

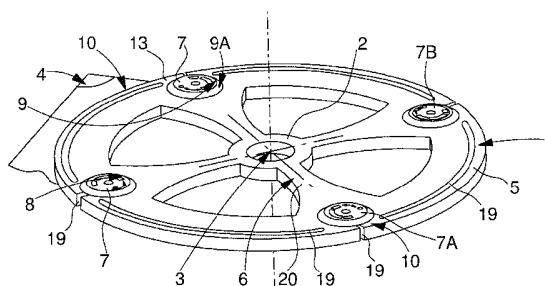
(11) CH 705 541 B1

(51) Int. Cl.: **G04B 17/06** (2006.01)
G04B 17/20 (2006.01)
G04B 18/00 (2006.01)

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande:	00206/13	(73) Titulaire(s): Nivarox-FAR S.A., Avenue du Collège 10 CH-2400 Le Locle (CH)
(22) Date de dépôt:	05.07.2011	(72) Inventeur(s): Daniel Mallet, 25210 Le Luhier (FR) Frédéric Tolle, 2400 Le Locle (CH) Philippe Barthoulot, 25120 Maiche (FR) Emmanuel Graf, 2400 Le Locle (CH) Philomène Berger, 1428 Provence (CH) Pierre Cusin, 1423 Villars-Burquin (CH) Daniel Vicente, 2013 Colombier (CH)
(43) Demande publiée:	26.01.2012	
(30) Priorité:	19.07.2010 EP 10170005.2	(74) Mandataire: ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA, Faubourg de l'Hôpital 3 2001 Neuchâtel (CH)
(24) Brevet délivré:	31.03.2016	(86) Demande internationale: PCT/EP 2011/061294
(45) Fascicule du brevet publié:	31.03.2016	(87) Publication internationale: WO 2012/010410



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un procédé de réalisation d'un balancier équipé pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation, le balancier équipé comportant d'une part un balancier nu comportant lui-même un moyeu agencé pour coopérer avec un axe de balancier perpendiculaire à un plan de balancier, ainsi qu'une serge périphérique continue ou discontinue reliée au moyeu par au moins un élément de jonction, le balancier équipé comportant d'autre part au moins un insert, le balancier nu comportant, à la périphérie de la serge, au moins un logement pour la réception du au moins un insert, l'insert comportant des moyens de guidage complémentaires de profil complémentaire à des moyens de guidage que comporte le logement.

[0002] L'invention concerne encore un balancier équipé pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation, comportant d'une part un balancier nu comportant au moins un logement avec des moyens de guidage, et d'autre part au moins un insert comportant des moyens de guidage complémentaires de profil complémentaire auxdits moyens de guidage, le balancier nu et/ou l'insert comportant des moyens de maintien élastique agencés pour autoriser l'insertion de l'insert dans le logement dans une première position d'insertion où les moyens de maintien élastique sont sous contrainte, et pour interdire l'extraction de l'insert hors du logement dans une deuxième position de maintien où les moyens de maintien élastique sont libérés de la contrainte, l'insert étant insérable dans un dit logement par contrainte desdits moyens de maintien élastique dans la première position d'insertion, les moyens de maintien élastique étant libérables de la contrainte dans la deuxième position de maintien après insertion complète de chaque dit insert dans son dit logement pour le maintien de l'insert dans le logement.

[0003] L'invention concerne encore un balancier-spiral incorporant un tel balancier.

[0004] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie incorporant un tel balancier-spiral ou un tel balancier.

[0005] L'invention concerne le domaine des organes réglants pour pièces d'horlogerie, et tout particulièrement le balancier ou le balancier-spiral.

Arrière plan de l'invention

[0006] La précision des calibres dépend de la qualité de leur organe réglant, et l'obtention de fréquences d'oscillation très élevées, par exemple de 10 Hz, à comparer aux fréquences usuelles de 2,5 à 4 Hz, ne peut être obtenue qu'avec la conception d'organes réglants adaptés, en particulier en ce qui concerne le balancier.

[0007] En effet, l'énergie à fournir, sous forme de couple élastique du spiral, pour l'entretien de l'oscillation est proportionnelle au produit, d'une part de l'inertie du balancier autour de son axe de pivotement, par le carré de la fréquence d'autre part. Ainsi, par exemple, à énergie égale, le passage d'une fréquence de 4 Hz à 10 Hz entraîne environ la division par 6 de l'inertie. Pour une fréquence de 4 Hz, une inertie du balancier de 12 mg.cm² est considérée comme bonne, un tel balancier ayant classiquement un diamètre de 9 à 10 mm. Ainsi, un balancier pour une utilisation à 10 Hz doit avoir une inertie de faible valeur, notamment inférieure à 2 mg.cm².

[0008] Un balancier pour une utilisation à 10 Hz doit encore, pour un fonctionnement optimal, être de masse minimale, notamment inférieure à 30 mg, de façon à réduire les frottements dans les paliers, de façon à éviter les perturbations de l'isochronisme dans les différentes positions d'utilisation.

[0009] Tout en étant de masse et d'inertie faible, le balancier d'un oscillateur à haute fréquence doit, encore, permettre le réglage du balourd et un parfait équilibrage, statique comme dynamique, et sa construction doit autoriser des opérations de réglage et/ou d'ajustement. Il n'est donc pas possible d'utiliser les technologies classiques, ni même des solutions de balanciers allégés tels que des balanciers avec serge à rayons telle que décrite par le brevet FR 1 275 357 au nom de Straumann, ou par le brevet FR 1 301 938 au nom de LIP. En effet, leur masse, même réduite, interdit d'obtenir une inertie aussi basse que souhaitée. De même, un balancier en titane selon le brevet EP 1 562 087 au nom de MONTRES BREQUET SA, conçu avec une serge et des bras en titane et des sections réduites, reste d'une masse et d'une inertie qui sont supérieures à ce qui est souhaité pour un fonctionnement optimal.

[0010] Il est également recherché un facteur de qualité de l'ordre de 500, donc nettement supérieur à ceux des oscillateurs traditionnels où il est voisin de 220 à 280 pour des montres de bonne qualité. Un tel facteur de qualité ne peut s'obtenir que par la conjugaison d'un spiral silicium ou analogue et d'un balancier remplissant les conditions ci-dessus. L'obtention d'un facteur de qualité élevé, conjuguée à des possibilités de réglage et d'ajustement, doivent, encore, permettre l'élimination de la raquetterie.

[0011] De plus, la masse de l'ensemble étant limitée, le nombre de composants le plus réduit possible est à privilégier.

[0012] Toutefois, les matériaux micro-usinables, tels que le silicium, le quartz, qui sont réalisés en principe en cotes finies, avec des tolérances très précises, dans le cadre de leur procédé d'élaboration, ne sont pas aisément usinables a posteriori.

[0013] On connaît différents documents décrivant des améliorations apportées aux balanciers. Le document CH 343 904 A au nom de ROLEX MONTRES décrit une serge de balancier comportant des moyens de maintien élastique, sous la forme d'une fente, immobilisant un insert constitué par une tige de masselotte. Le document WO 2008/080 570 A2

au nom de COMPLITIME SA décrit des masselottes munies de fentes permettant une fixation à friction. Le document EP 1 351 103 A1 au nom de CHOPARD MANUFACTURE SA décrit des masselottes élastiques en U introduites dans des logements de la serge par déformation élastique. Le document CH 345 600 A au nom de ROLEX MONTRES décrit un manchon fendu pour le maintien et le serrage élastique d'une masselotte. Le document CH 261 431 A au nom de PATEK PHILIPPE présente des masses de réglage centrées sur des tenons et immobilisées par leur élasticité propre. Le document CH 89 273 A au nom de PAUL DITISHEIM divulgue des masses de remplissage non proéminentes maintenues par leur élasticité propre sur les parois d'une cavité filetée ou non. Le document CH 280 067 A au nom de PATEK PHILIPPE représente des masses de réglage montées de façon élastique sur tenon, avec un centre de gravité excentré par rapport à celui-ci. Il est donc nécessaire, pour des organes réglants réalisés avec de tels matériaux ou incorporant au moins un composant dans un tel matériau, de disposer de possibilités d'ajustement en fréquence, et/ou en inertie, en évitant l'usinage, et en privilégiant les possibilités de réglage.

Résumé de l'invention

[0014] La démarche inventive a consisté à créer les conditions d'une structure de balancier, incluant le moyeu, la serge, et les éléments de liaison entre ces deux composants, la plus légère possible, en éloignant au maximum du moyeu des masses de densité si possible supérieure à celle de cette structure, et à incorporer à cette structure des moyens de réglage permettant d'effectuer des réglages et ajustements en évitant des reprises d'usinage.

[0015] A cet effet l'invention concerne un procédé de réalisation d'un balancier équipé pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation, le balancier équipé comportant d'une part un balancier nu comportant lui-même un moyeu agencé pour coopérer avec un axe de balancier perpendiculaire à un plan de balancier, ainsi qu'une serge périphérique continue ou discontinue reliée au moyeu par au moins un élément de jonction, le balancier équipé comportant d'autre part au moins un insert, le balancier nu comportant, à la périphérie de la serge, au moins un logement pour la réception du au moins un insert, l'insert comportant des moyens de guidage complémentaires de profil complémentaire à des moyens de guidage que comporte le logement, selon la revendication 1.

[0016] L'invention concerne encore un balancier équipé pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation, ce balancier équipé comportant d'une part un balancier comportant au moins un logement avec des moyens de guidage, et d'autre part au moins un insert comportant des moyens de guidage complémentaires de profil complémentaire auxdits moyens de guidage, le balancier et/ou l'insert comportant des moyens de maintien élastique agencés pour autoriser, dans une première position d'insertion où les moyens de maintien élastique sont sous contrainte, l'insertion de l'insert dans le logement, et pour interdire, dans une deuxième position de maintien où les moyens de maintien élastique sont libérés de la contrainte, l'extraction de l'insert hors du logement, l'insert étant insérable dans un dit logement par contrainte desdits moyens de maintien élastique dans la première position d'insertion, les moyens de maintien élastique étant libérables dans la deuxième position de maintien après insertion complète de chaque dit insert dans son dit logement pour le maintien de l'insert dans le logement, selon la revendication 4.

[0017] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'insert comporte des moyens de maintien élastique agencés pour autoriser, dans une première position d'insertion où les moyens de maintien élastique sont sous contrainte, l'insertion de l'insert dans le logement, et pour interdire, dans une deuxième position de maintien où les moyens de maintien élastique sont libérés de la contrainte, l'extraction de l'insert hors du logement.

[0018] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'insert est enserré et enfermé entre en au moins deux flasques agencés pour prendre appui de part et d'autre de la serge et pour être assemblés l'une à l'autre par des moyens d'assemblage permanent de façon à ce que le sous-ensemble réalisé par l'assemblage desdits deux flasques ait au plus un degré de liberté en pivotement ou en translation par rapport à la serge.

[0019] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'insert est agencé de façon à présenter, après son insertion dans le balancier, au moins une surface visible réalisée dans un matériau apte à être micro-usiné ou à subir un enlèvement de matière par un laser.

[0020] Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de guidage et les moyens de guidage complémentaire sont agencés pour autoriser, dans la deuxième position de maintien, une mobilité par translation et/ou par pivotement de l'insert dans le logement.

[0021] Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de maintien élastique sont agencés pour assurer le maintien de l'insert dans le logement dans une position angulaire de pivotement par rapport à un axe de pivotement de l'insert dans le logement.

[0022] Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de maintien élastique comportent des premiers moyens de maintien élastique et des seconds moyens de maintien élastique tous constitués par des lèvres élastiques, et en ce que les moyens de guidage complémentaire de l'insert sont réalisés sous la forme d'une denture en périphérie de l'insert, qui coopère avec des extrémités desdites lèvres élastiques, dont les directions sont sécantes l'une à l'autre.

[0023] Selon un mode de réalisation de l'invention, les premiers moyens de maintien élastique, respectivement les seconds moyens de maintien élastique, font fonction de cliquet de retenue quand les seconds moyens de maintien élastique, respectivement les premiers moyens de maintien élastique, exercent sur l'insert un couple tendant à entraîner l'insert en

pivotement, de façon à réaliser un réglage par ajustage par double cliquet dans les deux sens de pivotement autour d'un axe de pivotement que comporte l'insert.

[0024] Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de maintien élastique sont agencés pour commander, sous l'effet d'un effort tendant à les éloigner de la deuxième position de maintien, un pivotement de l'insert dans le logement par rapport à un axe de pivotement de l'insert dans le logement.

[0025] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'insert est constitué par une vis réglante ou respectivement un arbre cannelé, qui est mobile entre des tronçons de pistes taraudées, respectivement des crans ou stries, qui sont situés face à face l'un de l'autre et portés par deux lèvres élastiques antagonistes, et qui sont agencés pour l'immobiliser après réglage.

[0026] L'invention concerne encore un balancier-spiral incorporant au moins un tel balancier équipé, dont la serge est monobloc avec l'élément de jonction et le moyeu dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz, ou un de leurs composés, ou un alliage issu de la technologie des MEMS («Microelectromechanical systems» ou microsystèmes électromécaniques), ou un alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA» («Roentgen-Lithographie, Galvanoformung, Abformung» ou microformage).

[0027] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie incorporant au moins un tel balancier-spiral, ou au moins un tel balancier équipé, dont la serge est monobloc avec l'élément de jonction et le moyeu dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz, ou un de leurs composés, ou un alliage issu de la technologie des MEMS, ou un alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA».

[0028] L'emploi préféré du silicium permet d'obtenir une structure de balancier à la fois très légère et très rigide, qui peut être alvéolée dans la zone de jonction entre le moyeu et la serge. Le report en périphérie d'inserts, qui peuvent être équipés de vis, est favorable à l'obtention d'une inertie correctement dimensionnée malgré la très faible masse totale du balancier. Les fonctionnalités de réglage et d'équilibrage sont assurées et facilitées.

[0029] Un tel balancier est parfaitement approprié pour un bon fonctionnement à la fréquence de 10 Hz, et à des fréquences supérieures à 10 Hz.

Description sommaire des dessins

[0030] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, en référence aux figures annexées où:

- la fig. 1 représente, de façon schématisée, partielle, et en section perpendiculaire à l'axe de balancier, un détail en périphérie de la serge d'une première variante de balancier équipé réalisé selon l'invention;
- la fig. 2 représente, de façon analogue à la fig. 1, une deuxième variante de l'invention;
- la fig. 3 représente, de façon analogue à la fig. 1, une troisième variante de l'invention;
- la fig. 4 représente, de façon analogue à la fig. 1, une quatrième variante de l'invention;
- la fig. 5 représente, de façon schématisée et en perspective, une cinquième variante de l'invention;
- la fig. 6 représente, de façon analogue à la fig. 1, un détail de la cinquième variante de la fig. 5;
- la fig. 7 représente de façon schématisée, partielle, et en vue de face, un détail d'une structure particulière de balancier;
- la fig. 8 représente de façon schématisée, partielle, et section passant par l'axe du balancier, un détail de la cinquième variante de la fig. 5;
- la fig. 9 représente, de façon schématisée, partielle et en perspective, une sixième variante de balancier selon l'invention;
- la fig. 10 représente, de façon schématisée, partielle et en vue de bout, la sixième variante de la fig. 9;
- la fig. 11 représente, de façon schématisée, partielle et en vue de face, un balancier équipé selon la sixième variante;
- la fig. 12 représente, de façon schématisée, partielle et en perspective, une septième variante de balancier selon l'invention;
- la fig. 13 représente, de façon schématisée, partielle et en vue de bout, la septième variante de la fig. 12;
- la fig. 14 représente, de façon schématisée, partielle et en vue de face, un balancier équipé selon la septième variante.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0031] L'invention concerne le domaine des organes réglants pour pièces d'horlogerie, et tout particulièrement le balancier ou le balancier-spiral.

[0032] L'invention est tout particulièrement orientée vers la production de balanciers pour de hautes fréquences d'oscillation, 10 Hz ou davantage.

[0033] Cinq variantes de réalisation, nullement limitatives, sont représentées sur les figures.

[0034] L'invention concerne un procédé de réalisation d'un balancier équipé 100 pour pièce d'horlogerie à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation.

[0035] Ce balancier équipé 100 est un sous-ensemble fonctionnel qui comporte un balancier nu 1 pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation. Ce balancier nu 1 comporte lui-même un moyeu 2 agencé pour coopérer avec un arbre pivotant autour d'un axe de balancier 3 perpendiculaire à un plan de balancier 4, et une serge périphérique 5 continue ou discontinue. Cette serge 5 peut en effet être discontinue dans le cadre d'une recherche d'allègement. Une serge 5 continue, tel que visible sur la fig. 5, offre l'avantage d'une bonne rigidité et d'un bon aérodynamisme, et limite les flexions localisées en prévenant tout gauchissement du balancier nu 1.

[0036] Cette serge 5 est reliée au moyeu 2 par au moins un élément de jonction 6, qui peut être constitué par une surface continue tel un disque ajouré ou non, ou par un ou plusieurs bras 20. La confection d'un élément de jonction 6 ajouré, notamment avec des découpes, traversantes ou non, entre des nervures assurant une bonne triangulation, permet de réduire encore la masse du balancier.

[0037] De façon préférée, dans toutes les variantes de tous les modes de réalisation décrits ci-après, pour obtenir un balancier avec de bonnes performances, à une fréquence d'oscillation de 10 Hz ou davantage, on réalise la serge 5 de façon monobloc avec l'élément de jonction 6 et le moyeu 2 dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz, ou un de leurs composés, ou un alliage issu de la technologie des MEMS, ou un alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA», notamment mais non restrictivement en alliage base nickel ou aluminium obtenu par le procédé «LIGA». Le choix du silicium donne des résultats particulièrement bons et est la solution préférée.

[0038] Ce balancier équipé 100 comporte encore au moins un logement 8, situé en périphérie de la serge 5 pour la réception d'au moins un insert 7.

[0039] Ce balancier équipé 100 comporte encore au moins un insert 7. Un tel insert 7 est rapporté sur, ou dans, la serge 5 au niveau d'un tel logement 8. Ce logement 8 comporte des moyens de guidage 9. Cet insert 7 comporte des moyens de guidage complémentaires 9A, de profil complémentaire à ces moyens de guidage 9.

[0040] De préférence, cet insert 7, ou chacune des parties qui le constitue, est réalisé en un matériau qui est plus dense qu'un premier matériau constitutif de la serge 5.

[0041] Selon l'invention:

- on équipe ce balancier nu 1 et/ou cet insert 7 de moyens de maintien élastique 10 qui sont agencés pour autoriser, dans une première position d'insertion où les moyens de maintien élastique 10 sont sous contrainte, l'insertion de cet insert 7 dans ce logement 8, et pour interdire, dans une deuxième position de maintien où les moyens de maintien élastique 10 sont libérés de la contrainte, l'extraction de l'insert 7 hors du logement 8. De préférence, au moins ce logement 8 du balancier nu 1 comporte de tels moyens de maintien élastique 10 pour le maintien d'un tel insert 7 dans ce logement 8 après son insertion dans ce dernier. De façon préférée, ces moyens élastiques 10 comportent au moins une lèvres élastique tel que visible sur la fig. 2. Et de préférence ces moyens élastiques 10 comportent deux lèvres élastiques 13, 14 s'étendant de part et d'autre de cet insert 7 de façon à exercer sur cet insert 7 des couples de sens contraire, tel que visible sur les fig. 1, 3, et 12 à 14;
- on insère chaque insert 7 dans un logement 8 en contraignant les moyens de maintien élastique 10 dans la première position d'insertion;
- on libère de la contrainte les moyens de maintien élastique 10 dans la deuxième position de maintien après insertion complète de chaque insert 7 dans son logement 8.

[0042] Ces moyens de maintien élastique 10 sont ainsi agencés pour autoriser l'introduction de cet insert 7 dans son logement 8 et pour interdire son extraction, tel que visible sur les figures. Ils sont de préférence constitués par des moyens de clippage et des moyens de clippage complémentaire, dont, préférentiellement, l'assemblage est irréversible.

[0043] De préférence, on dimensionne les moyens de guidage 9 et les moyens de guidage complémentaire 9A pour autoriser, dans la deuxième position de maintien, une mobilité par translation et/ou par pivotement de l'insert 7 dans le logement 8.

[0044] La mobilité selon un degré de liberté en translation est illustrée par les fig. 1 et 11.

[0045] La mobilité selon un degré de liberté en pivotement est illustrée par les fig. 2 à 7. Dans ce cas, de façon préférée, mais non limitative, les moyens de guidage 9 et les moyens de guidage complémentaires 9A sont sensiblement cylindriques, ou sont cylindriques.

[0046] L'invention permet ainsi de constituer un balancier équipé 100 apte à osciller à haute fréquence, notamment supérieure ou égale à 10 Hz, et à autoriser des opérations d'ajustement ou de réglage fin. Ce balancier équipé 100 peut avoir différentes architectures, selon qu'on choisit de réaliser les moyens de maintien élastique 10:

- au niveau du balancier nu 1;
- au niveau du ou des inserts 7;
- à la fois au niveau du balancier nu 1 d'une part, et du ou des inserts 7 d'autre part.

[0047] Dans une réalisation particulière, on choisit l'insert 7 rigide, et on réalise les moyens de maintien élastique 10 dans la serge 5 du balancier nu 1.

[0048] Dans un premier mode de réalisation, les moyens de maintien élastique 10 sont situés sur le balancier nu 1. L'insert 7 peut alors être, ou bien rigide, ou bien élastique.

[0049] Dans une réalisation avantageuse, au moins un des logements 8, que comporte le balancier nu 1, comporte des moyens de maintien élastique 10 pour le maintien d'un tel insert 7 dans ce logement 8 après son insertion dans ce dernier. De préférence, plusieurs de ces logements 8, et de préférence encore la totalité d'entre eux, comportent de tels moyens de maintien élastique 10, qui peuvent être agencés dans différentes variantes qui seront décrites ci-après. Les propriétés du silicium, quand le balancier nu 1 est réalisé dans ce matériau, sont particulièrement adaptées à l'exécution de tels moyens de maintien élastique 10 incorporés au corps du balancier nu 1.

[0050] Dans un deuxième mode de réalisation, les moyens de maintien élastique 10 sont situés sur l'insert 7.

[0051] Les moyens de maintien élastique 10 sont alors réalisés au niveau du ou des inserts 7, le balancier équipé 100 comporte alors un balancier nu 1, qui se différencie de celui du premier mode, en ce qu'il comporte, à la périphérie de la serge 5, au moins un logement 8 pour la réception d'au moins un insert 7, et que ce logement 8 ne comporte pas nécessairement de moyens de maintien élastiques. En effet, dans ce deuxième mode de réalisation, c'est l'insert 7 qui comporte des moyens de maintien élastique 10 pour son maintien dans le logement 8 après son insertion dans ce dernier, tel que visible sur la fig. 4 ou bien la fig. 7, où l'insert 7 comporte une fente 16 qui lui procure une souplesse suffisante. Cet insert 7 constitue ainsi une masselotte fendue à balourd, du fait de la fente 16, et cette configuration permet d'accommoder une pièce avec l'autre, sans forcer au-delà des limites de rupture du balancier nu 1, surtout quand celui-ci est réalisé en silicium ou similaire. Cette fente 16 est, encore, avantageusement utilisée pour recevoir l'extrémité d'un outil pour le réglage de son pivotement par rapport à son axe de pivotement 17 dans le logement 8.

[0052] Dans un troisième mode de réalisation, non représenté sur les figures, les moyens de maintien élastique 10 sont réalisés à la fois au niveau du balancier nu 1 d'une part, et du ou des inserts 7 d'autre part. L'insert 7 comporte alors de tels moyens de maintien élastiques 10, et le logement 8 comporte aussi des moyens de maintien élastique 10 pour le maintien de l'insert 7 dans le logement 8 après son insertion dans ce dernier.

[0053] Dans ces trois modes de réalisation, les logements 8, les inserts 7, et les moyens de maintien élastique 10 peuvent prendre différentes configurations, dont certaines configurations préférées et nullement limitatives sont exposées ci-après.

[0054] De façon préférée, on réalise les moyens de maintien élastique 10 dans la serge 5 du balancier nu 1.

[0055] Dans une première configuration radiale, illustrée par la première variante de la fig. 1 ou par la sixième variante de la fig. 11, on dimensionne les moyens de maintien élastique 10, de préférence réalisés dans la serge 5, pour assurer le maintien de l'insert 7 dans le logement 8 dans une direction radiale par rapport à l'axe de balancier 3, notamment pour un réglage radial de l'insert 7.

[0056] Préférentiellement, tel que visible sur la fig. 1, on assure le maintien de l'insert 7 dans cette direction radiale, les moyens de maintien élastique 10 constituant encore des moyens de poussée actifs en constituant une surface d'appui 11 tendant à pousser l'insert 7 à l'encontre d'au moins une butée 12 fixe ou élastique dont on équipe le logement 8.

[0057] Dans une seconde configuration tangentielle, illustrée par les deuxième, troisième, quatrième, cinquième variantes des fig. 2 à 7, on dimensionne les moyens de maintien élastique 10 pour assurer l'insertion et/ou le maintien de l'insert 7 dans le logement 8 dans une direction tangentielle par rapport à la serge 5.

[0058] Dans une autre configuration encore, on dimensionne les moyens de maintien élastique 10 pour assurer le maintien de l'insert 7 dans le logement 8 à la fois dans une direction radiale par rapport à l'axe de balancier 3 et dans une direction tangentielle par rapport à la serge 5.

[0059] Dans la première variante de la fig. 1, l'insert 7 est glissé radialement par le diamètre extérieur de la serge 5, pour son insertion dans le balancier nu 1, et il est maintenu en place dans le logement 8 par les moyens de maintien élastique 10 pour un maintien radial et tangentiel. Dans un mode de réalisation avantageux, on découple les moyens de maintien élastique 10 en des premiers moyens de maintien élastique 13 et des seconds moyens de maintien élastique 14. Ces moyens de maintien élastique 10 sont sous la forme d'un double système de ressorts et de clips, constitué ici par une première lèvre élastique 13, qui comporte une surface d'appui 11 agencée pour servir de butée inférieure à l'insert 7, et par une deuxième lèvre élastique 14, celle-ci comportant une butée 12 agencée pour servir de butée supérieure à l'insert 7. Les premiers moyens de maintien élastique 13 et seconds moyens de maintien élastique 14 sont avantageusement

constitués de lèvres élastiques, de préférence mobiles dans des directions non parallèles l'une à l'autre, et notamment orthogonales l'une à l'autre, qui exercent sur l'insert 7 des couples de sens opposés.

[0060] Dans cette première variante de réalisation de la fig. 1, l'insert 7 comporte avantageusement au moins un taraudage, non représenté sur la figure, pour la réception d'une vis réglante pour l'ajustage et l'équilibrage du balancier, cette vis réglante étant mobile radialement dans ce taraudage par rapport à l'axe 3 du balancier.

[0061] Dans la seconde configuration tangentielle de réalisation on dimensionne de préférence le logement 8 et l'insert 7 de façon à assurer une insertion de l'insert 7 dans le logement 8 selon une direction parallèle à l'axe de balancier 3.

[0062] La deuxième variante de réalisation de la fig. 2 présente cette disposition. L'insert 7 est glissé ou chassé axialement, par la face supérieure ou par la face inférieure de la serge 5, dans un logement 8 cylindrique, qui est formé en partie par une lèvre élastique 13 constituant aussi les moyens de maintien élastique 10, formant ressort et maintenant l'insert 7 en place. Cet insert 7 possède un balourd par rapport à son axe de pivotement 17. Ce balourd peut provenir par exemple d'une échancrure 15 réalisée dans l'insert et restant vide, permettant alors le passage d'un outil pour effectuer un réglage angulaire en pivotement. Mais il peut aussi provenir du montage d'un composant rapporté, de densité supérieure à celle de l'insert 7, dans une telle échancrure 15 ou dans un logement adapté.

[0063] Dans une réalisation préférée, on dimensionne les moyens de maintien élastique 10 pour assurer le maintien de l'insert 7 dans le logement 8 dans une position angulaire de pivotement par rapport à un axe de pivotement 17 de cet insert 7 dans le logement 8. De préférence cet axe de pivotement 17 de l'insert est parallèle à l'axe de balancier 3, c'est le cas des variantes des fig. 2 à 6.

[0064] De façon avantageuse, tel que visible sur la troisième variante de la fig. 3, on agence les moyens de maintien élastique 10 pour commander, sous l'effet d'un effort tendant à les éloigner de la deuxième position de maintien, un pivotement de l'insert 7 dans le logement 8 par rapport à un tel axe de pivotement 17. Cet insert 7 est de préférence du type à balourd, analogue à celui de la deuxième variante de la fig. 2, mais il possède des moyens de guidage complémentaire 9A réalisés sous la forme d'une denture 18, qui coopère avec les moyens de guidage 9, notamment constitués par un alésage cylindrique, du logement 8.

[0065] Dans cette troisième variante, les premiers moyens de maintien élastique 13, respectivement les seconds moyens de maintien élastique 14, avec lesquels ils constituent les moyens de maintien élastique 10, font avantageusement fonction de cliquet de retenue quand les seconds moyens de maintien élastique 14, respectivement les premiers moyens de maintien élastique 13, exercent sur l'insert 7 un couple tendant à entraîner cet insert 7 en pivotement.

[0066] . Là aussi, les premiers moyens de maintien élastique 13 et les seconds moyens de maintien élastique 14 sont avantageusement constitués de lèvres élastiques, dont les directions sont sécantes l'une à l'autre, et dont les extrémités 13A, 14A, coopèrent avec la denture 18 que porte l'insert 7 à sa périphérie. Cette troisième variante permet de réaliser un réglage par ajustage par double cliquet dans les deux sens de pivotement autour de l'axe de pivotement 17 de l'insert 7. Les premiers moyens de maintien élastique 13 et les seconds moyens de maintien élastique 14, notamment constitués chacun d'une lèvre élastique, exercent sur l'insert 7 des couples de sens opposés.

[0067] Une telle exécution de l'insert 7 avec une denture périphérique 18 est naturellement utilisable dans les autres variantes, car elle facilite le maintien dans une position angulaire particulière.

[0068] Dans une cinquième variante représentée sur les fig. 5 et 8, on réalise l'insert 7 enserré et enfermé entre au moins deux flasques 7A et 7B, qui sont agencés pour prendre appui de part et d'autre de la serge 5, et pour être assemblés l'un à l'autre par des moyens d'assemblage permanent, par exemple chassés, clippés, collés ou similaire, à la façon d'un rivet, ou d'un boulon, ou similaire, de façon à ce que le sous-ensemble réalisé par l'assemblage de ces deux flasques 7A et 7B ait au plus un degré de liberté en pivotement ou en translation par rapport à la serge 5. Cette réalisation empêche l'insert 7 de se désolidariser de la serge 5 du balancier nu 1. Il est, encore, envisageable de réaliser l'insert 7 en au moins deux parties complémentaires à la façon de ces flasques 7A et 7B.

[0069] Dans une exécution particulière combinable avec les deuxième, troisième, quatrième, variantes des fig. 2 à 4, tout ou partie des inserts 7 que comporte le balancier équipé 100 est réalisé sous la forme d'inserts 7 en deux parties 7A et 7B tels que décrits ci-dessus.

[0070] De façon à réserver des possibilités d'ajustement fin ultérieur, on réalise avantageusement, tel que visible sur la fig. 5, de préférence l'insert 7 de façon à présenter, après son insertion dans le balancier nu 1, au moins une surface visible, qui est réalisée dans un matériau apte à être micro-usiné ou à subir un enlèvement de matière par un laser. En effet, il faut pouvoir commodément réaliser l'équilibrage en ajustant le balourd d'une part, et corriger l'inertie d'autre part, et surtout ajuster très précisément la fréquence de l'oscillateur. L'équilibrage d'un balancier est une opération importante, pour laquelle on recherche une précision élevée d'équilibrage, de l'ordre du microgramme x cm.

[0071] Avantageusement, chaque insert 7 est profilé d'une façon particulière, de façon à permettre, séparément ou à la fois:

- un équilibrage facilité par l'existence d'au moins une surface plane, qui est constituée, soit par une surface plane dite parallèle, qui est parallèle au plan de balancier 4, soit par une surface plane de bout qui est perpendiculaire au plan de

balancier 4 et à une radiale issue de l'axe de balancier 3. Un même insert 7 peut comporter à la fois une ou plusieurs surfaces parallèles, et une ou plusieurs surfaces de bout;

- une traînée aérodynamique réduite, l'insert 7 comportant alors, dans toute section perpendiculaire au plan 4 de balancier et à un plan passant par l'axe de balancier 3, un profil aérodynamique rayonné et/ou pentu pour réduire son frottement dans l'air. Afin de limiter la traînée aérodynamique, chaque insert 7 est de préférence en retrait d'un cylindre circonscrit à la serge 5, dans toute position relative des parties qui constituent, le cas échéant, cet insert 7, qui peut avantageusement comporter des éléments rapportés, tels des vis réglantes ou similaires.

[0072] Il est alors aisé de réaliser l'équilibrage par fraisage ou gravure ou autre sur l'une de ces surfaces, ou encore par apport de matière, notamment par brasage, soudage ou plasma si la surface visible de l'insert 7 est métallique.

[0073] Dans une exécution préférée, l'élément de jonction 6 est constitué d'au moins un bras 20. Grâce à l'emploi d'une technologie silicium, un tel bras peut adopter tout profil, notamment courbe, ou autre. Il peut aussi comporter des allègements, traversants ou non, par exemple sous forme de poches triangulaires, qui assurent la rigidité tout en autorisant une perte de poids conséquente. La fig. 5 représente une version à nombre pair de bras diamétralement opposés deux à deux.

[0074] La fig. 7 montre un exemple de réalisation avec un bras 20 comportant une structure ajourée, de façon mixte, avec, séparées par des nervures 30, des poches 29 traversantes sur toute l'épaisseur de l'élément de jonction 6, notamment du bras 20, et/ou des poches 31 borgnes, non traversantes, sur une partie seulement de l'épaisseur de l'élément de jonction 6, notamment du bras 20, par exemple un tiers, chacune séparée d'une autre poche borgne similaire située sur l'autre face du bras 20 par une toile d'épaisseur comparable. La bonne triangulation effectuée permet une économie de masse sensible, un calcul classique par éléments finis permet de dimensionner les nervures 30 qui sont essentielles à la tenue mécanique et à la résistance au vrillage. Bien évidemment, la partie annulaire de la serge 5 peut également être ajourée de façon similaire. Il en est de même s'il est préféré un élément de jonction 6 continu telle qu'un disque ou similaire.

[0075] A des fins d'allègement supplémentaire, la serge 5 peut comporter une ou plusieurs découpes, périphériques, ou sur la partie intérieure de la serge 5.

[0076] La première configuration radiale de l'invention, avec insertion et réglage radial de l'insert 7 par rapport à l'axe de balancier 3, est encore illustrée par une sixième variante, représentée sur les fig. 9 à 11, où l'insert 7 est constitué par une vis réglante 23 visible sur la fig. 11. Cette vis réglante 23 coopère avec des tronçons de pistes taraudées 21 et 21A, situés face à face l'un de l'autre, sensiblement au niveau du plan médian 4A du balancier nu 1. Ces tronçons de pistes taraudées 21 et 21A sont obtenus, dans un balancier nu 1 réalisé de préférence au silicium, par la création d'une dépouille, de forme approchant celle d'une gorge à profil sensiblement circulaire, lors de l'exécution de deux dentures droites 22 et 22A se faisant face. Le procédé «DRIE» («Deep reactive ion etching» ou gravure ionique réactive profonde) permet en effet d'obtenir, ou bien des dépouilles pentées, ou bien des dépouilles sous cette forme, qui est ici préférée, car elle permet, conjuguée à la confection de moyens de maintien élastique sous la forme d'au moins une lèvre élastique 13, de maintenir par pincement la vis réglante 23, dont le filetage 25 coopère, de façon classique, avec les éléments de denture à profil évolutif 28, respectivement 28A, issus de la confection de la dépouille circulaire, selon une direction d'avance perpendiculaire au plan 4A, qui reproduisent les éléments de denture droite 21, respectivement 21A. En somme, ces éléments de denture 28 et 28A reproduisent correctement un taraudage tronqué. Le choix d'une vis réglante 23 en or ou similaire, pourvue d'une fente de réglage 24 ou analogue, permet un réglage précis. Le serrage de cette vis réglante 23 dans son logement 8 est réalisé par le dimensionnement adapté de la lèvre élastique 13, ou des lèvres s'il y en a plusieurs, par exemple de part et d'autre du logement 8.

[0077] Concernant cette sixième variante, la vis réglante 23 peut aussi être remplacée par un arbre cannelé 40, qui coopère avec des crans ou des stries 41 qui remplacent alors les éléments de denture 28, 28A.

[0078] Cette configuration est illustrée dans le contexte d'une septième variante avantageuse, qui est représentée aux fig. 12 à 14. Cette septième variante comporte au moins une lèvre élastique de chaque côté de l'insert 40. Ces lèvres élastiques sont ménagées par des fentes 44, 45.

[0079] Naturellement cette septième variante peut aussi adopter la configuration de la sixième variante avec une vis réglante coopérant avec des éléments de denture de part et d'autre, qui sont alors portés respectivement par ces deux lèvres élastiques.

[0080] Il est notable que cet arbre cannelé 40, ou cranté, ou moleté, n'est pas nécessairement de révolution. Il peut notamment présenter une section carrée, ou une section comportant des faces parallèles deux à deux.

[0081] Cette solution d'un insert cannelé ou similaire, disposé entre des parois crantées dont au moins une est une lèvre élastique, et de préférence deux parois crantées ou striées sont des lèvres élastiques, est particulièrement économique de réalisation.

[0082] Il est, encore, possible d'améliorer cette sixième ou septième variante, par un revêtement de surface constituant une couche déformable permettant une déformation plastique, de faible module élastique, inférieur à celui du matériau de base, notamment le silicium ou ses composés. De façon préférée, en combinaison avec du silicium ou un de ses composés, le module d'Young de ce revêtement de surface est choisi inférieur à 8 GPa, et de préférence inférieur à 4 GPa. Cette couche déformable peut notamment être constituée d'une couche polymérique déposée en phase gazeuse.

[0083] Ce revêtement de surface doit être choisi pour sa bonne affinité avec le matériau de base, notamment le silicium et les composés de silicium, et peut encore être utilisé pour constituer directement un logement 8 pour un insert 7 ou pour une vis réglante 23.

[0084] L'invention concerne encore un balancier-spiral incorporant au moins un tel balancier nu 1, ou au moins un tel balancier équipé 100, selon l'un quelconque des modes de réalisation et l'une quelconque des variantes présentées ci-dessus.

[0085] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie incorporant au moins un tel balancier-spiral, ou au moins un tel balancier nu 1 ou au moins un tel balancier équipé 100.

[0086] L'emploi du silicium permet un dimensionnement en diamètre sensiblement supérieur à ce que l'on aurait, à inertie semblable, avec un balancier de facture traditionnelle. La bonne élasticité du silicium est particulièrement avantageuse pour la réalisation des moyens de maintien élastique 10 de l'invention.

[0087] Le choix du silicium, en particulier, autorise la réalisation, dans la serge 5, de moyens de maintien élastique 10, notamment sous forme de lèvres élastiques 13 ou 14. De la même façon, des moyens d'arrêt sous forme de cliquets peuvent être combinés à de telles lames ou à des ressorts réalisés dans la serge en silicium.

[0088] Ce choix du silicium ou d'alliages obtenus par le procédé «LIGA», ou, de façon générale issus de la technologie des MEMS, permet, par l'excellente résolution lors du façonnage, d'assurer une géométrie très précise de la serge 5, et ainsi d'éviter tous les jeux générateurs de vibrations et préjudiciables au bon fonctionnement de l'oscillateur.

[0089] Le choix du silicium permet de surcroît d'insérer au balancier des gravures, des décors, et d'effectuer une structuration de surface.

[0090] De façon préférée, chacune des parties de chaque insert 7, et/ou de chaque vis réglante 23, est réalisée en un matériau, qui est un métal lourd, ou du bronze au béryllium, ou de l'or ou du platine ou du tantale ou du molybdène, ou un de leurs oxydes ou de leurs nitrures, ou un de leurs alliages, ou un des complexes développés sur leurs bases.

[0091] Il est possible, grâce à l'invention, d'atteindre un facteur de qualité mesuré au niveau d'un oscillateur incorporant un spiral silicium et un balancier ou un balancier équipé selon l'invention, est voisin de 500.

[0092] La conjugaison entre d'une part ce facteur de qualité élevé, et d'autre part les possibilités de réglage et d'ajustement offertes par les inserts, qui, outre leurs fonctions de réglage propre, remplissent une fonction nouvelle, qui est de servir de plate-forme d'usinage pour rajouter ou enlever de la matière dans les opérations d'ajustement d'équilibrage et de réglage de fréquence, permet l'élimination de la raquetterie.

[0093] La conception du balancier autorise un ajustement très précis de la fréquence d'oscillation du balancier-spiral dans lequel il est intégré. Le réglage et l'ajustement du balancier sont très précis, et permettent au balancier d'être utilisé dans un oscillateur à haute fréquence, 10 Hz ou davantage.

[0094] Les buts que se proposait d'atteindre l'invention sont ainsi parfaitement atteints.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un balancier équipé (100) pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation, le balancier équipé (100) comportant d'une part un balancier nu (1) comportant lui-même un moyeu (2) agencé pour coopérer avec un axe de balancier (3) perpendiculaire à un plan de balancier (4), ainsi qu'une serge périphérique (5) continue ou discontinue reliée au moyeu (2) par au moins un élément de jonction (6), et le balancier équipé (100) comportant d'autre part au moins un insert (7), le balancier nu (1) comportant, à la périphérie de la serge (5), au moins un logement (8) pour la réception du au moins un insert (7), l'insert (7) comportant des moyens de guidage complémentaires (9A) de profil complémentaire à des moyens de guidage (9) que comporte le logement (8), et selon lequel procédé:
 - on équipe le balancier nu (1) et/ou l'insert (7) de moyens de maintien élastique (10) agencés pour autoriser, dans une première position d'insertion où les moyens de maintien élastique (10) sont sous contrainte, l'insertion de l'insert (7) dans le logement (8), et pour interdire, dans une deuxième position de maintien où les moyens de maintien élastique (10) sont libérés de la contrainte, l'extraction de l'insert (7) hors du logement (8);
 - on insère chaque insert (7) dans un tel logement (8) en contraignant les moyens de maintien élastique (10) dans la première position d'insertion;
 - on libère de la contrainte les moyens de maintien élastique (10) dans la deuxième position de maintien après insertion complète de chaque insert (7) dans son logement (8), caractérisé en ce qu'on dimensionne les moyens de maintien élastique (10) pour assurer le maintien de l'insert (7) dans le logement (8) dans une position angulaire de pivotement par rapport à un axe de pivotement (17) de l'insert (7) dans le logement (8), et en ce qu'on découple les moyens de maintien élastique (10) en des premiers moyens de maintien élastique (13) et des seconds moyens de maintien élastique (14), les premiers moyens de maintien élastique (13), respectivement les seconds moyens de maintien élastique (14), faisant fonction de cliquet de retenue quand les

seconds moyens de maintien élastique (14), respectivement les premiers moyens de maintien élastique (13), exercent sur l'insert (7) un couple tendant à entraîner l'insert (7) en pivotement.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on équipe le balancier nu (1) et l'insert (7) des tels moyens de maintien élastique (10).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on réalise l'insert (7) et les moyens de maintien élastique (10) du balancier nu (1) dans la serge (5) du balancier nu (1), et qu'on réalise la serge (5) de façon monobloc avec l'élément de jonction (6) et le moyeu (2) dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz ou un de leurs composés, ou un alliage issu de la technologie des MEMS, ou un alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA».
4. Balancier équipé (100) pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie et/ou son équilibrage et/ou sa fréquence d'oscillation, comportant d'une part un balancier nu (1) comportant au moins un logement (8) avec des moyens de guidage (9), et d'autre part au moins un insert (7) comportant des moyens de guidage complémentaires (9A) de profil complémentaire à celui des moyens de guidage (9), le balancier nu (1) et/ou l'insert (7) comportant des moyens de maintien élastique (10) agencés pour autoriser l'insertion de l'insert (7) dans le logement (8) dans une première position d'insertion où les moyens de maintien élastique (10) sont sous contrainte, et pour interdire l'extraction de l'insert (7) hors du logement (8) dans une deuxième position de maintien où les moyens de maintien élastique (10) sont libérés de la contrainte, l'insert (7) étant insérable dans un tel logement (8) par contrainte des moyens de maintien élastique (10) dans la première position d'insertion, les moyens de maintien élastique (10) étant libérables de la contrainte dans la deuxième position de maintien après insertion complète de chaque insert (7) dans son logement (8) pour le maintien de l'insert (7) dans le logement (8), caractérisé en ce que le balancier nu (1) est réalisé au moyen du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, et comporte des moyens élastiques (10) comportant au moins des premiers moyens de maintien élastique (13) et des seconds moyens de maintien élastique (14), constitués par des lèvres élastiques et s'étendant de part et d'autre de l'insert (7) de façon à exercer sur l'insert (7) des couples de sens contraire.
5. Balancier équipé (100) selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'insert (7) est enserré et enfermé entre au moins deux flasques (7A; 7B) agencés pour prendre appui de part et d'autre de la serge (5) et pour être assemblés l'une à l'autre par des moyens d'assemblage permanent, de façon à ce que le sous-ensemble réalisé par l'assemblage desdits deux flasques (7A; 7B) ait au plus un degré de liberté en pivotement ou en translation par rapport à la serge (5).
6. Balancier équipé (100) selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que l'insert (7) est agencé de façon à présenter, après son insertion dans le balancier nu (1), au moins une surface visible réalisée dans un matériau apte à être micro-usiné ou à subir un enlèvement de matière par un laser.
7. Balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que les moyens de maintien élastique (10) sont agencés pour assurer le maintien de l'insert (7) dans le logement (8) dans une position angulaire de pivotement par rapport à un axe de pivotement (17) de l'insert (7) dans le logement (8), et en ce que les moyens de guidage complémentaire (9A) de l'insert (7) sont réalisés sous la forme d'une denture (18) en périphérie de l'insert (7), qui coopère avec des extrémités (13A; 14A) des lèvres élastiques (13, 14), dont les directions sont sécantes l'une à l'autre.
8. Balancier équipé (100) selon la revendication 7, caractérisé en ce que les premiers moyens de maintien élastique (13), respectivement les seconds moyens de maintien élastique (14), font fonction de cliquet de retenue quand les seconds moyens de maintien élastique (14), respectivement les premiers moyens de maintien élastique (13), exercent sur l'insert (7) un couple tendant à entraîner l'insert (7) en pivotement, de façon à réaliser un réglage par ajustage par double cliquet dans les deux sens de pivotement autour d'un axe de pivotement (17) que comporte l'insert (7).
9. Balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que les moyens de maintien élastique (10) sont agencés pour commander, sous l'effet d'un effort tendant à les éloigner de la deuxième position de maintien, un pivotement de l'insert (7) dans le logement (8) par rapport à un axe de pivotement (17) de l'insert (7) dans le logement (8).
10. Balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que l'insert (7) est constitué par une vis réglante (23) mobile entre des tronçons de pistes taraudées (21, 21A) qui sont situés face à face l'un de l'autre.
11. Balancier équipé (100) selon la revendication 10, caractérisé en ce que les tronçons de pistes taraudées (21, 21A) comportent chacun une dépouille, de la forme d'une gorge à profil sensiblement circulaire ménagée lors de l'exécution de deux dentures droites (22, 22A) se faisant face.
12. Balancier équipé (100) selon la revendication 11, caractérisé en ce que la dépouille, conjuguée à des moyens de maintien élastique sous la forme d'au moins une lèvre élastique (13), maintient par pincement la vis réglante (23), dont un filetage (25) coopère avec des éléments de denture à profil évolutif (28, 28A) issus de la confection de la dépouille et qui reproduisent un taraudage tronqué.
13. Balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 12, caractérisé en ce que les moyens de maintien élastique (10) sont réalisés dans la serge (5) du balancier nu (1) et agencés pour assurer le maintien de l'insert (7) dans le logement (8) dans une direction radiale par rapport à l'axe de balancier (3) pour un réglage radial de l'insert (7).

14. Balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 13, caractérisé en ce que les moyens de guidage (9) et les moyens de guidage complémentaire (9A) sont agencés pour autoriser, dans la deuxième position de maintien, une mobilité par translation et/ou par pivotement de l'insert (7) dans le logement (8).
15. Balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 14, caractérisé en ce que les moyens de maintien élastique (10) sont réalisés dans la serge (5) du balancier nu (1) et agencés pour assurer le maintien de l'insert (7) dans le logement (8) dans une direction radiale par rapport à l'axe de balancier (3), les moyens de maintien élastique (10) constituant encore des moyens de poussée actifs en constituant une surface d'appui (11) tendant à pousser l'insert (7) à l'encontre d'au moins une butée (12) élastique dont est équipé le logement (8).
16. Balancier-spiral incorporant au moins un balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 15, caractérisé en ce que la serge (5) est monobloc avec l'élément de jonction (6) et le moyeu (2) dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz, ou un de leurs composés, ou un alliage issu de la technologie des MEMS, ou un alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA».
17. Pièce d'horlogerie incorporant au moins un balancier-spiral selon la revendication 16, ou au moins un balancier équipé (100) selon l'une des revendications 4 à 15, caractérisé en ce que la serge (5) est monobloc avec l'élément de jonction (6) et le moyeu (2) dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz, ou un de leurs composés, ou un alliage issu de la technologie des MEMS, ou un alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA».

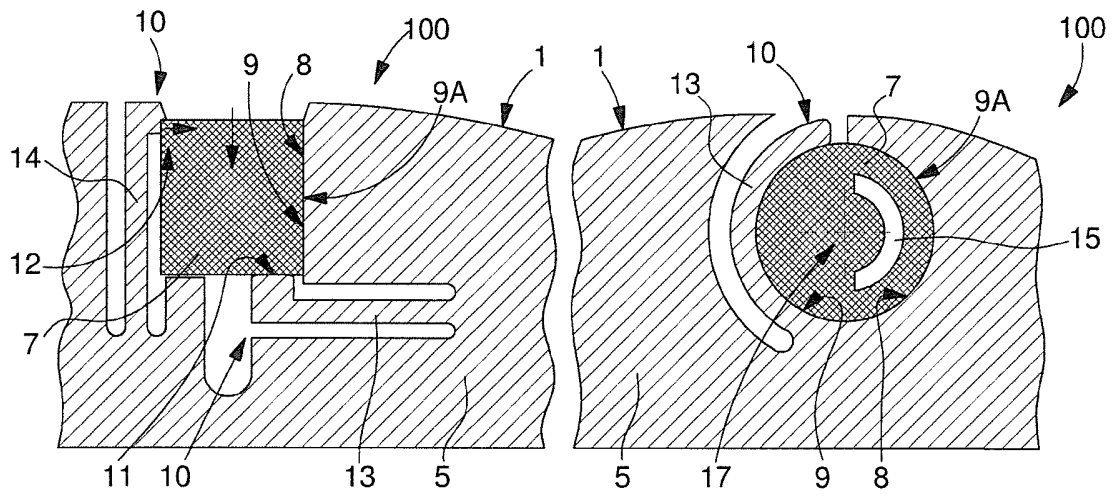


Fig. 1

Fig. 2

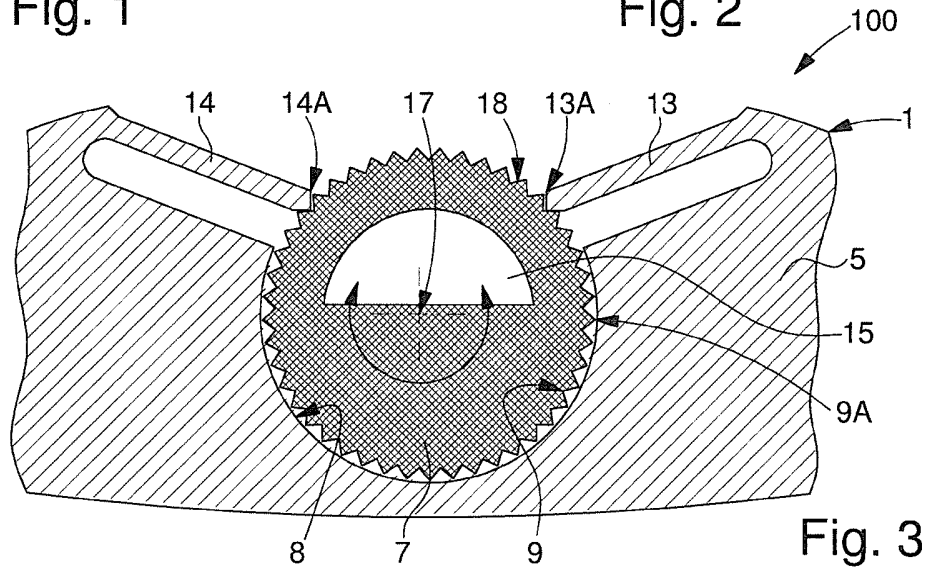


Fig. 3

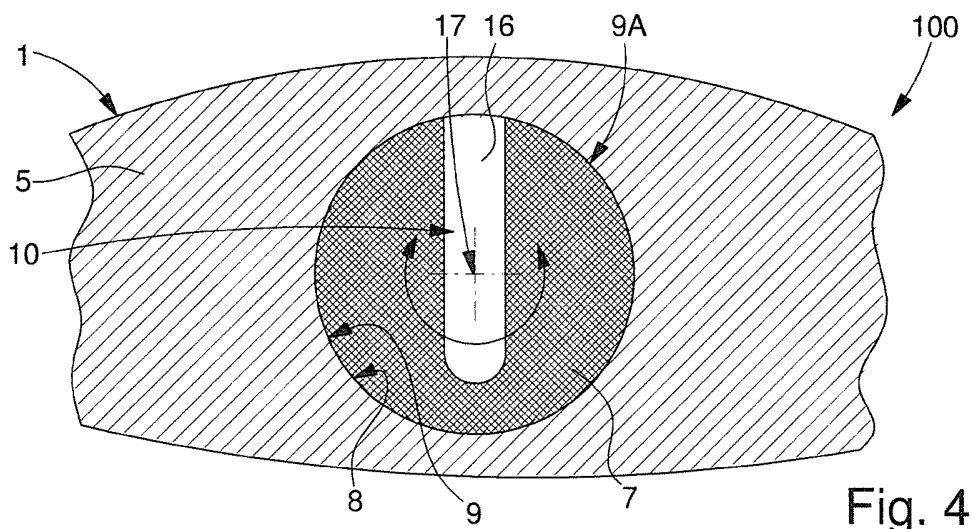


Fig. 4

