

(19)



(11)

EP 2 790 068 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
15.10.2014 Bulletin 2014/42

(51) Int Cl.:
G04B 15/08 (2006.01) **G04B 15/06 (2006.01)**
G04B 15/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14157942.5**

(22) Date de dépôt: **05.03.2014**

(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

- **Sarchi, Davide**
1020 Renens (CH)
- **Karapatis, Polychronis (Nakis)**
1324 Premier (CH)
- **Sciascia, Fabio**
1412 Valeyres-sous-Ursins (CH)

(30) Priorité: **12.04.2013 EP 13163484**

(71) Demandeur: **Montres Breguet SA**
1344 L'Abbaye (CH)

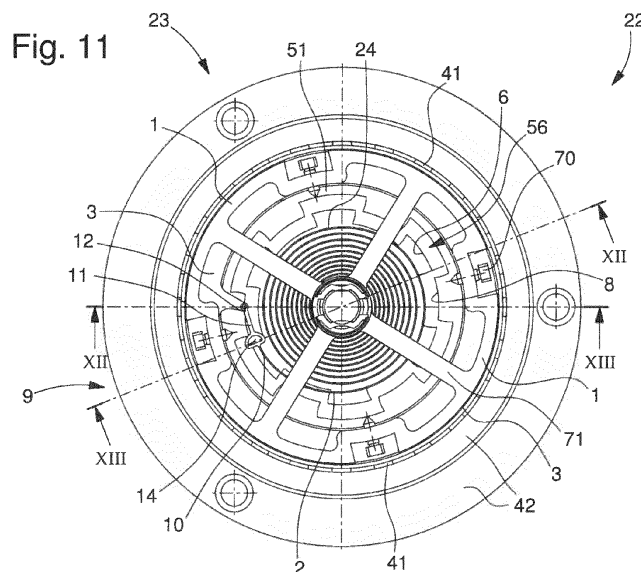
(72) Inventeurs:
 • **Beugin, Stéphane**
39220 Les Rousses (FR)

(74) Mandataire: **Couillard, Yann Luc Raymond et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Système d'échappement pour un résonateur balancier-spiral**

(57) L'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant un résonateur (23) coopérant avec un système d'échappement (22). Selon l'invention, le système d'échappement (22) comporte une roue d'échappement mobile (3) disposée coaxialement au balancier (1) et entraînée par le rouage de la pièce d'horlogerie, une première roue fixe (5) présentant une première denture (6) et une seconde roue fixe (7) présentant une seconde denture (8), lesdites première et seconde roues fixes (5,

7) étant disposées coaxialement à la roue d'échappement mobile (3) et un dispositif (9) de fixation de l'extrémité extérieure (10) du spiral (24) comportant une pièce (11) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3) et agencée pour assurer, un déplacement radial de ladite extrémité extérieure (10) entre lesdites première et deuxième dentures (6, 8) pour entretenir le résonateur (23) et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie.



DescriptionDomaine de l'invention

- 5 **[0001]** L'invention se rapporte à un système d'échappement pour un résonateur balancier-spiral et, plus particulièrement pour un tel résonateur à haute amplitude.

Arrière-plan de l'invention

- 10 **[0002]** Un système d'échappement d'une pièce d'horlogerie a pour but d'entretenir et de compter les oscillations du balancier d'un résonateur balancier-spiral. Pour ce faire, il reçoit l'énergie dispensée par un barillet et en fin de chaîne par une roue de secondes afin de laisser périodiquement échapper une parcelle de cette énergie motrice pour restituer au résonateur l'énergie perdue en résistances passives (par exemple les frottements), ce résonateur comprenant un volant d'inertie appelé balancier sur l'axe duquel est fixé un ressort en spirale appelé spiral.

- 15 **[0003]** L'énergie mécanique E_m d'un tel résonateur balancier-spiral est donnée par la relation suivante :

$$E_m = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} J (2\pi f)^2 A^2 \quad (1)$$

20

dans laquelle :

- J est l'inertie du balancier ;
- 25 - f est la fréquence du balancier ;
- A l'amplitude de l'oscillation du balancier.

- 30 **[0004]** La technique horlogère tend à augmenter l'énergie du résonateur balancier-spiral afin d'en améliorer sa précision et sa résistance aux chocs, grâce à l'augmentation de l'inertie J du balancier et/ou à l'augmentation de la fréquence f d'oscillation du balancier. L'augmentation de ces paramètres pose cependant de grandes difficultés.

- 35 **[0005]** En effet, l'augmentation de l'inertie J du balancier tend à augmenter son poids ce qui induit des frottements secs non désirés et/ou dégrade son aérodynamisme. D'autre part, l'augmentation de la fréquence f d'oscillation impose une augmentation considérable de la puissance virtuelle qui risque de diminuer la réserve de marche de la pièce d'horlogerie. On comprend également que l'augmentation de la fréquence f d'oscillation impose que les fonctions d'échappement soient de plus en plus courtes ce qui représente un vrai défi cinématique et tribologique.

Résumé de l'invention

- 40 **[0006]** Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un système d'échappement alternatif pour un résonateur balancier-spiral qui autorise l'augmentation de l'énergie mécanique E_m dudit résonateur en évitant les écueils cités ci-dessus.

- 45 **[0007]** A cet effet, selon une première variante, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant un résonateur formé par un balancier associé à un spiral et coopérant avec un système d'échappement caractérisée en ce que le système d'échappement comporte une roue d'échappement mobile disposée coaxialement au balancier et entraînée par le rouage de la pièce d'horlogerie, une première roue fixe présentant une première denture et une seconde roue fixe présentant une seconde denture, la première roue fixe étant disposée à l'intérieur de la seconde roue fixe dans le même plan en laissant un espace formant un canal fermé, lesdites première et seconde roues fixes étant disposées coaxialement à la roue d'échappement mobile et un dispositif de fixation de l'extrémité extérieure du spiral comportant une pièce articulée par rapport à la roue d'échappement mobile et agencée pour assurer, selon l'état d'armage du spiral, un déplacement radial de ladite extrémité extérieure entre lesdites première et deuxième dentures pour entretenir le résonateur et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie

- 50 **[0008]** Selon une deuxième variante, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant un résonateur formé par un balancier associé à un spiral et coopérant avec un système d'échappement caractérisée en ce que le système d'échappement comporte une roue d'échappement mobile disposée coaxialement au balancier et entraînée par le rouage de la pièce d'horlogerie, une première roue fixe présentant une première denture et une seconde roue fixe qui, montée au-dessus de la première roue, présente une seconde denture, la première denture comportant un diamètre interne plus petit que celui de la deuxième denture, lesdites première et seconde roues fixes étant disposées coaxialement à la roue d'échappement mobile et un dispositif de fixation de l'extrémité extérieure du spiral comportant une pièce

articulée par rapport à la roue d'échappement mobile et agencée pour assurer, selon l'état d'armage du spiral, un déplacement radial de ladite extrémité extérieure entre lesdites première et deuxième dentures pour entretenir le résonateur et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie.

[0009] Selon une troisième variante, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant un résonateur formé par un balancier associé à un spiral et coopérant avec un système d'échappement caractérisée en ce que le système d'échappement comporte une roue d'échappement mobile disposée coaxialement au balancier et entraînée par le rouage de la pièce d'horlogerie, une première série de dents et une deuxième série de dents, les séries de dents sont distribuées circulairement et coaxialement à la roue d'échappement mobile, la première série de dents étant distribuée circulairement selon un rayon plus faible que celui de la deuxième série de dents dans le même plan, et un dispositif de fixation de l'extrémité extérieure du spiral comportant une pièce articulée par rapport à la roue d'échappement mobile et agencée pour assurer, selon l'état d'armage du spiral, un déplacement radial de ladite extrémité extérieure entre lesdites première et deuxième séries de dents pour entretenir le résonateur et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie.

[0010] Dans ces trois variantes, la pièce articulée par rapport à la roue d'échappement mobile comporte, de manière préférée, au moins une cheville pour coopérer avec les première et deuxième dentures ou série de dents. Toutefois, plus particulièrement dans la deuxième variante, la pièce articulée du dispositif de fixation comporte un premier bras à l'extrémité duquel est fixée une première cheville agencée pour coopérer avec la première denture de la première roue fixe, et un second bras à l'extrémité duquel est fixée une seconde cheville agencée pour coopérer avec la seconde denture de la seconde roue fixe, chaque bras pouvant être décalés en hauteur.

[0011] On s'aperçoit donc qu'au lieu d'augmenter l'inertie J du balancier et/ou la fréquence f d'oscillation, le système d'échappement propose, de manière avantageuse selon l'invention, d'augmenter l'amplitude A de l'oscillation du balancier dans le but d'accroître l'énergie mécanique E_m du résonateur. Avantageusement selon l'invention, à partir de la relation (1), on s'aperçoit également qu'augmenter l'amplitude A de l'oscillation du balancier aura une plus grande influence car l'amplitude A intervient au carré.

[0012] On notera ici que, pour des résonateurs à faible facteur de qualité, au nombre desquels on trouve le résonateur balancier-spiral où le facteur Q est inférieur à 1000, la perturbation de marche induite par le système d'échappement est d'autant plus importante que le rapport entre l'angle d'entretien et l'amplitude d'oscillation est grand. On comprend donc, avantageusement selon l'invention, que l'augmentation de l'amplitude A du balancier réduit considérablement lesdites perturbations.

[0013] Dans les systèmes d'échappement connus du type à ancre ou à détente, cette augmentation d'amplitude n'est structurellement pas possible, l'amplitude étant généralement limitée à 320 degrés. De plus, le système d'échappement intervient sur la cheville de plateau solidaire du balancier, toutes les fois que le balancier passe par sa position d'équilibre ou point mort.

[0014] Avantageusement selon l'invention, si l'on désire une amplitude dépassant la limite connue de 320 degrés pour atteindre au moins un tour complet du balancier et pouvant s'étendre sur plusieurs tours complets (cette augmentation étant non limitée intrinsèquement), la présente invention permet d'entretenir directement le spiral et non le balancier comme dans les échappements traditionnels. En entretenant directement le spiral, le système d'échappement peut être déclenché par le mouvement du spiral, par exemple par le déplacement radial de son extrémité extérieure.

[0015] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses communes de l'invention :

- l'extrémité extérieure du spiral est solidaire d'une extrémité libre de ladite pièce articulée par rapport à la roue d'échappement mobile ou est solidaire de ladite au moins une cheville ;
- la roue d'échappement mobile est montée mobile par rapport à une partie fixe de la pièce d'horlogerie à l'aide d'un roulement à billes ;
- la partie fixe de la pièce d'horlogerie est la platine ;
- le balancier et l'extrémité intérieure du spiral sont fixés sur un arbre pivotant entre un pont et le centre géométrique de la première roue fixe ;
- la roue d'échappement mobile est constituée d'une cage enfermant le résonateur, le balancier et l'extrémité intérieure du spiral étant fixés sur un arbre pivotant entre les parois de la cage, cette dernière pivotant entre un pont et le centre géométrique de la première roue fixe ;
- les première et seconde roues fixes sont faites en une seule pièce ;
- ladite au moins une cheville est magnétisée et les dentures ou dents sont en matériau paramagnétique comportant une perméabilité magnétique supérieure à 1,5 ou ladite au moins une cheville est en matériau paramagnétique comportant une perméabilité magnétique supérieure à 1,5 et les dentures ou dents sont magnétisées afin de permettre le collage magnétique entre lesdites dentures et ladite au moins une cheville.

Description sommaire des dessins

[0016] 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 :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un premier mode de réalisation de système d'échappement selon l'invention ;
- les figures 2 à 6 sont des vues en plan du mode de réalisation de la figure 1 expliquant le fonctionnement d'un système d'échappement sur deux alternances consécutives du résonateur balancier-spiral selon l'invention ;
- la figure 7 est un graphique accompagnant les explications relatives aux figures 2 à 6 ;
- la figure 8 est un graphique comparant les couples exercés, d'une part, sur le résonateur balancier-spiral selon l'invention et, d'autre part, sur un résonateur balancier-spiral coopérant avec un système d'échappement du type à ancre suisse ;
- la figure 9 est une vue en coupe d'un système d'échappement selon la figure 1 ;
- la figure 10 est une vue en coupe d'un système d'échappement selon un deuxième mode de réalisation ;
- la figure 11 est une vue en plan d'un système d'échappement selon un troisième mode de réalisation ;
- la figure 12 est une coupe selon XII-XII de la figure 11 ;
- la figure 13 est une coupe selon XIII-XIII de la figure 11 ;
- la figure 14 est une vue en plan d'un système d'échappement selon un quatrième mode de réalisation ;
- la figure 15 est une vue en plan d'un système d'échappement selon un cinquième mode de réalisation ;
- la figure 16 est une coupe selon XVI-XVI de la figure 15 ;
- la figure 17 est une vue en perspective partielle de la figure 15.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0017] Un premier mode de réalisation de la présente invention est illustré à la figure 1 qui est une vue en perspective d'un oscillateur selon l'invention, c'est-à-dire un système d'échappement 18 couplé à un résonateur 15 balancier-spiral. Le résonateur 15 selon l'invention comporte un balancier 1 associé à un spiral 2.

[0018] Pour la clarté du dessin et ne pas masquer les éléments se trouvant sous lui, le spiral 2 n'est représenté que par un nombre limité de spires. Toutefois, le spiral 2 peut, bien entendu, comporter un plus grand nombre de spires sans sortir du cadre de l'invention. L'extrémité intérieure 50 du spiral 2 est fixée sur un arbre 43 comme, par exemple, au moyen d'une virole (mieux visible à la figure 9) venue de forme. Dans l'exemple illustré à la figure 1, on peut voir que le balancier 1 est également fixé sur l'arbre 43.

[0019] Selon l'invention, le système d'échappement 18 comporte une roue d'échappement mobile 3 disposée coaxialement par rapport au résonateur 15. Dans l'exemple illustré à la figure 1, la roue d'échappement mobile 3 est entraînée par une roue de secondes 4 appartenant au rouage de la pièce d'horlogerie qui est en prise avec un barillet fournissant la force motrice de la pièce d'horlogerie.

[0020] Le système d'échappement 18 comprend en outre une première roue fixe 5 présentant une denture extérieure 6 et une seconde roue fixe 7 présentant une denture intérieure 8. Dans l'exemple illustré à la figure 1, les deux roues fixes 5, 7 du système d'échappement 18 sont disposées coaxialement à la roue d'échappement mobile 3 et fixées à un point fixe de la pièce d'horlogerie, comme par exemple sa platine, au moyen de vis 16 et 17. De plus, on peut voir que les première et seconde roues fixes 5 et 7 sont disposées dans le même plan, la première roue 5 étant placée à l'intérieur de la seconde roue 7 en laissant un espace, formant un canal fermé 56 sensiblement crénelé et symétrique, dans lequel une cheville 14 peut se déplacer.

[0021] Avantageusement selon l'invention, la roue d'échappement mobile 3 est munie d'un dispositif 9 de fixation à l'extrémité extérieure 10 du spiral 2 pour armer ce dernier. De plus, le dispositif 9 de fixation est agencé pour assurer, selon l'état d'armage du spiral 2, un déplacement radial de l'extrémité extérieure 10, celle-ci étant amenée à coopérer alternativement avec la denture 6 de l'une puis la denture 8 de l'autre des première 5 et seconde 7 roues fixes. On comprend que ce déplacement radial permet au système d'échappement 18 d'assurer l'entretien du résonateur 15 et l'échappement de la roue de secondes 4.

[0022] Une coupe de principe exercée sur la figure 1 est montrée en figure 9. La roue d'échappement mobile 3 est associée à un élément interne 40 venu de forme dans l'exemple de la figure 9. L'ensemble roue d'échappement mobile 3 - élément interne 40 est rendu mobile à rotation par rapport à un point fixe 42 de la pièce d'horlogerie, comme par exemple sa platine, à l'aide préférentiellement d'un roulement à billes 41.

[0023] Comme mieux visible à la figure 9, on peut voir que le balancier 1 et l'extrémité intérieure 50 du spiral 2 sont fixés sur l'arbre 43 pivotant entre un pont 44 et le centre géométrique de la première roue fixe 5 qu'il soit réel ou virtuel comme expliqué ci-dessous.

[0024] Préférentiellement selon le premier mode de réalisation de l'invention, le dispositif 9 de fixation comporte une barrette 11 articulée pour assurer le déplacement radial de l'extrémité extérieure 10 du spiral 2. La barrette 11 est

montée, d'une part, sur un piton 12 pivotant portée par la roue d'échappement mobile 3 et, d'autre part, sur l'extrémité extérieure 10 du spiral 2. Dans l'exemple illustré à la figure 1, on peut voir que l'extrémité extérieure 10 du spiral 2 est solidaire de la cheville 14 pouvant évoluer dans le canal fermé 56 sensiblement crénelé et symétrique et étant destinée à être ajustée à l'extrémité libre 13 de la barrette 11. Préférentiellement, la cheville 14 est formée selon le même matériau que le spiral 2 ou à base de rubis.

[0025] Lors du déplacement de la cheville 14 dans le canal 56, pour faciliter son dégagement de l'une 6 puis de l'autre 8 des dents 6, 8 équipant les roues fixes 5 et 7, on peut donner à la cheville 14 la forme d'une goupille cylindrique à section circulaire ou elliptique.

[0026] On va expliquer maintenant le fonctionnement du système d'échappement 18 selon l'invention en se référant aux figures 2 à 6 et au graphique de la figure 7. Ces figures décrivent le cheminement de la cheville 14 lors de deux alternances consécutives du spiral 2 en assurant deux échappements consécutifs de la roue de secondes 4. En figure 7, la courbe A montre l'angle en degrés parcouru par le résonateur 15 en fonction du temps en secondes et, la courbe B, l'angle en degrés parcouru par la roue d'échappement mobile 3 en fonction du temps en secondes.

a) En figure 2, le spiral 2 est en contraction maximale (point 52 sur la figure 7) à partir de laquelle il entre dans une première phase d'expansion (région 53 sur la figure 7) laquelle prend fin lorsqu'il atteint sa position d'équilibre, ou point mort 54, phase durant laquelle la cheville 14 est maintenue bloquée contre une dent extérieure 6 de la première roue fixe 5.

b) En figure 3, à partir de la position d'équilibre (point 54 sur la figure 7) le spiral 2 entre dans une seconde phase d'expansion (région 55 sur la figure 7) au début de laquelle la cheville 14 est poussée radialement, par la déformation élastique du spiral lui-même, hors de la dent extérieure 6 de la première roue fixe 5 pour être amenée dans le canal 56 entre deux dents intérieures 8 de la seconde roue fixe 7. On comprend donc que la cheville 14 est rendue libre par son déplacement radial par rapport aux roues 5, 7.

c) En figure 4, la cheville 14 rendue libre et, incidemment la roue d'échappement mobile 3, sont entraînées par la roue de secondes 4 mise sous contrainte par le barillet de la pièce d'horlogerie. Par conséquent, la roue d'échappement mobile 3 se déplace d'un premier angle d'impulsion α qui amène la cheville 14, à venir buter et se bloquer contre une dent intérieure 8 de la seconde roue fixe 7. Ce déplacement conduit le spiral 2 à parcourir sa seconde phase d'expansion 55 puis une première phase de contraction (région 58 sur la figure 7) pendant lesquelles la cheville 14 reste bloquée contre la même dent intérieure 8. La seconde phase d'expansion 55 et la première phase de contraction 58 définissent un premier arc supplémentaire du balancier 1.

d) En figure 5, la première phase de contraction 58 prend fin lorsque le spiral atteint sa position d'équilibre (point 59 sur la figure 7) à partir de laquelle le spiral 2 entre dans une seconde phase de contraction (région 60 sur la figure 7) au début de laquelle la cheville 14 est poussée radialement hors de la dent intérieure 8 de la seconde roue fixe 7 pour être amenée dans le canal 56 entre deux dents extérieures 6 de la première roue fixe 5. On comprend donc que la cheville 14 est à nouveau rendue libre par son déplacement radial par rapport aux roues 5, 7.

e) En figure 6, la cheville 14 rendue libre par son déplacement radial et, incidemment la roue d'échappement mobile 3, sont entraînées par la roue de secondes 4. Par conséquent, la roue d'échappement mobile 3 se déplaçant d'un second angle d'impulsion β qui amène la cheville 14 à venir buter et se bloquer contre une nouvelle dent extérieure 6 de la première roue fixe 5. Ce déplacement conduit le spiral 2 à parcourir sa seconde phase de contraction 60 puis une nouvelle et répétitive première phase d'expansion (région 63 sur la figure 7 similaire à la région 53) pendant lesquelles la cheville 14 reste bloquée contre la nouvelle dent extérieure 6. La seconde phase de contraction 60 et nouvelle première phase d'expansion 63 définissent un second arc supplémentaire du balancier 1.

[0027] Dans le premier mode de réalisation des figures 1 à 6, la figure 7 montre que le but essentiel de la présente invention est atteint, à savoir l'augmentation de l'amplitude A de l'oscillation du balancier. En effet, entre la position 52 et le point d'inflexion entre les régions 55 et 58, l'amplitude A du balancier 1 est de l'ordre de 550 degrés, ce qui dépasse largement les 320 degrés atteints par un système d'échappement du type à ancre suisse. On comprend également que cette augmentation de l'amplitude A est atteinte en entretenant le résonateur 15, c'est-à-dire en fournissant de l'énergie, directement par le spiral 2 par traction de son extrémité extérieure 10 et par non le balancier 1 lui-même comme dans les échappements traditionnels à ancre suisse. Avantagusement selon l'invention, il n'est donc plus nécessaire de monter un plateau sur l'axe de balancier.

[0028] La figure 8 est un graphique comparant les couples transmis en millinewtonmillimètres (mNmm), d'une part, au résonateur 15 équipant la présente invention (tracé E) et, d'autre part, à un résonateur balancier-spiral énergétiquement équivalent équipant un système d'échappement du type à ancre suisse (tracé F). On s'aperçoit que le couple

conféré au résonateur 15 selon l'invention durant l'angle pendant lequel il est appliqué est nettement plus important (maximum de l'ordre de 0,25 mNm) que celui conféré au résonateur balancier-spiral d'un système d'échappement conventionnel (maximum de l'ordre de 0,06 mNm), ce qui explique une accélération plus rapide du balancier 1 selon l'invention et, incidemment, permet d'atteindre une amplitude plus grande de son oscillation. On comprend également,

avantageusement selon l'invention, que la vitesse instantanée lors du passage par le point de repos est plus grande. Or, pour les systèmes d'entretien par chocs, la vitesse instantanée plus faible est une limitation intrinsèque handicapante.

[0029] La figure 7 montre encore que les angles α et β illustrés respectivement sur les figures 4 et 6 sont sensiblement égales chacun à 30 degrés et sont parcourus ($\alpha + \beta$) en 0,25 secondes pour une fréquence sensiblement égale à 4 Hz. Il résulte que la roue d'échappement mobile 3 fait un tour en sensiblement 1,5 seconde. On comprend donc que ce même mouvement de rotation affecte le résonateur 15 qui tourne à la manière d'un tourbillon avec un effet similaire, c'est-à-dire que cette rotation permettant de moyenner et de corriger les effets de gravité sur le résonateur 15.

[0030] Par conséquent, avantageusement selon l'invention, outre l'augmentation de l'énergie mécanique E_m due à l'augmentation de l'amplitude A de l'oscillation du balancier 1, le système d'échappement 18 permet de corriger les effets de gravité. On comprend également que le système d'échappement 18 offre la garantie d'auto-démarrage d'un mouvement à haute fréquence même avec une grande rigidité, l'augmentation de la stabilité et du facteur de qualité en l'absence de chocs d'entretien, l'élimination du risque de rebat et de renversement qui sont intrinsèques à l'architecture, l'amélioration du rendement des fonctions d'échappement car les pertes sont dues uniquement aux frottements dans les pivots et un mobile et la réduction du nombre de composants à huiler par la suppression de l'ancre.

[0031] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas au premier mode de réalisation mais est susceptible de diverses variantes et modifications tout en conservant les effets et avantages cités ci-dessus. En particulier, un deuxième mode de réalisation de système d'échappement 21 selon l'invention est illustré à la figure 10. Dans ce deuxième mode de réalisation, la roue d'échappement mobile 3 du premier mode de réalisation est remplacée par une denture 19 formée à l'extérieure d'une cage 45. La cage 45 enferme un résonateur 20 qui est du même type que le résonateur 15 du premier mode de réalisation. Ainsi, le balancier 1 et l'extrémité intérieure 50 du spiral 2 sont fixés sur un arbre 46 pivotant entre les parois 47 et 48 de la cage 45. Comme visible à la figure 10, la cage 45 du système d'échappement 21 est montée pivotante entre un pont 49 et le centre de la première roue fixe 5.

[0032] Un troisième mode de réalisation de système d'échappement 22 selon l'invention est illustré aux figures 11 à 13. Le système d'échappement 22 diffère des deux précédents modes de réalisation en ce que les première et seconde roues fixes 5 et 7 sont faites en une seule pièce.

[0033] Afin de mieux expliquer ce troisième mode de réalisation, les figures 12 et 13 ont été réalisées selon les coupes respectivement XII et XIII de la figure 11. Le résonateur 23 du troisième mode de réalisation est du même type que le résonateur 15, 20 des deux premiers modes de réalisation. On retrouve donc le balancier 1 équipé de vis d'équilibrage 70 et relié à l'arbre 43 au moyen de quatre bras 71. L'arbre 43 est monté pivotant entre le pont 44 et un palier 72 solidaire d'un bloc 51 qui incorpore en une seule pièce les dents extérieures 6 et dents intérieures 8, formées, dans les deux premiers modes de réalisation, par les roues fixes 5 et 7.

[0034] Le balancier 1 est associé au spiral 24 comportant plus de spires que le spiral 2 du premier mode de réalisation et dont l'extrémité de la spire intérieure 50 est fixée à l'arbre 43 par exemple au moyen d'une virole. L'extrémité de la spire extérieure 10 est attachée à la cheville 14 fixée à l'extrémité libre 13 de la barrette 11, cette dernière étant articulée sur le piton 12 porté par la roue d'échappement mobile 3 comme pour le premier mode de réalisation. La roue d'échappement mobile 3 est munie d'une denture 73 en prise avec la roue de secondes 4 également comme pour le premier mode de réalisation et est associée à l'élément interne 40 d'un roulement à billes 41 dont l'élément externe 42 est solidaire du bloc 51 fixées à un point fixe de la pièce d'horlogerie, comme par exemple sa platine.

[0035] Un quatrième mode de réalisation selon l'invention est illustré à la figure 14. Le résonateur 25 du quatrième mode de réalisation est du même type que le résonateur 15, 20, 23 des trois premiers modes de réalisation. Contrairement à ce qui a été montré dans les trois modes de réalisation ci-dessus dans lesquels les première et seconde roues fixes 5, 7 étaient situées dans le même plan, dans le quatrième mode de réalisation, le système d'échappement 25 comporte des première et seconde roues fixes 70, 71 qui sont placées l'une sur l'autre. Les première et seconde roues fixes 70, 71 comportent respectivement des première et seconde dents intérieures 72, 73 qui se superposent.

[0036] On observe également à la figure 14 que les premières dents 72 comportent un diamètre interne plus petit que celui des deuxième dents 73. Dans le quatrième mode de réalisation, le dispositif 74 de fixation diffère de celui 9 des trois premiers modes de réalisation. Ainsi, le dispositif 74 de fixation comporte une bascule 75 articulée sur un piton 12 porté par la roue d'échappement mobile 3. La bascule 75 porte un premier bras 76 à l'extrémité duquel sont fixées l'extrémité extérieure 10 du spiral 2 et une première cheville 77 agencée pour coopérer avec les premières dents 72 de la première roue fixe 70. La bascule 75 porte encore un second bras 78 à l'extrémité duquel est fixée une seconde cheville 79 agencée pour coopérer avec les secondes dents 73 de la seconde roue fixe 71. Préférentiellement, chaque cheville 77, 79 est formée selon le même matériau que le spiral 2 ou à base de rubis.

[0037] La figure 14 montre un spiral 2 du type du premier mode de réalisation en expansion maximale. La première cheville 77 est maintenue bloquée contre une première dent 72 de la première roue fixe 70. Quand le spiral 2 se contracte,

la cheville 77 se déplace radialement vers l'intérieur amenant la bascule 75 à pivoter dans un sens antihoraire et la première cheville 77 à se libérer d'une première dent 72.

[0038] La seconde cheville 79 de la bascule 75 entre alors dans l'espace séparant deux secondes dents 73 ce qui libère la roue d'échappement mobile 3 qui progresse alors d'un premier angle d'impulsion par entraînement de la roue de seconde 4 jusqu'à ce que la seconde cheville 79 vienne buter contre une seconde dent 73 de la seconde roue fixe 71.

[0039] Un second angle d'impulsion est parcouru quand, le spiral 2 passant en expansion, la seconde cheville 79 se libère de la seconde dent 73, la bascule 75 tournant alors dans le sens horaire. La première cheville 77 tombe alors dans l'espace séparant deux premières dents 72 et la roue d'échappement mobile 3 alors d'un deuxième angle d'impulsion par entraînement de la roue de seconde 4 jusqu'à ce que la première cheville 77 vienne buter contre une première dent 72 de la première roue fixe 70. On notera que dans ce quatrième mode de réalisation, les roues fixes 70 et 71 étant disposées l'une sur l'autre, la seconde cheville 79 doit présenter une longueur plus réduite par rapport à la longueur de la première cheville 77.

[0040] 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, les quatre modes de réalisation présentés ci-dessus sont susceptibles d'être combinés afin de s'adapter aux contraintes d'implantation tout en conservant les effets et avantages cités ci-dessus communs aux quatre modes de réalisation. A titre d'exemple nullement limitatif, les première 70 et seconde 71 roues fixes du quatrième mode de réalisation pourraient être faites en une seule pièce comme proposé dans le troisième mode de réalisation.

[0041] Il est également possible que la pièce articulée par rapport à la roue d'échappement mobile 3, 19, 45, c'est-à-dire par la bascule 75 ou la barrette 11, soit remplacée par une pièce de forme différente telle qu'une pièce sensiblement en forme de demi-cylindre.

[0042] Dans un mode de réalisation comportant plusieurs chevilles 14, 77, 79 tel que le quatrième mode de réalisation, il peut être envisagé que les bras 76, 78 de la pièce articulée 75 par rapport à la roue d'échappement mobile 3, 19, 45 soient décalés en hauteur.

[0043] De plus, les première et deuxième dentures 6, 8, 72, 73 doivent s'entendre comme des butées ou des surfaces de contact permettant d'arrêter et de bloquer ladite au moins une cheville 14, 77, 79. A ce titre, les première et seconde dentures 6, 8, 72, 73 peuvent être formées par des goupilles, c'est-à-dire des tiges s'étendant sensiblement parallèlement par rapport à ladite au moins une cheville 14, 77, 79 afin d'entrer en contact avec ladite au moins une cheville 14, 77, 79 selon le fonctionnement expliqué ci-dessus. On comprend donc que les première et/ou deuxième dentures 6, 8, 72, 73 peuvent en quelque sorte être squelettées, c'est-à-dire ne pas être entièrement pleines.

[0044] Ainsi, un cinquième mode de réalisation de système d'échappement 122 selon l'invention est illustré aux figures 15 à 17. Le système d'échappement 122 diffère des précédents modes de réalisation en ce que l'espace entre les dentures est totalement ouvert et, plus généralement, le concept de première et seconde roues fixes n'est plus applicable car seules les surfaces utiles des dentures sont utilisées.

[0045] Afin de mieux expliquer ce cinquième mode de réalisation, les figures 16 et 17 ont été réalisées respectivement selon la coupe XVI-XVI et en enlevant une partie des éléments de la figure 15. Le résonateur 123 du cinquième mode de réalisation est proche du résonateur 23 du troisième mode de réalisation. On retrouve donc le balancier 101 relié à l'arbre 143 au moyen de deux bras 171. L'arbre 143 est monté pivotant entre le pont 144 et un palier 172 solidaire d'un bloc 151 qui incorpore en une seule pièce les dents extérieures 106 et dents intérieures 108.

[0046] Le balancier 101 est associé au spiral 124 comportant plus de spires que le spiral 2 du premier mode de réalisation et dont l'extrémité de la spire intérieure 150 est fixée à l'arbre 143 par exemple au moyen d'une virole. L'extrémité de la spire extérieure 110 est attachée à la cheville 114 fixée à l'extrémité libre 113 de la pièce 111 articulée.

[0047] La pièce 111 est articulée sur le piton 112 porté par la roue d'échappement mobile 103 comme pour les autres modes de réalisation. La roue d'échappement mobile 103 est munie d'une denture 173 en prise avec la roue de secondes 4 également comme pour les autres modes de réalisation et est associée à l'élément interne 140 d'un roulement à billes 141 dont l'élément externe 142 est solidaire du bloc 151 fixées à un point fixe de la pièce d'horlogerie, comme par exemple sa platine.

[0048] Ainsi comme mieux visible à la figure 17, le bloc 151 comporte une première série de dents 106 et une deuxième série de dents 108. Les séries de dents 106, 108 sont distribuées circulairement et coaxialement à la roue d'échappement mobile 103. De plus, la première série de dents 106 est distribuée circulairement dans le même plan et selon un rayon plus faible que celui de la deuxième série de dents 108. On comprend donc que les effets et avantages présentés dans les quatre autres modes de réalisation sont conservés.

[0049] On peut également voir à la figure 17 que la cheville 114 est limitée en débattement radial par une rainure 180 formée dans une plaque 181 s'étendant en porte-à-faux du diamètre interne de la roue d'échappement mobile 103 vers l'arbre 143. On comprend donc que l'amplitude est limitée par la butée entre la cheville 114 et la paroi de la plaque 181 autour de la rainure 180.

[0050] Enfin, afin d'améliorer le blocage des modes de réalisation ci-dessus, un collage magnétique entre lesdites dentures et ladite au moins une cheville peut également être prévu. Par conséquent, à titre d'exemple, ladite au moins

une cheville 14, 77, 79 peut être magnétisée et les dentures 6, 8, 72, 73 ou dents 106, 108 peuvent être en matériau paramagnétique comportant une perméabilité magnétique supérieure à 1,5, ou inversement, ladite au moins une cheville 14, 77, 79 peut être magnétisée et les dentures 6, 8, 72, 73 ou dents 106, 108 peuvent être en matériau paramagnétique comportant une perméabilité magnétique supérieure à 1,5.

[0051] Bien entendu, les modes de réalisation et/ou alternatives et/ou variantes cités ci-dessus sont combinables entre eux suivant les applications nécessaires.

Revendications

1. Pièce d'horlogerie comportant un résonateur (15, 20, 23) formé par un balancier (1) associé à un spiral (2, 24) et coopérant avec un système d'échappement (18, 21, 22) **caractérisée en ce que** le système d'échappement (18, 21, 22) comporte une roue d'échappement mobile (3, 19, 45) disposée coaxialement au balancier (1) et entraînée par le rouage (4) de la pièce d'horlogerie, une première roue fixe (5) présentant une première denture (6) et une seconde roue fixe (7) présentant une seconde denture (8), la première roue fixe (5) étant disposée à l'intérieur de la seconde roue fixe (7) dans le même plan en laissant un espace formant un canal fermé (56), lesdites première et seconde roues fixes (5, 7) étant disposées coaxialement à la roue d'échappement mobile (3, 19, 45) et un dispositif (9) de fixation de l'extrémité extérieure (10) du spiral (2, 24) comportant une pièce (11) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3, 19, 45) et agencée pour assurer, selon l'état d'armage du spiral (2, 24), un déplacement radial de ladite extrémité extérieure (10) entre lesdites première et deuxième dentures (6, 8) pour entretenir le résonateur (15, 20, 23) et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie.
2. Pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la pièce (11) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3, 19, 45) comporte au moins une cheville (14) pour coopérer avec les première et deuxième dentures (6, 8).
3. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'extrémité extérieure (10) du spiral (2) est solidaire d'une extrémité libre (13) de ladite pièce (11) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3, 19, 45).
4. Pièce d'horlogerie selon la revendication 2 ou 3, **caractérisée en ce que** l'extrémité extérieure (10) du spiral (2) est solidaire de ladite au moins une cheville (14).
5. Pièce d'horlogerie comportant un résonateur (26) formé par un balancier (1) associé à un spiral (2) et coopérant avec un système d'échappement (25) **caractérisée en ce que** le système d'échappement (25) comporte une roue d'échappement mobile (3) disposée coaxialement au balancier (1) et entraînée par le rouage de la pièce d'horlogerie, une première roue fixe (70) présentant une première denture (72) et une seconde roue fixe (71) qui, montée au-dessus de la première roue (70), présente une seconde denture (73), la première denture (72) comportant un diamètre interne plus petit que celui de la deuxième denture (73), lesdites première et seconde roues fixes (70, 71) étant disposées coaxialement à la roue d'échappement mobile (3) et un dispositif (74) de fixation de l'extrémité extérieure (10) du spiral (2) comportant une pièce (75) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3) et agencée pour assurer, selon l'état d'armage du spiral (2), un déplacement radial de ladite extrémité extérieure (10) entre lesdites première et deuxième dentures (72, 73) pour entretenir le résonateur (26) et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie.
6. Pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la pièce (75) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3, 19, 45) comporte au moins une cheville (77, 79) pour coopérer avec les première et deuxième dentures (70, 71).
7. Pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la pièce articulée (75) du dispositif (74) de fixation comporte un premier bras (76) à l'extrémité duquel est fixée une première cheville (77) agencée pour coopérer avec la première denture (72), et un second bras (78) à l'extrémité duquel est fixée une seconde cheville (79) agencée pour coopérer avec la seconde denture (73).
8. Pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** les bras (76, 78) de la bascule (75) sont décalés en hauteur.
9. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisée en ce que** l'extrémité extérieure (10) du spiral

(2) est solidaire d'une extrémité libre de la pièce (75) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (3, 19, 45).

10. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisée en ce que** l'extrémité extérieure (10) du spiral (2) est solidaire de ladite au moins une cheville (77, 79).

11. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les première (5, 70) et seconde (7, 71) roues fixes sont faites en une seule pièce.

12. Pièce d'horlogerie comportant un résonateur (123) formé par un balancier (101) associé à un spiral (124) et coopérant avec un système d'échappement (122) **caractérisée en ce que** le système d'échappement (122) comporte une roue d'échappement mobile (103) disposée coaxialement au balancier (101) et entraînée par le rouage de la pièce d'horlogerie, une première série de dents (106) et une deuxième série de dents (108), les séries de dents (106, 108) sont distribuées circulairement et coaxialement à la roue d'échappement mobile (103), la première série de dents (106) étant distribuée circulairement dans le même plan selon un rayon plus faible que celui de la deuxième série de dents (108), et un dispositif (109) de fixation de l'extrémité extérieure (110) du spiral (124) comportant une pièce (111) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (103) et agencée pour assurer, selon l'état d'armage du spiral (124), un déplacement radial de ladite extrémité extérieure (110) entre lesdites première et deuxième séries de dents (106, 108) pour entretenir le résonateur (123) et distribuer son mouvement au rouage de la pièce d'horlogerie.

13. Pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la pièce (111) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (103) comporte au moins une cheville (114) pour coopérer avec les première et deuxième séries de dents (106, 108).

14. Pièce d'horlogerie selon la revendication 12 ou 13, **caractérisée en ce que** l'extrémité extérieure (110) du spiral (124) est solidaire d'une extrémité libre (113) de ladite pièce (111) articulée par rapport à la roue d'échappement mobile (103).

15. Pièce d'horlogerie selon la revendication 13 ou 14, **caractérisée en ce que** l'extrémité extérieure (110) du spiral (124) est solidaire de ladite au moins une cheville (114).

16. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la roue d'échappement mobile (3, 103) est montée mobile par rapport à une partie fixe de la pièce d'horlogerie à l'aide d'un roulement à billes (41, 141).

17. Pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la partie fixe de la pièce d'horlogerie est la platine.

18. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le balancier (1, 101) et l'extrémité intérieure (50, 150) du spiral (2, 24, 124) sont fixés sur un arbre (43, 143) pivotant entre un pont (44, 144) et le centre géométrique de la première denture (6, 72, 106).

19. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisée en ce que** la roue d'échappement mobile (19, 45) est constituée d'une cage (45) enfermant le résonateur (20), le balancier (1) et l'extrémité intérieure (50) du spiral (2) étant fixés sur un arbre (46) pivotant entre les parois (47, 48) de la cage (45), cette dernière pivotant entre un pont (49) et le centre géométrique de la première roue fixe (5).

20. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 2 à 4, 6 à 11 et 13 à 19, **caractérisée en ce que** ladite au moins une cheville (14, 77, 79) est magnétisée et les dentures (6, 8, 72, 73) ou dents (106, 108) sont en matériau paramagnétique comportant une perméabilité magnétique supérieure à 1,5 afin de permettre le collage magnétique entre lesdites dentures et ladite au moins une cheville.

21. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 2 à 4, 6 à 11 et 13 à 19, **caractérisée en ce que** ladite au moins une cheville (14, 77, 79) est en matériau paramagnétique comportant une perméabilité magnétique supérieure à 1,5 et les dentures (6, 8, 72, 73) ou dents (106, 108) sont magnétisées afin de permettre le collage magnétique entre lesdites dentures et ladite au moins une cheville.

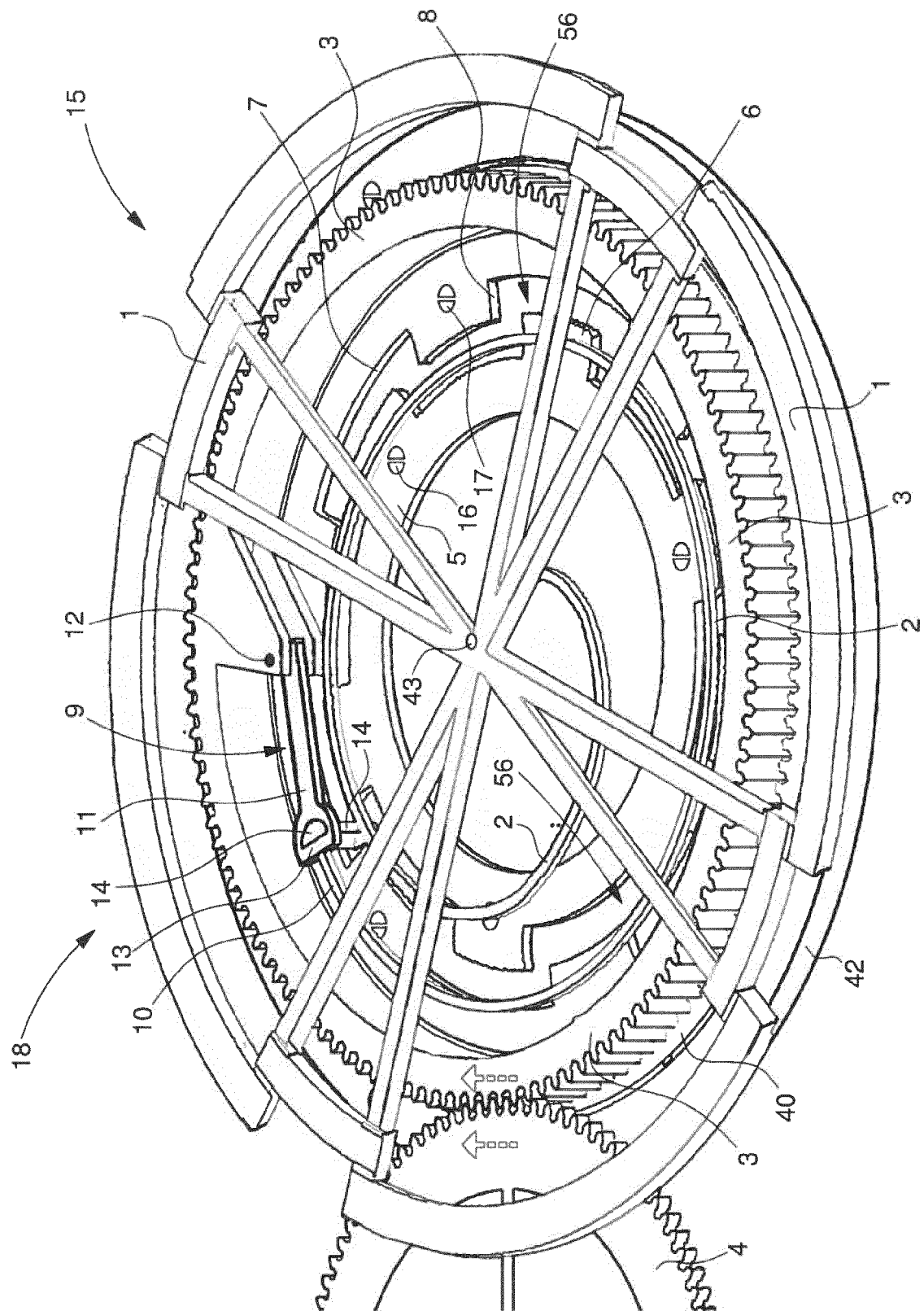


Fig. 1

Fig. 2

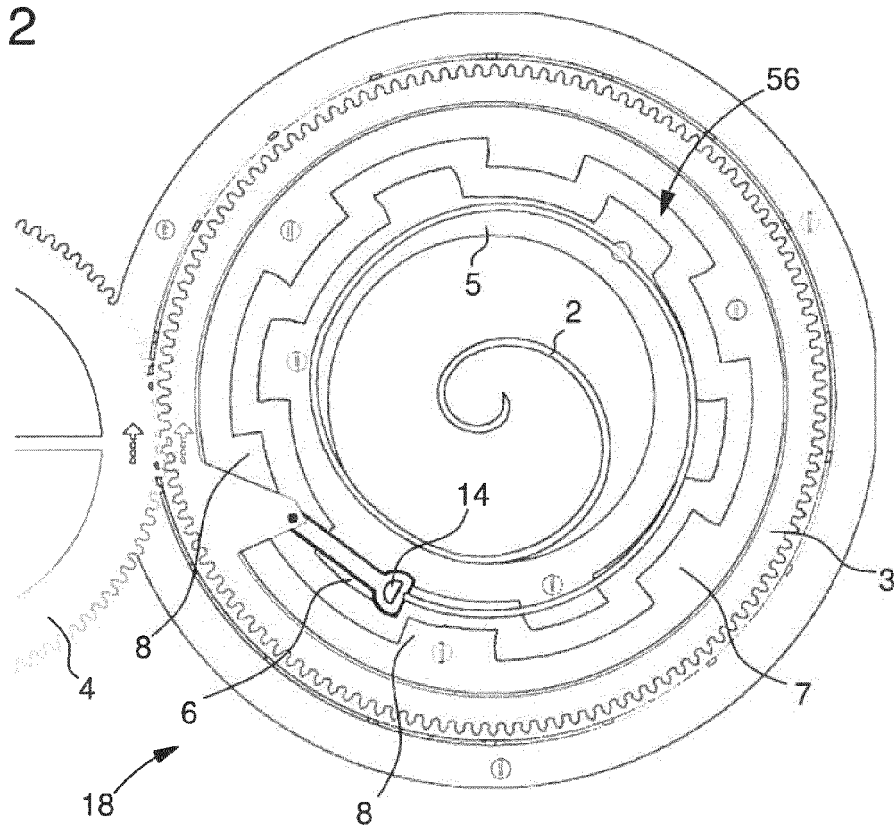


Fig. 3

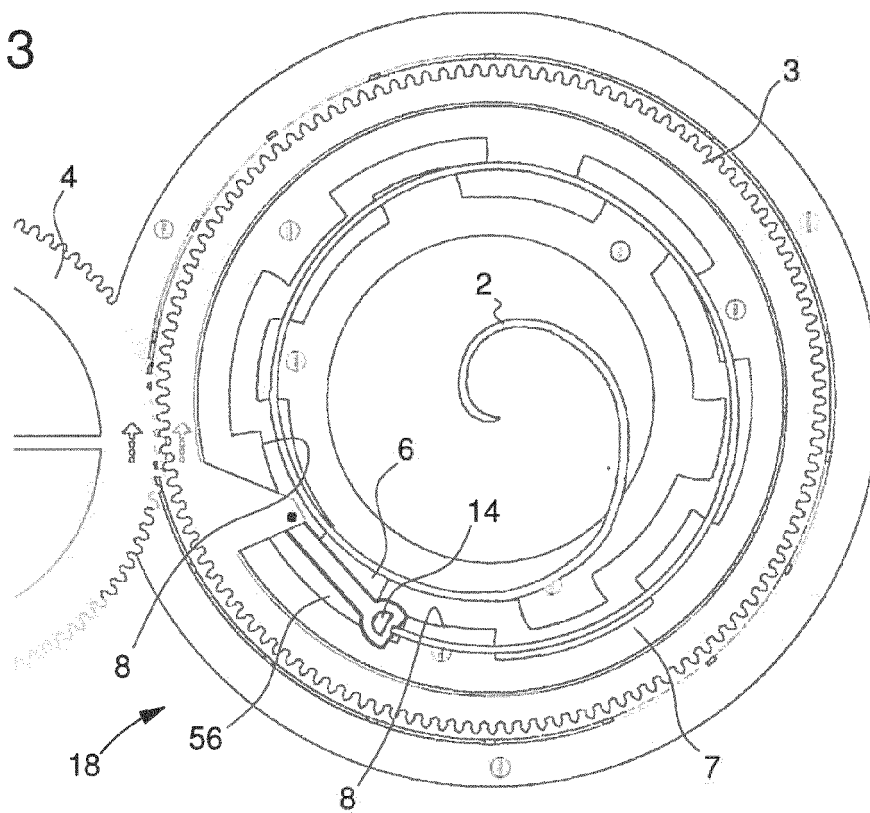


Fig. 4

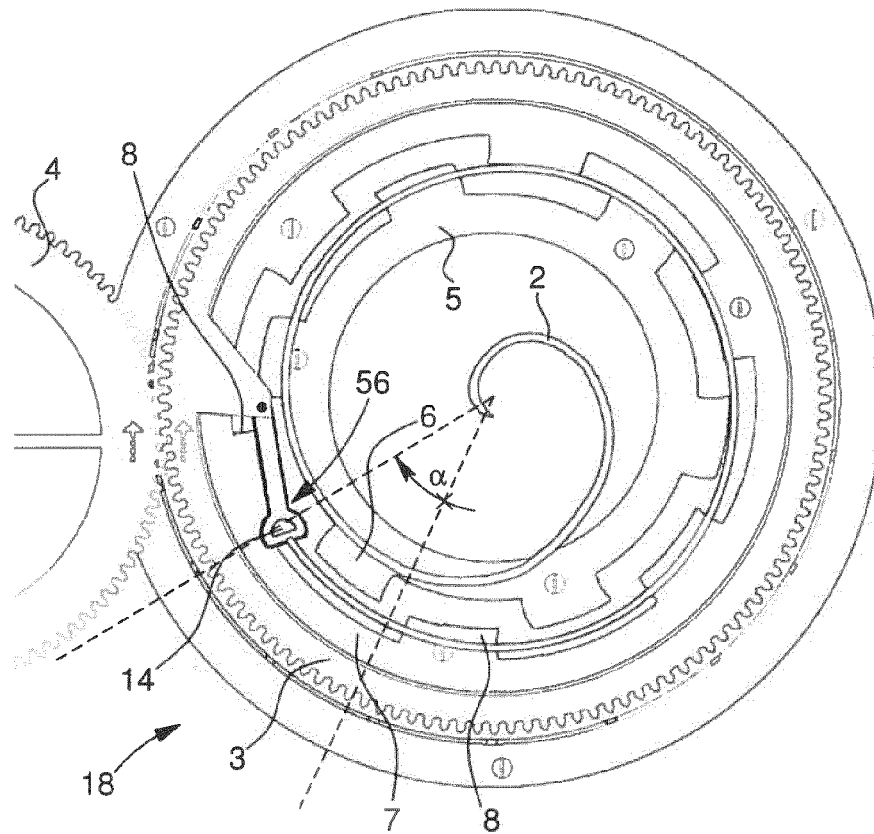


Fig. 5

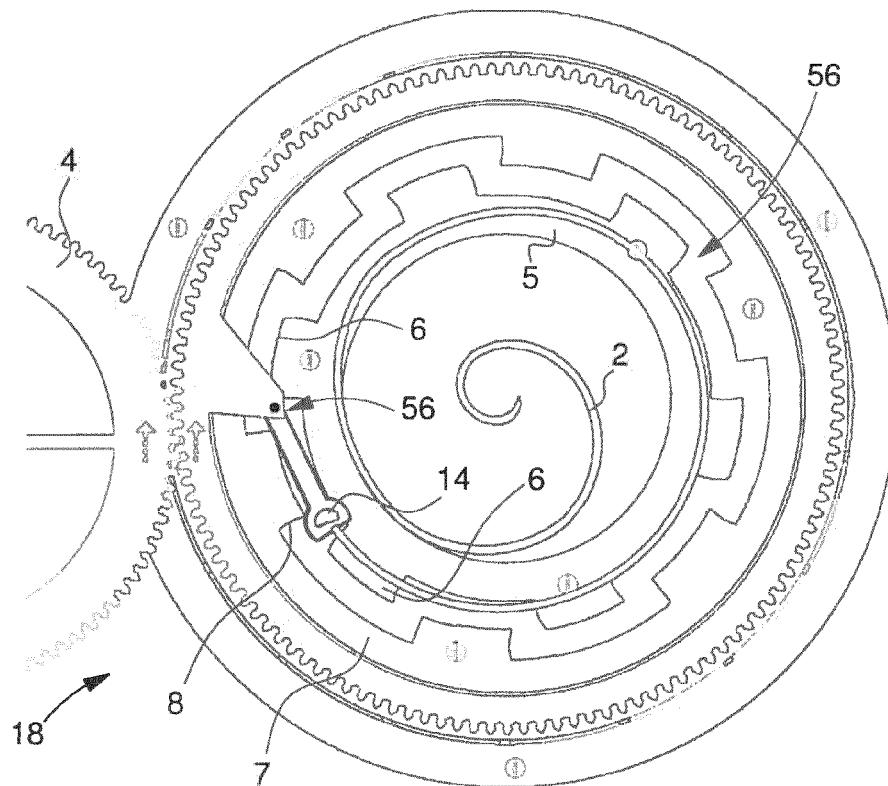


Fig. 6

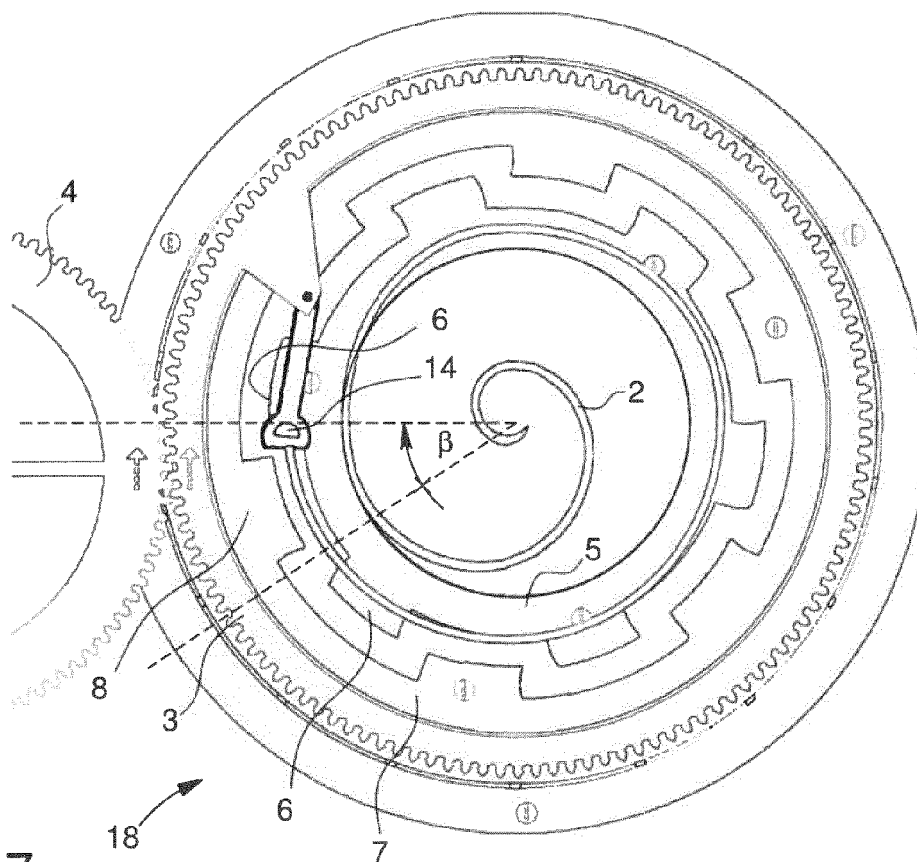
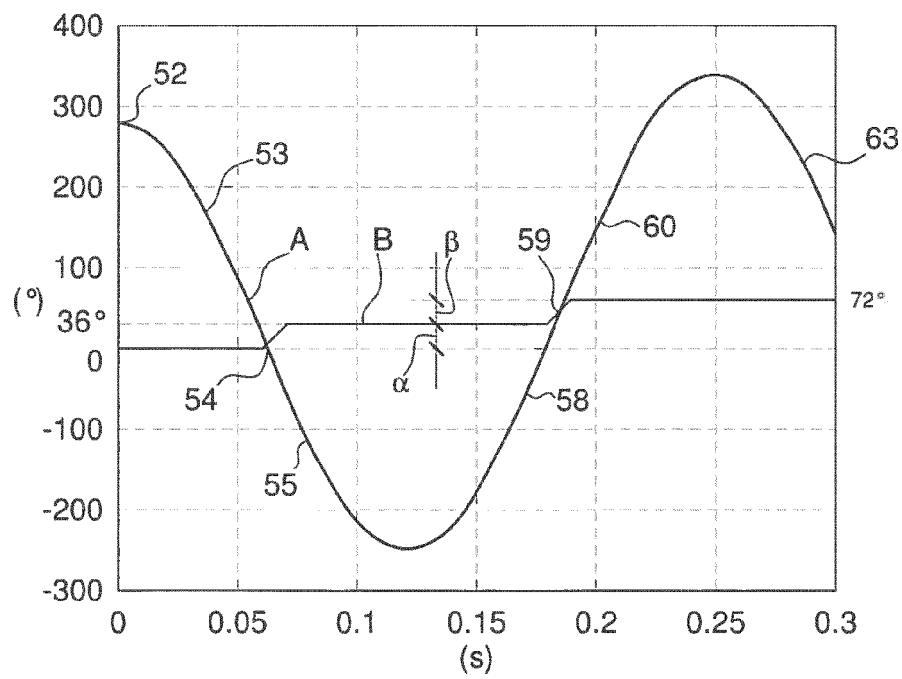


Fig. 7



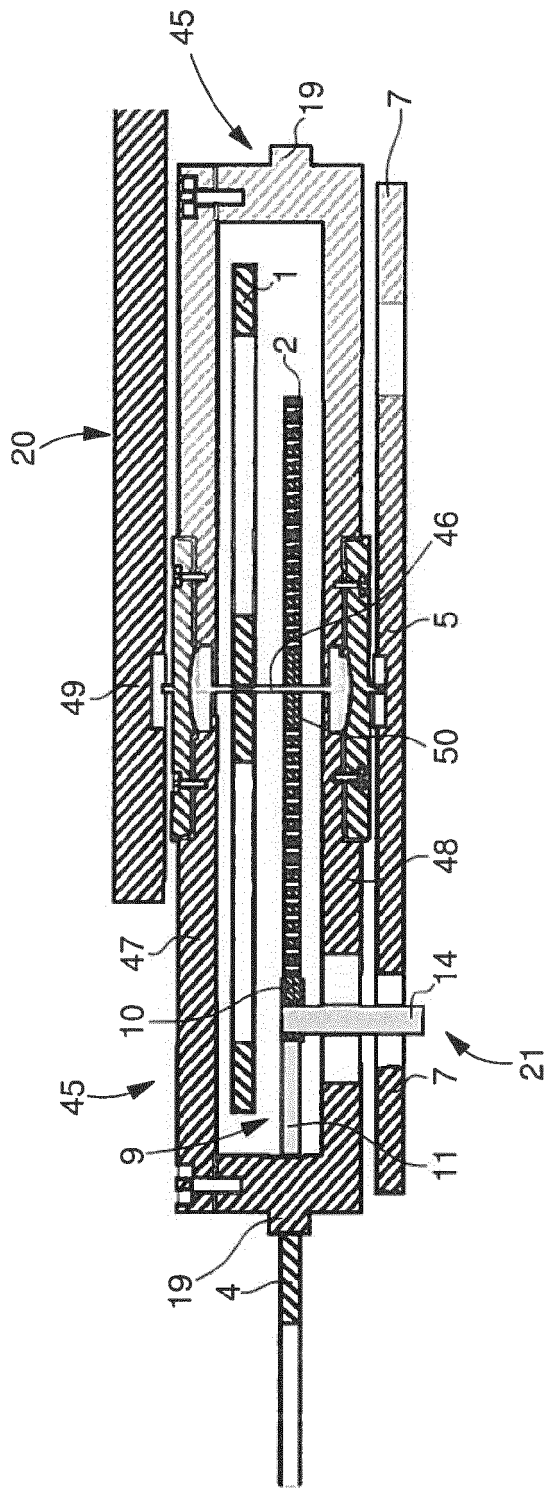


Fig. 10

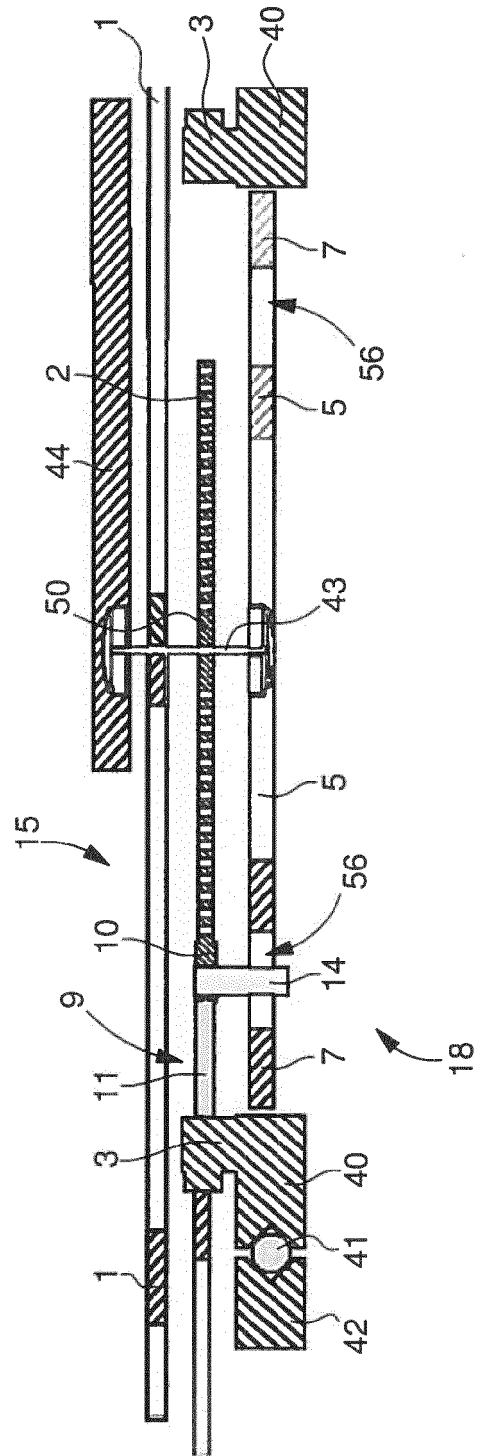


Fig. 9

Fig. 8

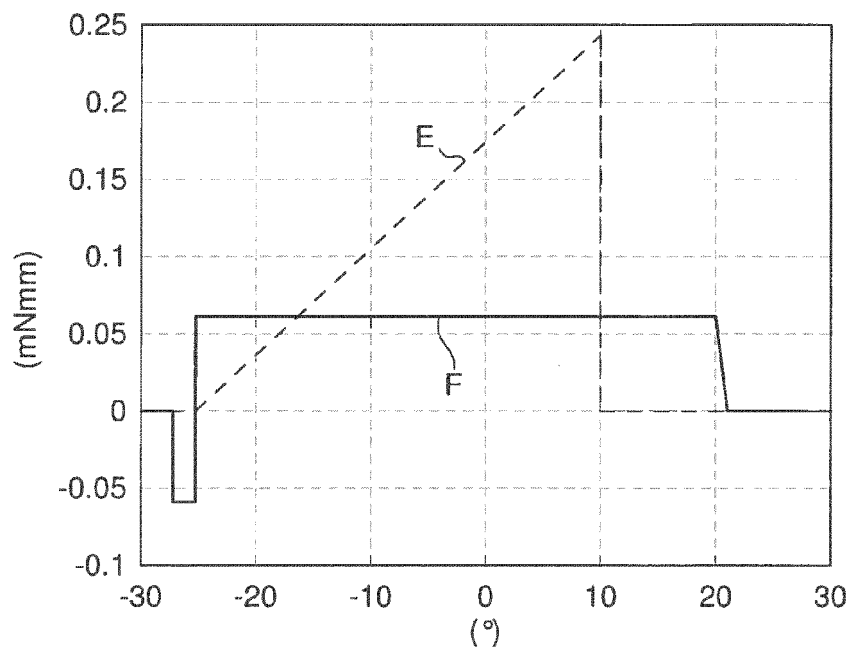


Fig. 14

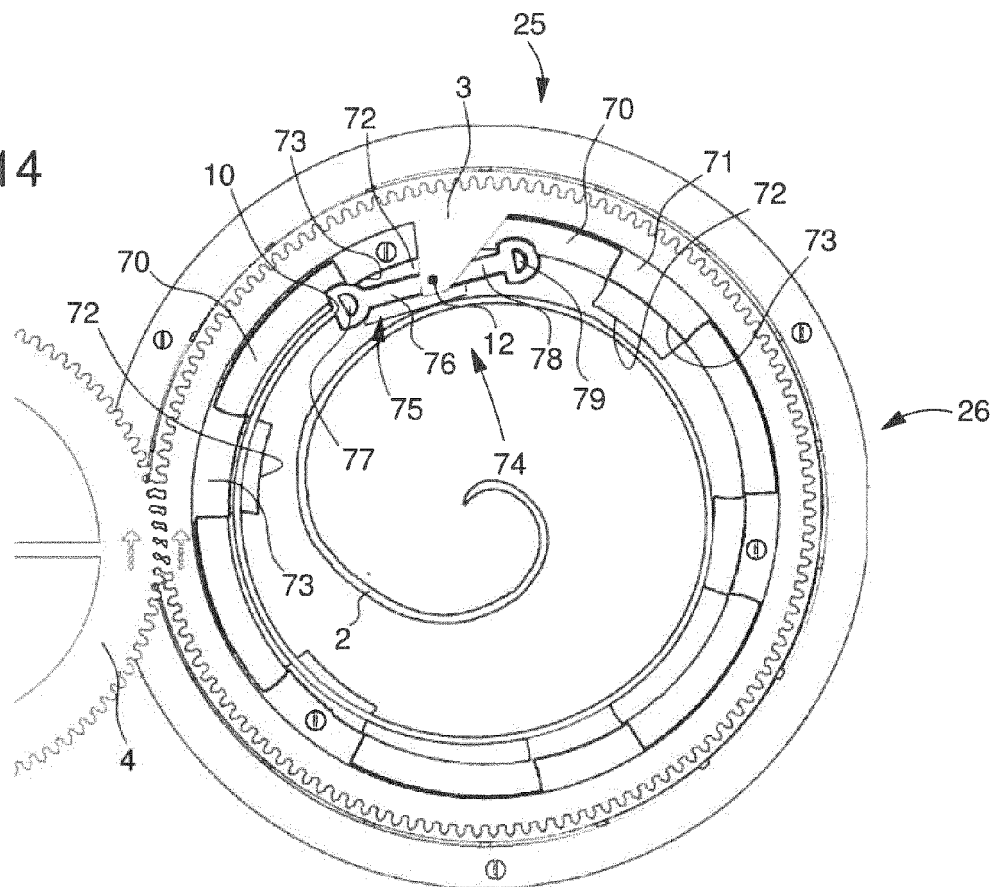


Fig. 11

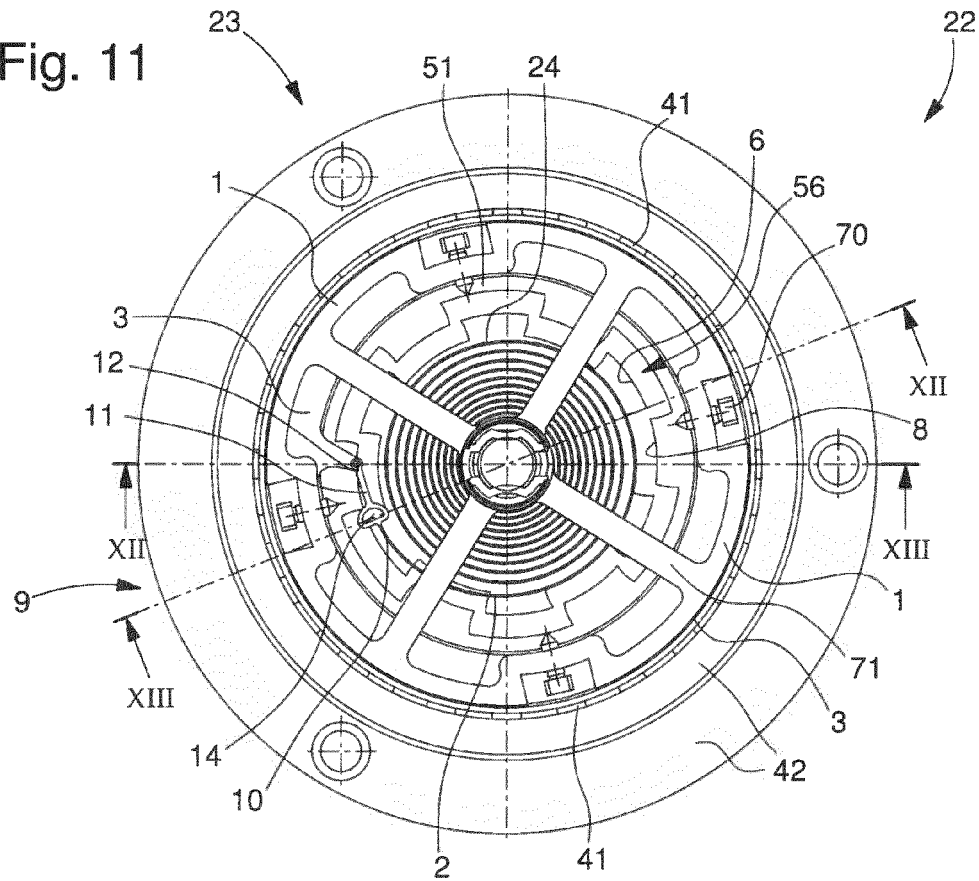


Fig. 12

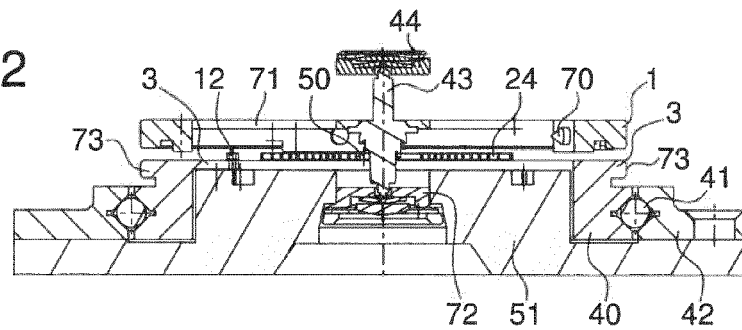


Fig. 13

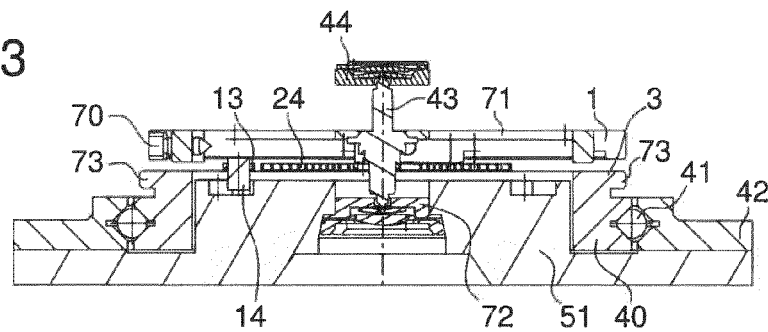


Fig. 15

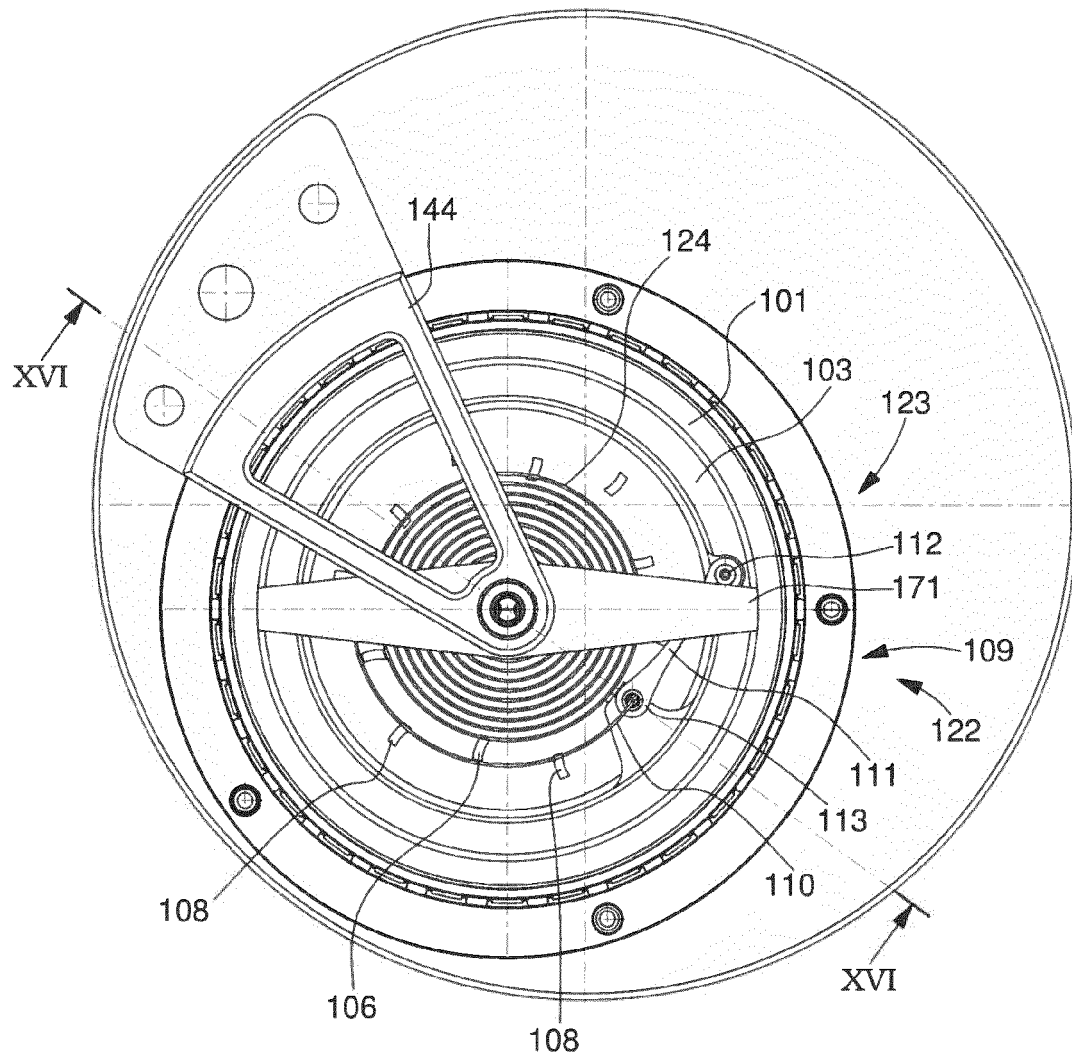


Fig. 16

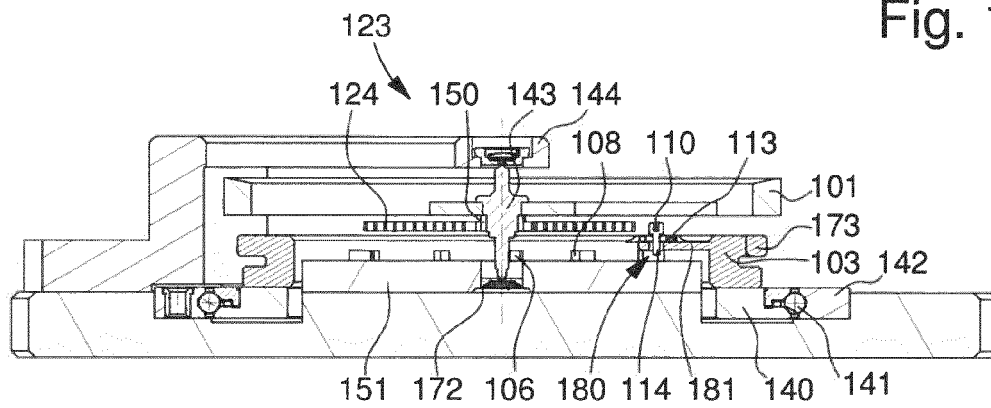


Fig. 17

