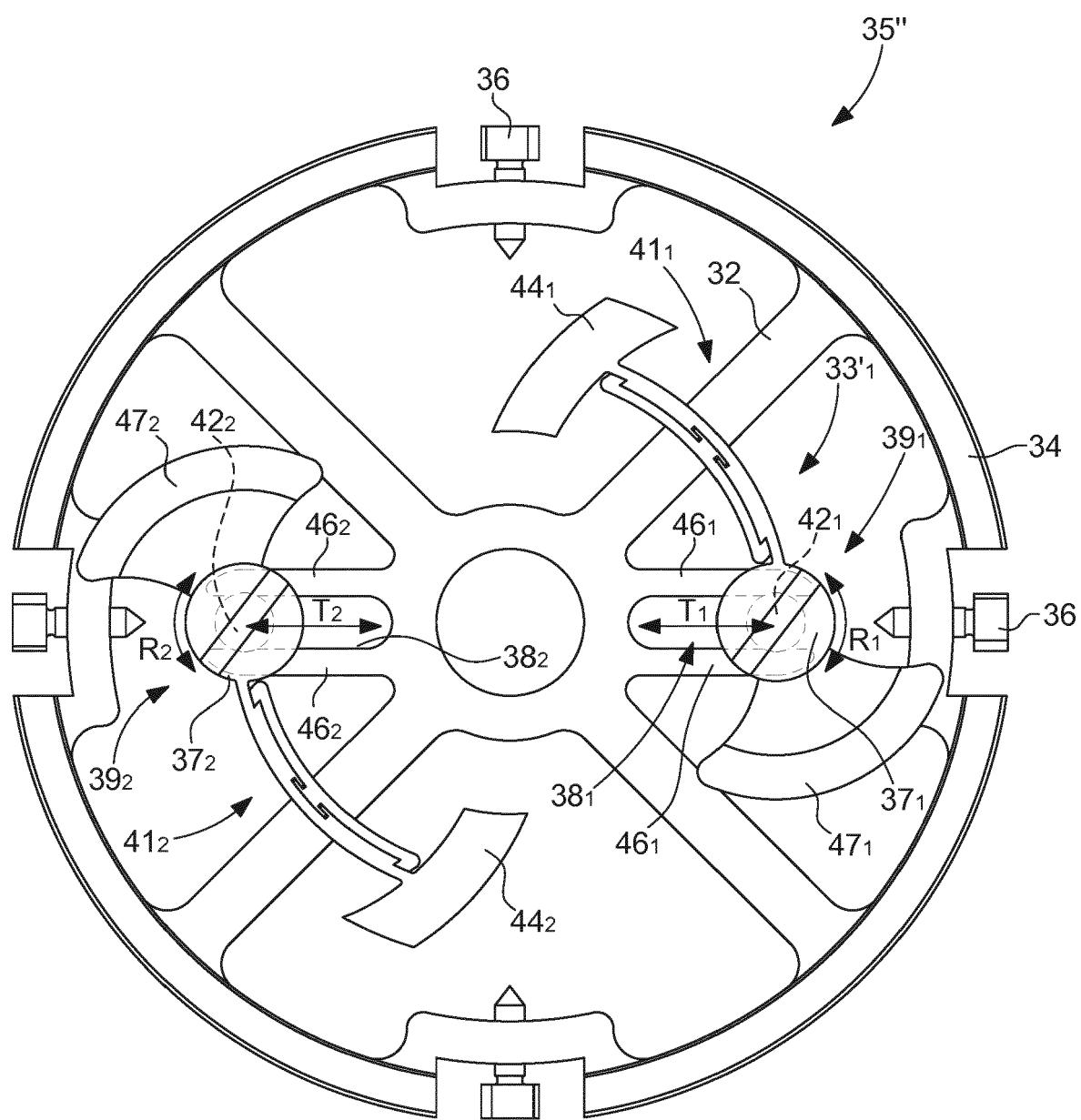


Fig. 6





## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 16 15 8888

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	CH 343 907 A (ROLEX MONTRES [CH]) 31 décembre 1959 (1959-12-31)	1,4-6, 8-11, 13-15	INV. G04B17/22
A	* revendication 1; figure 1 * * page 2, lignes 10-11 * -----	2,3,7,12	
X	FR 701 871 A (LOUIS MATILE) 24 mars 1931 (1931-03-24)	1,3,5,6, 15	
A	* page 1, lignes 48-59; figure 1 *	2,4,7-14	
X	US 631 103 A (BOREL ANTOINE [CH]) 15 août 1899 (1899-08-15)	1-3,5-8, 10-15	
A	* page 1, lignes 26-67; figure 1 *	4,9	
X	US 387 567 A (A. F. PICKERT) 7 août 1888 (1888-08-07)	1,4,5,8, 10,11, 13-15	
A	* page 1, lignes 45-72; figure 1 *	2,3,6,7, 9,12	
	-----		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
La Haye	17 août 2016	Musielak, Marion	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		
A : arrière-plan technologique	D : cité dans la demande		
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons		
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant		

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

EP 16 15 8888

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.

17-08-2016

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	CH 343907 A 31-12-1959 AUCUN			
	FR 701871 A 24-03-1931 AUCUN			
	US 631103 A 15-08-1899 AUCUN			
20	US 387567 A 07-08-1888 AUCUN			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

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

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

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

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 1422436 A [0002]