

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 703 463 A2

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

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01197/10

(22) Date de dépôt: 19.07.2010

(43) Demande publiée: 31.01.2012

(71) Requéant:
Nivarox-FAR S.A., Avenue du Collège 10
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeur(s):
Daniel Mallet, 25210 Le Luhier (FR)
Frédéric Tolle, 25500 Les Fins (FR)
Philippe Barthoulot, 25120 Maiche (FR)
Daniel Vincent, 2013 Colombier (CH)
Emmanuel Graf, 2400 Le Locle (CH)
Philomène Berger, 1428 Provence (CH)
Pierre Cusin, 1423 Villars-Burquin (CH)

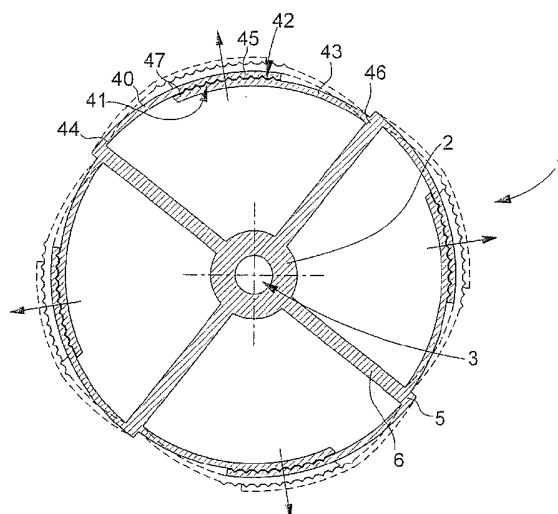
(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Balancier à réglage d'inertie sans insert.**

(57) L'invention concerne un balancier (1) pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie, comportant un moyeu (2) pivotant autour d'un axe de balancier (3) et une serge (5) reliée audit moyeu (2) par une surface de jonction (6).

Il se caractérise en ce que ladite serge (5) est monobloc avec ladite surface de jonction (6) et ledit moyeu (2) dans un matériau micro-usinable, ou silicium, ou quartz, ou un alliage issu de la technologie des MEMS, ou obtenu par le procédé «LI-GA», et en ce qu'elle comporte au moins un premier bras élastique (40) comportant des moyens d'accrochage (41) agencés pour coopérer, dans différentes positions d'accrochage, avec des moyens d'accrochage complémentaire (42) que comporte ladite serge (5) pour constituer, en position d'accrochage, une boucle fermée dont l'inertie par rapport audit axe de balancier (3) est variable en fonction desdites positions d'accrochage.

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



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un balancier pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie ou/et son équilibrage ou/et sa fréquence d'oscillation, comportant un moyeu agencé pour coopérer avec un arbre pivotant autour d'un axe de balancier perpendiculaire à un plan de balancier, et une serge périphérique continue ou discontinue, reliée audit moyeu par au moins une surface de jonction.

[0002] L'invention concerne encore un balancier-spiral incorporant un tel balancier.

[0003] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie incorporant un tel balancier-spiral ou un tel balancier.

[0004] 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

[0005] 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.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] 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 ou/et 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 BREGUET 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.

[0009] 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.

[0010] De plus, la masse de l'ensemble étant limitée, le nombre de composants le plus réduit possible est à privilégier.

[0011] 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.

[0012] 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, ou/et en inertie, en évitant l'usinage, et en privilégiant les possibilités de réglage.

Résumé de l'invention

[0013] La démarche inventive a consisté à créer les conditions d'une structure de balancier, incluant le moyeu, la serge, et les liaisons 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.

[0014] A cet effet l'invention concerne un balancier pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie ou/et son équilibrage ou/et sa fréquence d'oscillation, comportant un moyeu agencé pour coopérer avec un arbre pivotant autour d'un axe de balancier perpendiculaire à un plan de balancier, et une serge périphérique continue ou discontinue, reliée audit moyeu par au moins une surface de jonction, caractérisé en ce que ladite serge est réalisée de façon monobloc avec ladite surface de jonction et ledit 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», et en ce que

ladite serge comporte au moins un premier bras élastique comportant des moyens d'accrochage agencés pour coopérer, dans différentes positions d'accrochage, avec des moyens d'accrochage complémentaire que comporte ladite serge pour constituer, en position d'accrochage, une boucle fermée dont l'inertie par rapport audit axe de balancier est variable en fonction desdites positions d'accrochage.

[0015] L'invention comporte encore un balancier-spiral incorporant au moins un tel balancier.

[0016] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie incorporant au moins un tel balancier-spiral ou au moins un tel balancier.

[0017] 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.

[0018] Un tel balancier est parfaitement approprié pour un bon fonctionnement à la fréquence de 10 Hz, et à des fréquences supérieures à 10 Hz.

[0019] Description sommaire des dessins

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, en référence aux fig. annexées où:

- la fig. 1 représente, de façon schématisée, et en section perpendiculaire à l'axe de balancier et parallèle au plan de balancier, une première variante de balancier selon l'invention;
- la fig. 2 représente, de façon schématisée, et en section perpendiculaire à l'axe de balancier et parallèle au plan de balancier, une deuxième variante de l'invention;
- la fig. 3 représente, de façon partielle, schématisée, et en section perpendiculaire à l'axe de balancier et parallèle au plan de balancier, une troisième variante de l'invention,
- la fig. 4 représente, de façon partielle, schématisée, et en section perpendiculaire à l'axe de balancier et parallèle au plan de balancier, une quatrième variante de l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0021] L'invention concerne le domaine des organes réglants pour pièces d'horlogerie, et tout particulièrement le balancier ou le balancier-spiral.

[0022] L'invention est tout particulièrement orientée vers la production de balanciers pour de hautes fréquences d'oscillation, 10 Hz ou davantage.

[0023] Des variantes de réalisation, nullement limitatives, sont représentées sur les figures.

[0024] L'invention concerne la réalisation d'un balancier 1 pour pièce d'horlogerie à réglage d'inertie pour ajuster son inertie ou/et son équilibrage ou/et sa fréquence d'oscillation.

[0025] Ce balancier 1 comporte 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. 3, offre l'avantage d'une bonne rigidité et d'un bon aérodynamisme, et limite les flexions localisées en prévenant tout gauchissement du balancier 1.

[0026] Cette serge 5 est reliée au moyeu 2 par au moins une surface de jonction 6, qui peut être constituée par une surface continue tel un disque ajouré ou non, ou par un ou plusieurs bras 20. La confection d'une surface de jonction 6 ajourée, notamment avec des découpes, traversantes ou non, entre des longerons assurant une bonne triangulation, permet de réduire encore la masse du balancier.

[0027] De façon préférée selon l'invention, 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 la surface 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».

[0028] Le choix du silicium donne des résultats particulièrement bons et est la solution préférée.

[0029] Selon l'invention, la serge 5 comporte au moins un premier bras élastique 40. Ce bras élastique 40 comporte des moyens d'accrochage 41, qui sont agencés pour coopérer, dans différentes positions d'accrochage, avec des moyens d'accrochage complémentaire 42 que comporte la serge 5, pour constituer, en position d'accrochage, une boucle fermée dont l'inertie par rapport à l'axe de balancier 3 est variable en fonction de ces positions d'accrochage.

[0030] Les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 peuvent être réalisés avec tous types de profils complémentaires l'un avec l'autre, et comportant un pas périodique, de façon à autoriser l'accrochage des uns par rapport aux autres dans une pluralité de positions différentes.

[0031] On comprend que la déformation de la géométrie de la serge 5 induit une variation d'inertie du balancier 1.

[0032] Un avantage important de l'invention est que cette variation d'inertie est reproductible, et très facilement mémorisable, dans la mesure où les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 occupent des positions discrètes, qui peuvent très facilement être mémorisées pour recréer un réglage particulier.

[0033] De préférence, la périphérie de la serge 5 comporte, tel que visible sur les fig. 1 et 2, plusieurs tels bras élastiques 40. Leur disposition périphérique, sensiblement tangentielle par rapport à la serge 5, permet de leur attribuer une longueur importante, qui se traduit par une déviation conséquente, pour un angle de déformation minime.

[0034] Dans une réalisation préférée, tel que visible sur les fig.s 1 à 3, le premier bras élastique 40 comporte au moins à une première extrémité 44 une liaison élastique avec la serge 5. Cette liaison élastique peut être réalisée par la présence d'une fente 60 dans la serge, comme sur les fig. 1 et 3, ou plus simplement, comme sur la fig. 2, par une section réduite de la serge 5, en utilisant les propriétés élastiques du matériau de la serge 5, notamment du silicium. Le premier bras élastique 40 comporte de préférence à une deuxième extrémité 45 opposée à la première extrémité 44, les moyens d'accrochage 41.

[0035] Ce mode de réalisation du premier bras élastique 40 n'est pas exclusif, tel que visible sur la fig. 4, où un tel bras élastique 40 est mobile par déformation entre deux fentes 60 et 60A que comporte la serge 5. Dans cette quatrième variante le bras élastique 40 porte un premier saillant 61 porteur de moyens d'accrochage 41, qui coopèrent, dans différentes positions d'accrochage, avec des moyens d'accrochage complémentaire 42 de la serge 5. Il porte encore un deuxième saillant 61A porteur de moyens d'accrochage 41 A, qui coopèrent, dans différentes positions d'accrochage, avec des moyens d'accrochage complémentaire 42A de la serge 5.

[0036] Dans un mode de réalisation préféré, tel que visible sur les fig. 1 à 3, ces moyens d'accrochage complémentaire 42 sont agencés sur un deuxième bras élastique 43 que comporte la serge 5. Dans une réalisation préférée, tel que visible sur les fig. 1 à 3, le deuxième bras élastique 43 comporte au moins à une première extrémité 46 une liaison élastique avec la serge 5. Cette liaison élastique peut être réalisée par la présence d'une fente 62 dans la serge, comme sur les fig. 1 et 3, ou plus simplement, comme sur la fig. 2, par une section réduite de la serge 5, en utilisant les propriétés élastiques du matériau de la serge 5, notamment du silicium. Le deuxième bras élastique 43 comporte de préférence à une deuxième extrémité 47 opposée à la première extrémité 46, les moyens d'accrochage complémentaire 42.

[0037] Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 3, ce deuxième bras élastique 43 comporte encore à une troisième extrémité 48, distante de la première extrémité 46 et de la deuxième extrémité 47, au moins une liaison élastique avec la serge 5.

[0038] De préférence, dans cette troisième variante de la fig. 3, le deuxième bras élastique 43 comporte encore à une quatrième extrémité, 49 distante de la première extrémité 46 et de la deuxième extrémité 47, au moins une liaison élastique avec la serge 5. Le deuxième bras élastique 43 comporte encore à une cinquième extrémité 50 distante de la première extrémité 46 et de la deuxième extrémité 47 au moins une liaison élastique avec la serge 5. Le deuxième bras élastique 43 comporte encore à une sixième extrémité 51 d'autres moyens d'accrochage complémentaire 52 agencés pour coopérer avec des moyens d'accrochage 41A que comporte un autre premier bras élastique 40A, différent de celui avec lequel coopèrent les moyens d'accrochage complémentaire 42.

[0039] En somme, dans cette troisième variante de la fig. 3, on réalise une masse suspendue 63, qui est mobile à l'intérieur de la serge 5, dans ce cas particulier et non limitatif entre quatre lèvres élastiques. Les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 sont enfermés dans la serge 5. Cette masse suspendue 63 porte les moyens d'accrochage complémentaire 42 et les moyens d'accrochage complémentaire 52, qui coopèrent respectivement les moyens d'accrochage 41 d'un bras élastique 40, et avec les moyens d'accrochage 41A d'un autre premier bras élastique 40A. Cette réalisation procure un réglage simple, à la façon d'un bouton-poussoir intégré à la serge 5. Cette solution est, aussi, particulièrement rigide.

[0040] La quatrième variante de la fig. 4, décrite plus haut, représente une version voisine d'intégration complète dans la serge 5 des moyens d'accrochage 41 et moyens d'accrochage complémentaire 42, mais sans mobilité de ces derniers.

[0041] Dans un mode de réalisation, tel que visible sur les fig. 1, 3 et 4, les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 sont mobiles l'un par rapport à l'autre selon une direction radiale par rapport à l'axe de balancier 3. La mobilité radiale de ces moyens d'accrochage les uns par rapport aux autres se traduit par un déport radial du centre d'inertie de la portion de serge 5 qui les incorpore.

[0042] Dans un autre mode de réalisation, tel que visible sur la fig. 2, les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 sont mobiles l'un par rapport à l'autre selon une direction tangentielle par rapport à la serge 5. Deux positions d'accrochage différentes sont représentées sur cette fig. 2, l'une en trait plein, l'autre en trait interrompu. On voit bien la différence de forme, et donc d'inertie, de la boucle constituée par la liaison du premier bras élastique 40 avec le deuxième bras élastique 43. La mobilité tangentielle de ces deux bras élastiques l'un par rapport à l'autre se traduit par un déport radial du centre d'inertie de ces deux bras. L'adoption d'une exécution symétrique des

bras, par rapport à l'axe de balancier 3, permet, en effectuant les mêmes réglages d'inertie symétriquement par rapport à cet axe, de modifier l'inertie totale du balancier 1, sans modifier son axe principal d'inertie, qui doit être confondu avec l'axe de balancier 3. Bien sûr, un réglage différentiel reste possible, mais n'a d'intérêt que si des masses additionnelles sont rapportées sur ce balancier 1.

[0043] De préférence, tel que visible sur les fig. 1 à 4, les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 sont constitués par des secteurs dentés antagonistes.

[0044] Dans une réalisation préférée, ces secteurs dentés comportent chacun une denture inclinée de façon à rester engrenés l'un avec l'autre en l'absence d'une action de dégrènement.

[0045] Naturellement, les moyens d'accrochage 41 et les moyens d'accrochage complémentaire 42 peuvent être réalisés avec tous types de profils complémentaires l'un avec l'autre, et comportant un pas périodique, de façon à autoriser l'accrochage des uns par rapport aux autres dans une pluralité de positions différentes. Par exemple ces profils peuvent encore être constitués de crans droits ou similaires.

[0046] Telle que présentée dans ces différentes variantes, l'invention offre la possibilité d'utiliser un balancier 1 monobloc sans aucun insert, ce qui réduit le nombre de composants. Un dimensionnement adapté de la serge 5 permet d'obtenir une inertie suffisante. Dans le cas de besoin d'une inertie encore supérieure, il est encore possible, sans sortir de l'invention, de fixer à demeure, de façon non démontable, en périphérie de la serge 5, dans des positions précises, des masses additionnelles d'inertie connue, de préférence imposée, en métaux lourds ou or ou similaire. Par exemple de telles masses additionnelles peuvent être fixées, sous forme de rivet ou similaire, au niveau de la masse suspendue 63 de la fig. 3, ou encore de zones à forte section de la serge 5, par exemple à la jonction avec la surface de jonction 6 ou avec les bras 20.

[0047] La géométrie d'apparence complexe des différentes variantes de balanciers présentées ci-dessus n'est possible que par la réalisation de ces balanciers en matériaux micro-usinables ou de préférence en silicium, car les procédés mis en œuvre permettent très facilement la réalisation de tels contours, avec une très haute précision dimensionnelle, et la possibilité de réaliser des lames élastiques, et donc d'utiliser les propriétés élastiques du matériau, notamment du silicium.

[0048] L'invention permet ainsi de constituer un balancier 1 apte à osciller à haute fréquence, notamment supérieure ou égale à 10 Hz, et à autoriser des opérations d'ajustement ou de réglage fin, qui sont de surcroît réversibles et reproductibles.

[0049] L'invention concerne encore un balancier-spiral incorporant au moins un tel balancier 1, selon l'un quelconque des modes de réalisation et l'une quelconque des variantes présentées ci-dessus.

[0050] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie incorporant au moins un tel balancier-spiral, ou au moins un tel balancier 1.

[0051] 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 bras élastiques de l'invention.

[0052] Le choix du silicium, en particulier, autorise la réalisation, dans la serge, de moyens de maintien élastique, notamment sous forme de lèvres élastiques. 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.

[0053] Ce choix du silicium ou d'un alliage issu de la technologie des MEMS, ou alliage tel qu'obtenu par le procédé «LIGA», 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.

[0054] Le choix du silicium permet de surcroît d'insérer au balancier des gravures, des décors, et d'effectuer une structuration de surface.

[0055] Les possibilités de réglage et d'ajustement propres à ce nouveau balancier selon l'invention permettent l'élimination de toute raquetterie.

[0056] La conception du balancier monobloc selon l'invention 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.

[0057] Les buts que se proposait d'atteindre l'invention sont ainsi parfaitement atteints.

Revendications

1. Balancier (1) pour pièce d'horlogerie, à réglage d'inertie pour ajuster son inertie ou/et son équilibrage ou/et sa fréquence d'oscillation, comportant 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 (5) périphérique continue ou discontinue, reliée audit moyeu (2) par au moins une surface de jonction (6), caractérisé en ce que ladite serge (5) est réalisée de façon monobloc avec ladite surface de jonction (6) et ledit 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», et en ce que ladite serge (5) comporte au moins un premier bras élastique (40) comportant des moyens d'accrochage (41) agencés pour coopérer, dans différentes positions d'accrochage, avec des moyens d'accrochage complémentaire (42) que comporte ladite serge (5) pour constituer, en position d'accrochage, une boucle fermée dont l'inertie par rapport audit axe de balancier (3) est variable en fonction desdites positions d'accrochage.

2. Balancier (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit premier bras élastique (40) comporte au moins à une première extrémité (44) une liaison élastique avec ladite serge (5), et à une deuxième extrémité (45) opposée à ladite première extrémité (44), lesdits moyens d'accrochage (41).
3. Balancier (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42) sont agencés sur un deuxième bras élastique (43) que comporte ladite serge (5).
4. Balancier (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit deuxième bras élastique (43) comporte au moins à une première extrémité (46) une liaison élastique avec ladite serge (5), et à une deuxième extrémité (47) opposée à ladite première extrémité (46), lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42).
5. Balancier (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit deuxième bras élastique (43) comporte encore à une troisième extrémité (48) distante de ladite première extrémité (46) et de ladite deuxième extrémité (47) au moins une liaison élastique avec ladite serge (5).
6. Balancier (1) selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que ledit deuxième bras élastique (43) comporte encore à une quatrième extrémité (49) distante de ladite première extrémité (46) et de ladite deuxième extrémité (47) au moins une liaison élastique avec ladite serge (5).
7. Balancier (1) selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que ledit deuxième bras élastique (43) comporte encore à une cinquième extrémité (50) distante de ladite première extrémité (46) et de ladite deuxième extrémité (47) au moins une liaison élastique avec ladite serge (5).
8. Balancier (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit deuxième bras élastique (43) comporte encore à une sixième extrémité (51) d'autres moyens d'accrochage complémentaire (52) agencés pour coopérer avec des moyens d'accrochage (41 A) que comporte un autre premier bras élastique (40A) différent de celui avec lequel coopèrent lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42).
9. Balancier (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens d'accrochage (41) et lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42) sont mobiles l'un par rapport à l'autre selon une direction radiale par rapport audit axe de balancier (3).
10. Balancier (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens d'accrochage (41) et lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42) sont mobiles l'un par rapport à l'autre selon une direction tangentielle par rapport à ladite serge (5).
11. Balancier (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens d'accrochage (41) et lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42) sont enfermés dans ladite serge (5).
12. Balancier (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens d'accrochage (41) et lesdits moyens d'accrochage complémentaire (42) sont constitués par des secteurs dentés antagonistes.
13. Balancier (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits secteurs dentés comportent chacun une denture inclinée de façon à rester engrenés l'un avec l'autre en l'absence d'une action de dégrènement.
14. Balancier-spiral incorporant au moins un balancier (1) selon l'une des revendications 1 à 13.
15. Pièce d'horlogerie incorporant au moins un balancier-spiral selon la revendication précédente, ou au moins un balancier (1) selon l'une des revendications 1 à 13.

Fig. 1

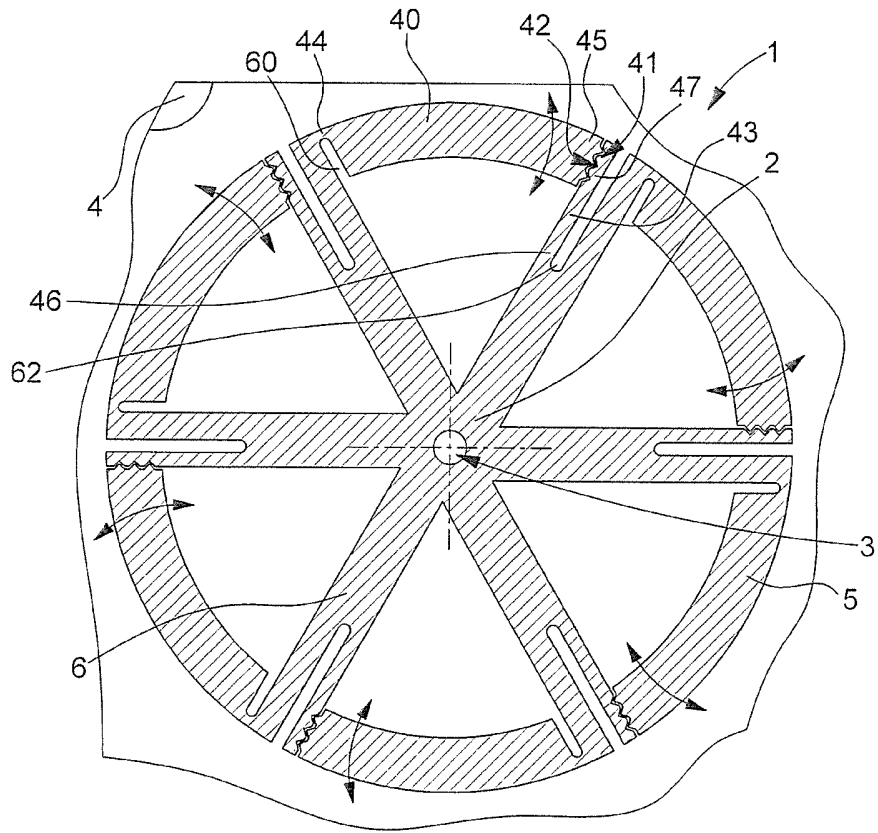
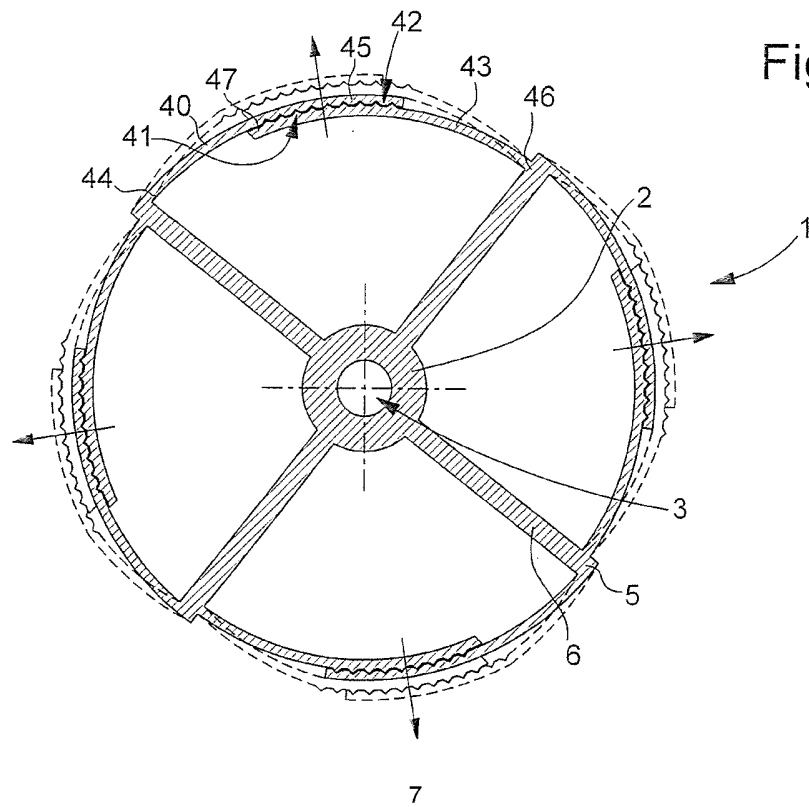


Fig. 2



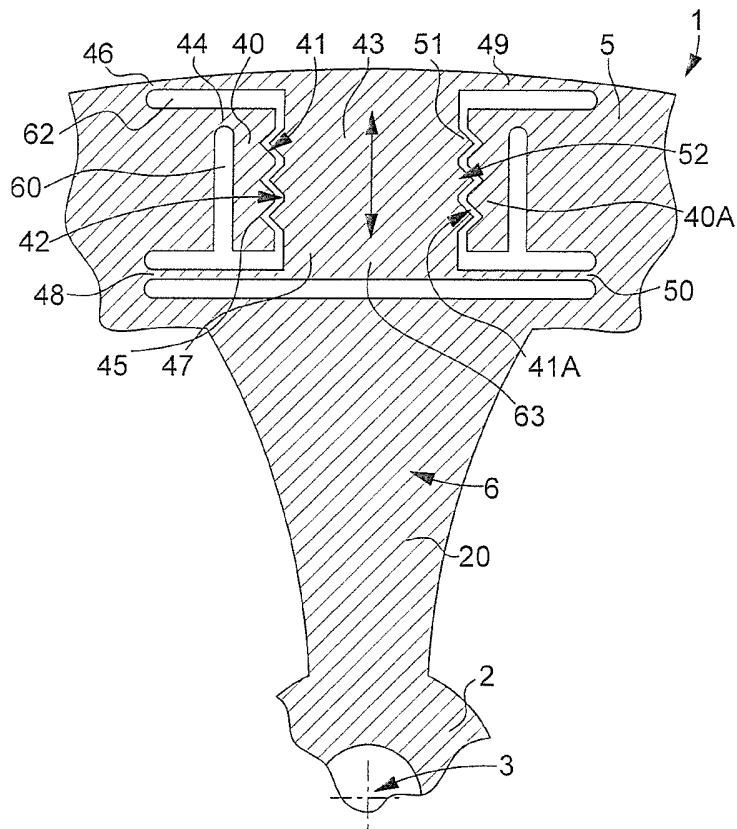


Fig. 3

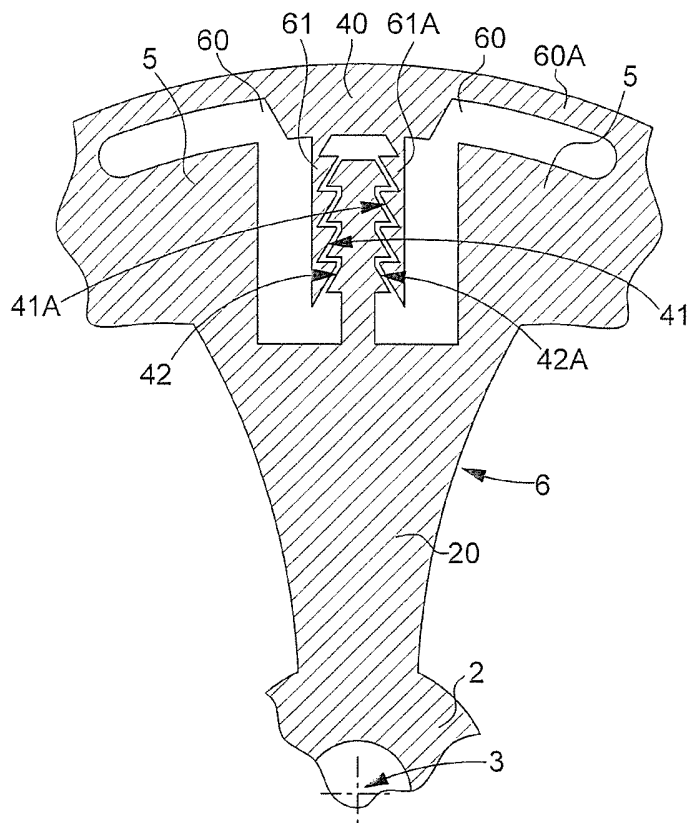


Fig. 4