



(11) **EP 2 893 403 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
28.08.2019 Bulletin 2019/35

(51) Int Cl.:
G04B 15/08 (2006.01) G04B 15/10 (2006.01)
G04B 15/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13756165.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2013/068130

(22) Date de dépôt: **03.09.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/037319 (13.03.2014 Gazette 2014/11)

(54) **ANCRE FLEXIBLE À FORCE CONSTANTE**
FLEXIBLER ANKER MIT KONSTANTER KRAFT
CONSTANT FORCE FLEXIBLE ANCHOR

(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

(30) Priorité: **07.09.2012 EP 12183559**

(43) Date de publication de la demande:
15.07.2015 Bulletin 2015/29

(73) Titulaire: **Nivarox-FAR S.A.**
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeurs:
• **STRANCZL, Marc**
CH-1260 Nyon (CH)

• **HELPER, Jean-Luc**
CH-2525 Le Landeron (CH)

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

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 105 806 EP-A1- 2 444 860
WO-A1-2011/064682 WO-A1-2011/120180
FR-A1- 2 928 015

EP 2 893 403 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie, comportant au moins une platine porteuse d'une roue d'échappement et d'un balancier coopérant avec une même ancre comportant une tête d'ancre porteuse d'au moins une palette d'entrée ou/et une palette de sortie et agencée pour coopérer avec une roue d'échappement, ladite ancre comportant encore une fourchette agencée pour coopérer avec un balancier.

[0002] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme d'échappement.

[0003] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie, ou/et au moins un tel mécanisme d'échappement.

[0004] L'invention concerne le domaine des mécanismes d'échappement d'horlogerie.

Arrière-plan de l'invention

[0005] La régularité de la marche d'un mécanisme d'échappement est conditionnée par une bonne maîtrise de l'entretien des oscillations et notamment de l'impulsion, dont l'intensité peut être irrégulière dans une montre dont le couple de barillet varie..

[0006] La recherche d'une sécurité optimale de fonctionnement est une préoccupation constante des concepteurs de mouvements horlogers.

[0007] Le document FR 2 928 015 A1 au nom de LE-NOBLE décrit un dispositif d'échappement à ancre à impulsion tangentielle pour montre, comportant une roue d'échappement à dents, une ancre et au moins un balancier-spiral. L'ancre est en deux parties pivotant chacune sur un axe distinct, les deux parties sont articulées entre elles par l'intermédiaire de deux bras de transmission se terminant à leurs extrémités adjacentes par une articulation commune afin de faire tourner les deux parties de l'ancre à la même vitesse mais en sens opposés. Chaque partie de l'ancre comporte une levée de repos et une levée d'impulsion, cette dernière recevant des poussées des dents de la roue d'échappement d'une manière tangentielle. Ce dispositif d'échappement comporte deux balanciers-spirals à axes de rotation oscillatoire distincts, et chaque partie de l'ancre comporte une fourchette pouvant venir en prise d'entraînement sur une ellipse du balancier-spiral correspondant.

[0008] Le document WO2011/064682 A1 au nom de FERRARA concerne une ancre en deux parties articulées entre elles, l'articulation comportant une came excentrique solidaire de la partie de l'ancre porteuse des cornes et du dard, et coopérant avec une fourche solidaire de la partie de l'ancre porteuse des palettes.

[0009] Le document EP 2 444 860 A1 au nom de AUDEMARS PIGUET RENAUD ET PAPI décrit une ancre qui comporte deux parties pivotant chacune autour

d'un axe, et sont articulées l'une à l'autre, le pivotement d'une des parties entraînant le pivotement de l'autre avec une amplitude de valeur supérieure.

[0010] Le document EP 2 105 806 au nom de GIRARD PERREGAUX décrit un mécanisme d'échappement agencé pour transmettre des impulsions d'une source motrice à un régulateur oscillant tel qu'un balancier-spiral, par l'intermédiaire d'un ressort-lame qui travaille en flambage autour d'un point d'inflexion. Ce ressort-lame est susceptible d'accumuler l'énergie de la source motrice entre deux impulsions, et de la transmettre au régulateur oscillant à chaque impulsion par l'intermédiaire d'une première et d'une deuxième bascules. Pour optimiser le réglage de la tension du ressort-lame, celui-ci est monté sur un châssis qui est déformable symétriquement par rapport à un premier axe passant par les axes de rotation du régulateur, des première et deuxième bascules, et par le point d'inflexion, ainsi que par rapport à un deuxième axe perpendiculaire au premier axe et passant par les extrémités du ressort-lame.

Résumé de l'invention

[0011] L'invention se propose, d'une part de réguler l'intensité de l'impulsion appliquée au balancier, et d'autre part de réduire les inerties en mouvement pendant l'oscillation.

[0012] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie selon la revendication 1.

[0013] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme d'échappement.

[0014] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie, ou/et au moins un tel mécanisme d'échappement.

Description sommaire des dessins

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée et en vue de dessus un mécanisme d'échappement comportant, entre une roue d'échappement et un balancier classiques, une ancre flexible selon l'invention avec une tête et une fourchette pivotantes et reliées par une lame flexible bistable précontrainte ; ce mécanisme est représenté dans le premier temps d'un cycle d'échappement ;
- les figures 2 à 17 représentent, de façon analogue à la figure 1, les temps successifs de ce cycle ;
- la figure 18 représente, de façon schématisée, un diagramme tridimensionnel représentatif de l'énergie dans la lame flexible bistable ;
- la figure 19 est une projection sur le plan de base du diagramme de la figure 18, sur laquelle un rectangle

- délimite les variations d'énergie dans la lame flexible bistable pendant le cycle d'échappement ;
- la figure 20 représente le même rectangle, surchargé des positions d'énergie correspondant aux temps T1 à T17 des figures 1 à 17 ;
- les figures 21 et 22 sont des diagrammes-blocs explicatifs des mécanismes à force constante, comportant une ancre flexible en figure 21, une ancre bistable en figure 22 ;
- les figures 23 et 24 sont des illustrations schématiques de deux configurations particulières d'axes de pivotement par rapport à une platine porteuse du mécanisme d'échappement : en figure 23 un premier axe et un deuxième axe de pivotement en positions fixes par rapport à la platine, et en figure 24 le deuxième axe en position mobile, ici en translation, et conjugué avec un moyen de rappel élastique ;
- les figures 25 à 27 représentent, de façon schématisée, des exécutions particulières d'ancre que comporte l'invention, où seule la tête d'ancre pivote autour d'un axe, la fourchette d'ancre étant montée à une extrémité d'une lame flexible bistable et limitée dans sa course de façon à pré-contraindre cette dernière ;
- les figures 28 et 29 regroupent différents modèles de pivots utilisables notamment pour les variantes des figures 23 et 24 : pivot classique seul, pivot flexible seul, en figure 28, et combinaison d'un pivot classique et d'un guidage d'une certaine rigidité, combinaison d'un pivot flexible et d'un guidage d'une certaine rigidité en figure 29 ;
- les figures 30 et 31 représentent, en perspective et en plan, une variante de l'invention, avec deux lames bistables chacune comportant une extrémité fixée à une platine non représentée, la tête et la fourchette, qui sont partiellement superposées et qui pivotent autour d'un même axe géométrique de pivotement, étant reliées par un ressort de rappel ;
- les figures 32 et 33 illustrent des variantes d'ancres à interaction répulsive, chacune avec un ressort, respectivement droit ou en S, précontraint entre la tête et la fourchette de l'ancre ;
- la figure 34 illustre une variante de palette de tête d'ancre ;
- la figure 35 illustre, en coupe, différentes variantes d'aménagement de la platine recevant l'ancre selon l'invention ;
- la figure 36 illustre une configuration où la fourchette est mobile en dehors de l'alignement roue d'échappement-balancier ;
- la figure 37 illustre une autre forme d'ancre à deux lames flexibles bistables ;
- la figure 38 illustre deux variantes d'encastrement de la lame flexible bistable dans la tête et la fourchette d'ancre ;
- la figure 39 illustre une tête à pivot virtuel, incorporée à une ancre selon l'invention,

- la figure 40 illustre sous forme d'un schéma-blocs une pièce d'horlogerie comportant un mouvement équipé d'un échappement avec une ancre selon l'invention ;
- la figure 41 illustre une configuration où les deux extrémités de la lame flexible pivotent chacune au niveau d'un logement lequel est soumis à un effort de rappel mettant cette lame flexible sous précontrainte en flambage.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0016] L'invention concerne le domaine des mécanismes d'échappement d'horlogerie.

[0017] Pour améliorer la régularité de la marche, l'invention s'attache à une bonne maîtrise de l'impulsion.

[0018] Un mécanisme à force constante permet de garantir la reproductibilité dans le temps.

[0019] En particulier, l'emploi d'un élément bistable, intercalé entre roue d'échappement et balancier, permet de restituer de l'énergie à ce dernier, avec une intensité régulière, qui ne dépend que des caractéristiques intrinsèques de cet élément bistable, et non du couple du barillet, transmis par la roue d'échappement. Selon l'invention, cet élément bistable est constitué par une ancre de constitution particulière.

[0020] La figure 21 montre le principe d'un mécanisme à force constante, avec un transfert d'énergie depuis un barillet 80, au travers d'un rouage 81, d'une roue d'échappement 20, d'une ancre 1, vers un balancier 30. Ce mécanisme comporte une ancre flexible en figure 21. La figure 22 illustre la configuration d'une ancre bistable. L'invention se propose de combiner ces deux architectures de mécanismes afin d'atteindre une régularité maximale, avec une haute sécurité, et un nombre réduit de composants, ainsi qu'un dégagement sans recul.

[0021] A cet effet, l'invention comporte une ancre 1 d'échappement d'horlogerie, comportant une tête d'ancre 2, porteuse d'au moins une palette d'entrée 3 ou/et une palette de sortie 4, et agencée pour coopérer avec une roue d'échappement 20. L'ancre 1 comporte encore une fourchette 6 agencée pour coopérer avec un balancier 30. La position angulaire de la fourchette 6 par rapport à la tête 2 est variable.

[0022] Selon l'invention, on crée une interaction répulsive entre la tête 2 et la fourchette 6.

[0023] Il s'agit de transférer de l'énergie, de façon discontinue, de la roue d'échappement au balancier, en passant par l'ancre, qui sert de tampon d'énergie. Un but de l'invention est de minimiser les mouvements des composants mécaniques. La libération d'énergie depuis l'ancre vers le balancier est étudiée pour se faire sous forme d'une impulsion. Aussi, l'ancre comporte des moyens de stockage et de libération d'énergie, selon les positions respectives de ses composants mobiles, ici la tête 2 et la fourchette 6. Notons que des étages intermédiaires pourraient être rajoutés entre la tête et la fourchette, sans s'éloigner de l'invention. La réalisation préférée avec une

tête et une fourchette a l'avantage de minimiser le nombre de composants, d'autant plus qu'il est possible d'en faire une réalisation monobloc.

[0024] La présente description concerne une réalisation préférée où l'interaction répulsive est réalisée de façon mécanique, avec une précontrainte d'un élément mécanique, et plus particulièrement au travers d'une lame bistable. D'autres réalisations sont possibles: comme celle des figures 32 et 33, où chaque ancre comporte un ressort, respectivement droit 112 ou en S 113, précontraint entre la tête 2 et la fourchette 6. Ce ressort 112 ou 113 repousse les deux moitiés de l'ancre, et est libre de tourner autour de ses extrémités, la figure 32 comporte en trait interrompu le bras de levier de la force, qui s'exerce selon la direction du ressort 112, agissant sur la fourchette 6. Dans d'autres réalisations non illustrées, la répulsion n'est pas de nature mécanique, mais de nature magnétique ou/et électrostatique entre une tête et une fourchette 6 de préférence montées pivotantes autour de deux axes de pivotement 5 et 9.

[0025] La tête 2 et la fourchette 6 suivent de préférence des axes de mouvement, qui sont illustrés ici avec une réalisation particulière où ce sont des axes de pivotement. En effet, les mouvements de la tête 2 et de la fourchette 6 sont indépendants, et peuvent en théorie suivre des cinématiques quelconques, tant que compatibles avec le transfert d'énergie entre la roue d'échappement et le balancier.

[0026] Sauf mention particulière, la suite de la présente description concerne une réalisation préférée de l'invention, illustrée par les figures 1 à 20, où l'ancre 1 a un comportement bistable, et comporte au moins un élément bistable, de préférence au moins une lame flexible 10. Une lame flexible est d'une réalisation simple, on peut donner d'autres formes à l'élément bistable sans s'éloigner de l'invention.

[0027] L'invention concerne un mécanisme d'échappement 100 d'horlogerie, comportant au moins une platine 40 porteuse d'une roue d'échappement 20 et d'un balancier 30 coopérant avec une même telle ancre 1.

[0028] Selon l'invention, la tête 2 et ladite fourchette 6 sont assemblées, directement ou indirectement, à la platine 40 de façon à ce que la au moins une lame flexible 10 soit montée en précontrainte en flambage entre la tête 2 à une première extrémité 101 et la fourchette 6 à une deuxième extrémité 102, cette ancre 1 constituant un système bistable comportant au moins deux états stables et deux états métastables. Ces deux extrémités 101, 102, sont:

- ou bien libres en pivotement chacune dans un logement 1010, 1020, lequel logement est libre ou fixe par rapport à la platine 40;
- ou bien en encastrement chacune dans un logement 1010, 1020, lequel est libre par rapport à la platine 40, et alors au moins un de ces logements 1010, 1020, étant soumis à un effort de rappel en direction de l'autre logement respectivement 1020, 1010 ;

- ou bien en encastrement chacune dans un logement 1010, 1020, l'un de ces logements 1010, 1020 étant libre par rapport à la platine 40, et l'autre logement 1020, 1010 étant alors fixe par rapport à la platine 40, celui des logements qui est libre étant rappelé vers l'autre par des moyens de rappel élastique 401, 402.

[0029] La figure 41 illustre une configuration particulière où les deux extrémités 101, 102, de la lame flexible 10 pivotent chacune au niveau d'un logement 1010, 1020, ici en forme de vé, porté respectivement par la tête 2 et la fourchette 6. La tête 2 comporte un tourillon 71 qui est en appui sur un bras ressort 401, fixé à la platine 4 par des fixations 411, ce ressort tend à pousser la tête 2 vers la fourchette 6 ; de la même façon, la fourchette 6 comporte un tourillon 72 qui est en appui sur un bras ressort 402, fixé à la platine 4 par des fixations 412, ce ressort tend à pousser la fourchette 6 vers la tête 6.

[0030] Ainsi, au moins un des deux logements 1010, 1020, et les deux dans l'exemple particulier de la figure 41, est soumis, directement ou indirectement (en l'occurrence par l'intermédiaire de la tête 2 ou de la fourchette 6 dans le cas de la figure 41) à un effort de rappel mettant la lame flexible 10 sous précontrainte en flambage.

[0031] Pour la clarté de l'exposé, l'invention est décrite ici dans le cas particulier d'une lame flexible 10 unique, montée bistable, sur les figures 1 à 20. Les figures 30 et 31 illustrent un exemple à deux lames flexibles, d'autres agencements sont naturellement possibles.

[0032] La seule liaison mécanique permanente directe entre la tête 2 et la fourchette 6 est ici assurée par au moins une lame 10 flexible, c'est-à-dire par une seule lame 10 flexible, ou par une pluralité de telles lames flexibles 10 montées de façon similaire en précontrainte en flambage.

[0033] Pour que l'ancre 1 se comporte comme un élément bistable, cette lame 10 est précontrainte dans la position de service de l'ancre 1. Comme on le verra dans la suite de l'exposé, cette précontrainte peut être réalisée :

- par déplacement
- par application d'une force ou d'un couple
- par fabrication.

[0034] La lame flexible 10 travaille en flambage. La précontrainte est réglable dans le cas de l'application d'une force ou d'un couple.

[0035] De ce fait, dans un mode avantageux de réalisation de l'invention illustré par les figures, la lame 10 présente à l'état libre une géométrie différente des formes qu'elle peut prendre quand l'ancre 1 est incorporée à un mécanisme d'échappement 100 et fixée sur une platine 40.

[0036] L'ancre 1 comporte, pour sa fixation à une platine 40, des premiers moyens de fixation ou/et de guidage portés par la tête 2, et des deuxièmes moyens de fixation

ou/et de guidage portés par la fourchette 6. Chacun des deux composants principaux, tête 2 et fourchette 6, peut avoir des liaisons mécaniques de type classique, telle que guidage en pivotement ou en translation, ou bien comporter un ou plusieurs points d'ancrage fixe par rapport à la platine 40 et comporter des parties flexibles qui lui donnent une mobilité par rapport à cette platine, en pivotement ou/et en translation, tel que décrit dans la demande PCT/EP2011/061244 ou dans la demande EP 2 455 821 du même déposant, dans une configuration qu'on qualifiera dans la suite du présent exposé de « pivot virtuel ».

[0037] Dans une réalisation particulière représentée sur les figures 1 à 20 et 30 et 31, la tête d'ancre 2 est mobile par rapport à un premier axe de pivotement 5 ou pivote autour de ce premier axe 5, et la fourchette 6 est mobile par rapport à un deuxième axe de pivotement 9 ou pivote autour de ce deuxième axe 9. Sur les figures 1 à 20, le deuxième axe 9 est distinct du premier axe 5.

[0038] La réalisation particulière des figures 1 à 20 n'est pas limitative, et concerne un cas particulier où la tête 2 est montée pivotante autour d'un premier axe de pivotement 5. Dans cette même variante particulière, la fourchette 6 est montée pivotante autour d'un deuxième axe de pivotement 9 du premier axe 5. Dans une exécution, telle qu'illustrée où la tête 2 et la fourchette 6 sont sensiblement coplanaires, ces axes 5 et 9 sont de préférence distincts. D'autres exécutions sont possibles, comme sur les figures 30 et 31 qui montrent une variante étagée, où les axes 5 et 9 sont géométriquement confondus : l'ancre 1 comporte alors deux lames bistables 10S et 10J, chacune comportant une première extrémité 10ES, 10EJ, fixée à une platine non représentée, et une deuxième extrémité 103S, 103J encastrée dans respectivement la fourchette 6 et la tête 2. La tête 2 et la fourchette 6 sont partiellement superposées et pivotent autour d'un même axe géométrique de pivotement P, sont reliées par un ressort de rappel 104 en forme de boucle, accroché en 104S dans la fourchette 6 et en 104J dans la tête 2. Ce ressort 104, qui fait office de ressort tampon, a un couple supérieur à celui du bistable.

[0039] La figure 37 illustre une autre forme d'ancre à deux lames flexibles bistables coplanaires avec la tête 2 et la fourchette 6.

[0040] D'autres variantes encore sont réalisables, par exemple avec un mouvement oscillant sensiblement linéaire de la tête 2 par rapport à la droite des centres entre la roue d'échappement 20 et le balancier 30, et un mouvement de pivotement de la fourchette 6 autour d'un axe 9.

[0041] Dans une réalisation particulière également illustrée par les figures, la fourchette 6, porte un dard 7 à fonction anti-chocs pour coopérer avec une encoche 34 d'un plateau 31 du balancier 30, et au moins une corne 8, ici deux cornes 8, pour coopérer avec une cheville 35 de ce balancier 30 pour la fonction d'impulsion.

[0042] L'ancre 1 est articulée, c'est-à-dire que la tête 2 et la fourchette 6 sont mobiles l'une par rapport à l'autre

et reliées indirectement l'une à l'autre par au moins un composant intermédiaire, ici une lame flexible 10, assurant leur mobilité relative de mouvement.

[0043] Cet élément bistable est de préférence sous forme d'une poutre encastrée. Dans une exécution particulière illustrée par les figures cette poutre est encastrée à ses deux extrémités; la distance entre les deux extrémités est inférieure à la longueur de poutre au repos, ce qui permet d'avoir deux positions stables, et au moins une position métastable. Le calcul de l'énergie emmagasinée dans l'élément bistable peut être effectué en fonction des angles que prend, à ses deux extrémités, la lame bistable 10 ; ou, dans le cas de plusieurs lames bistables, des angles que chacune d'elles présente, à chacune de ses extrémités, avec un des composants de l'ancre 1, tête 2 ou fourchette 6, ou platine 40, ou autre composant intermédiaire selon le cas. La combinaison de plusieurs lames peut permettre d'obtenir davantage d'états stables, par exemple trois états stables en combinant deux lames.

[0044] Les extrémités de cette poutre peuvent être, en particulier, chacune, encastrée :

- ou bien au niveau d'un axe qui pivote librement ;
- ou bien dans la platine pour former un pivot flexible.

[0045] Cet au moins un élément bistable ou lame flexible bistable 10 est monté précontraint en flambage entre la tête 2 et la fourchette 6. Et de préférence la seule liaison mécanique permanente directe entre la tête 2 et la fourchette 6, c'est-à-dire hormis leurs pivots ou leurs fixations à une platine 40 ou similaire, est assurée par cette au moins une lame bistable 10.

[0046] Dans la version illustrée, la lame flexible 10 comporte une première extrémité 11 solidaire angulairement de la tête 2 et disposée à proximité immédiate du premier axe 5, et une deuxième extrémité 12 solidaire angulairement de la fourchette 6 et disposée à proximité immédiate du deuxième axe 9.

[0047] On comprend ici que le premier axe 5 et le deuxième axe 9 sont ici des axes géométriques autour desquels s'exécute le pivotement de la tête 2 et de la fourchette 6. Ces axes ne correspondent pas nécessairement à des pivots physiques classiques, ils peuvent aussi correspondre à des pivots flexibles ou à des pivots virtuels.

[0048] Dans la version particulière analogue à une ancre suisse, illustrée par les figures, mais nullement limitative, cette ancre 1 porte une palette d'entrée 3 et une palette de sortie 4. Dans une variante particulière, la palette d'entrée 3 ou/et la palette de sortie 4 comporte une extrémité saillante 13, en forme de languette visible sur la figure 34, à l'opposé du premier axe 5 et comportant une surface plane 14 apte à recevoir en appui une pointe 22 d'une dent 21 d'une roue d'échappement 20, tel que visible sur la figure 34.

[0049] Dans une réalisation préférée, l'ancre 1 d'échappement d'horlogerie, comporte une tête d'ancre

2 porteuse d'au moins une palette d'entrée 3 ou/et une palette de sortie 4 et agencée pour coopérer avec une roue d'échappement 20, et comporte encore une fourchette 6 agencée pour coopérer avec un balancier 30. La position angulaire de la fourchette 6 par rapport à la tête 2 est variable, et la seule liaison mécanique permanente directe entre la tête 2 et la fourchette 6 est assurée par au moins une lame 10 flexible.

[0050] Selon l'invention, le débattement angulaire en pivotement de la tête 2 et celui de la fourchette 6 sont limités l'un par rapport à l'autre par des butées, et la tête 2 comporte au moins un premier bras 15 comportant une première surface d'appui et de butée 16 agencée pour coopérer, en butée ou en appui, dans certaines positions relatives de la tête 2 et de la fourchette 6, avec une deuxième surface d'appui et de butée 18 que comporte au moins un deuxième bras 17 que comporte la fourchette 6.

[0051] Le terme de « bras » 15 ou 17 n'est pas à prendre dans un sens limitatif, même si dans la réalisation illustrée par les figures ce composant adopte une forme allongée, ce bras 15 ou 17 peut prendre toute forme compatible avec la cinématique de l'ancre.

[0052] De façon avantageuse, le débattement, notamment le débattement angulaire en pivotement dans le cas des figures 1 à 20, de la tête 2 et celui de la fourchette 6 sont ainsi limités l'un par rapport à l'autre par des butées.

[0053] Dans une réalisation particulière et préférée, la tête 2 comporte au moins un premier bras 15 comportant une première surface d'appui et de butée 16 agencée pour coopérer, en butée ou en appui, dans certaines positions relatives de la tête 2 et de la fourchette 6, avec une deuxième surface d'appui et de butée 18 que comporte au moins un deuxième bras 17 que comporte la fourchette 6.

[0054] Ces bras 15 et 17 permettent un bon dégagement des palettes à l'impulsion, toute en stoppant de manière robuste la roue d'échappement à la fin de l'armage de l'élément bistable.

[0055] Dans la variante illustrée, la tête 2 comporte deux premiers bras 15A, 15B, avec des premières surfaces 16A, 16B, coopérant avec des deuxièmes surfaces 18A, 18B, de deuxièmes bras 17A, 17B, de la fourchette 6.

[0056] Dans une version particulière et avantageuse, l'ancre 1 est réalisée de façon monobloc avec cette au moins une lame flexible 10 ou l'élément bistable: la tête 2, la lame 10 et la fourchette 6 sont un composant unique.

[0057] Notamment dans cette version, l'ancre 1 est avantageusement réalisée en silicium ou oxyde de silicium ou en verre métallique ou en nickel-phosphore-« LIGA » (notamment obtenu par un procédé « LIGA »). En effet, la précontrainte de l'élément bistable ou de la lame bistable 10, est très faible, en particulier voisine de 5 micromètres, et son réglage est possible, mais délicat, en cas de fabrication de composants assemblés les uns aux autres.

[0058] En appliquant à une lame en ressort plat en NiP fabriqué selon un procédé « LIGA » et de dimensions 2,1 x 0,10 x 0,02 mm, une précontrainte de 8 μm entre ses extrémités, avec des plages d'angles de travail des deux extrémités de -7° à $+7^\circ$ (définies par les butées), l'écart d'énergie, entre des positions ondulées (avec un niveau de contraintes maximales voisin de 400 MPa) et des positions en arc simple, concave ou convexe, correspond à un passage entre des cols d'énergie à 0,5 μJ et des puits d'énergie à 0,13 μJ , soit une différence de 0,37 μJ , ce qui est comparable à l'énergie disponible à la roue d'échappement du calibre ETA 2824-2 à chaque alternance. Ce dimensionnement est donc suffisant pour fournir une impulsion d'intensité normale.

[0059] Dans une autre exécution particulière, l'ancre 1 comporte un premier pivot flexible 61 ou/et un deuxième pivot flexible 62 constituant un guidage flexible au niveau respectivement du premier axe 5 ou/et du deuxième axe 9.

[0060] Dans une réalisation particulière, l'ancre 1 comporte un premier pivot flexible 61 ou virtuel et un deuxième pivot flexible 62 ou virtuel aux deux extrémités 101, 102 de la au moins une lame flexible 10, constituant chacun un guidage flexible au niveau respectivement du premier axe 5 et du deuxième axe 9.

[0061] Ce premier pivot flexible 61 ou/et ce deuxième pivot flexible 62 peut, encore, être un pivot virtuel. Par exemple, la figure 39 donne un exemple de tête 2, reliée à la platine 40 par deux lames 2S et 2J, et dont le premier pivot flexible est confondu avec l'axe de pivotement 23 de la roue d'échappement 20.

[0062] La figure 18 montre un diagramme de répartition d'énergie dans la lame flexible 10 ou l'élément bistable : en X et Y sont représentés les angles que font chacune des deux extrémités 101, 102, de la lame 10 avec leurs points d'attache ou d'encastrement respectifs 11, 12, sur la tête d'ancre 2 et sur la fourchette 6.

[0063] En Z est représenté un niveau d'énergie, gradué arbitrairement de 0 à 8. La figure 19 montre la projection sur le plan XOY de cette nappe de répartition d'énergie, avec les courbes de niveau d'énergie correspondantes.

[0064] Cette répartition d'énergie est en forme de selle de cheval, symétrique par rapport à un plan vertical PS orienté selon la bissectrice des axes OX et OY. Une dorsale D de très haut niveau d'énergie (6 à 8) s'étend, dans ce plan de symétrie PS. La dorsale D est délimitée par deux cols d'énergie premier CE1 et deuxième CE2, qui s'étendent chacun entre deux versants de pente forte entre la dorsale D et des zones à faible énergie, dites puits d'énergie, correspondant à des positions stables première PS1 et deuxième PS2 (creux de la nappe d'énergie). Dans le prolongement de la dorsale D et au-delà de celle-ci, les cols d'énergie CE1 et CE2 sont bordés chacun par une zone de forte énergie A1 et A2 respectivement. Ces cols d'énergie CE1 et CE2 correspondent à deux positions métastables.

[0065] La figure 19 montre que la lame flexible 10 ne

peut pas prendre de position d'énergie quelconque sur la nappe T 18 : les parties extrêmes de l'ancre 1, en l'occurrence la tête 2 et la fourchette 6, ont un débattement qui est limité, soit par des deuxièmes goupilles de limitation 41A et 41B pour la fourchette 6, soit par la limitation du pivotement de la tête 2 par les deuxièmes bras 17A, 17B, de la fourchette 6. La lame bistable 10 pousse toujours ces parties extrêmes, tête 2 et fourchette 6, de l'ancre 1, contre ces butées. De ce fait, si une de ces extrémités est fixe, et l'autre est libre, on se déplace toujours sur les bords du rectangle R, tel que schématisé sur la figure 20, qui récapitule les niveaux d'énergie correspondant à chacun des temps décrits par les figures 1 à 17, de façon simplifiée, le parcours d'énergie étant presque rectiligne, et la forme de rectangle du parcours d'énergie étant une bonne approximation. Ainsi le pivotement de la tête 2 comme celui de la fourchette 6 est limité angulairement par des butées. Dans le cas particulier de la variante illustrée, les butées limitant le débattement angulaire de la tête 2, respectivement de la fourchette 6, sont mobiles et constituées par des surfaces de la fourchette 6, respectivement de la tête 2.

[0066] Les goupilles de limitation 41 sont ici représentées sur la platine. On notera qu'elles peuvent prendre d'autres positionnements, par exemple sous forme de plats sous les dents 21 de la roue d'échappement 20.

[0067] Dans l'exemple illustré par les figures, l'ancre 1 effectue donc un cycle fermé pendant lequel la lame flexible 10 occupe successivement quatre configurations principales :

- après rechargement en énergie par la roue d'échappement 20 et pendant une phase transitoire, à haute énergie, d'approche du premier col d'énergie CE1, avec un profil ondulé en Z sur les figures, repère 54 ;
- après libération de l'énergie dont dispose la lame bistable 10, lors du passage du premier col d'énergie CE1, sous forme d'une impulsion donnée au balancier 30 dans le premier sens, par exemple sens anti-horaire, la lame 10 occupe une deuxième position stable PS2 à basse énergie, avec un profil en arc, dit convexe, repère 51.
- après rechargement en énergie par la roue d'échappement et pendant une phase transitoire, à haute énergie, d'approche du deuxième col d'énergie CE2, avec un profil ondulé en S sur les figures, repère 53 ;
- après libération de l'énergie dont dispose la lame 10, lors du passage du deuxième col d'énergie CE2, sous forme d'une impulsion donnée au balancier 30 dans le deuxième sens, par exemple sens horaire, la lame 10 occupe une première position stable PS1 à basse énergie, avec un profil en arc, dit concave, repère 52.

[0068] Naturellement, la forme de la poutre précontrainte constituée par la lame bistable 10 est un exemple non limitatif. Les géométries concave, convexe, en S, en Z, que peut occuper la lame 10 sont propres au cas d'es-

pèce. On peut aussi utiliser une géométrie plus complexe à l'état de repos stable, par exemple en S ou Z.

[0069] Le choix préféré de parcourir un rectangle R, plutôt qu'un carré, s'explique par l'objectif consistant à s'arrêter avant le col d'énergie, lorsqu'on réarme la lame bistable 10. En effet, si on s'arrêtait précisément sur le col d'énergie en position instable, le risque serait qu'avec un très petit choc, la lame bistable 10 puisse basculer et, le dard 7 serait alors bloqué par le plateau du balancier et frotterait contre lui en permanence, ce qui est mauvais pour la marche et altère le rendement. Aussi, de préférence, les butées sont agencées de façon à arrêter la lame bistable 10 avant le premier CE1 ou le deuxième CE2 col d'énergie, lors de l'armage par rechargement en énergie de cette lame bistable 10.

[0070] Des butées limitant le débattement angulaire de la tête 2, respectivement de la fourchette 6, sont avantageusement mobiles et constituées par des surfaces de la fourchette 6, respectivement de la tête 2.

[0071] Sur les figures, le débattement angulaire de la tête 2 est limité par des butées constituées par deux deuxièmes bras 17A, 17B que comporte la fourchette 6.

[0072] Les surfaces 18A, 18B forment des butées équivalentes à une prise de repos sans tirage. De préférence, tel que visible sur la figure 1, elles ont un profil en arc de cercle A centré sur le deuxième axe de pivotement 9, de façon à ce que, lorsque la cheville 35 du balancier 30 commence à entraîner la fourchette 6 (du temps T2 au temps T3 ci-après), la tête 2 ne tourne pas, il n'y a alors que le frottement à vaincre.

[0073] Chaque temps du cycle porte le numéro de la figure correspondante.

[0074] Dans le premier temps T1 de la figure 1 :

- la roue d'échappement 20 est immobile, sa dent 21A en appui sur la palette d'entrée 3 de la tête d'ancre 2 ;
- la tête d'ancre 2 est immobile, son premier bras 15B est arrêté au niveau de sa pointe 16B par la deuxième surface d'appui 18B du deuxième bras 17B de la fourchette 6 ; ce mode de blocage illustré sur les figures n'est pas limitatif, il présente l'avantage d'un encombrement réduit et d'une simplicité de réalisation ;
- la lame bistable 10 est en forme de Z, repère 54, proche du col d'énergie CE1 ;
- la fourchette 6 est immobile, sa surface de butée 19A est en appui de butée sur la goupille de limitation 41A correspondante ;
- arc libre du balancier : le balancier 30 pivote dans le premier sens, par exemple sens anti-horaire, sa cheville 35 est en position à 11 heures.

[0075] En T2 :

- la roue 20 reste immobile ;
- la tête 2 reste immobile ;
- la lame 10 est en forme de Z, repère 54, proche du col d'énergie CE1 ;

- la fourchette 6 reste immobile, en appui sur la goupille 41A ;
- le balancier 30 pivote dans le premier sens, sa cheville 35 en position à 10 heures appuie sur la surface intérieure 81B de la corne 8B, le balancier 30 commence ainsi à dégager la fourchette 6.

[0076] En T3 :

- la roue 20 reste immobile;
- la tête 2 est immobile, son premier bras 15B arrêté par le deuxième bras 17B, qui amorce son dégagement, pour permettre la libération de la tête 2 au temps suivant ; là encore, des solutions alternatives sont possibles, sans s'écarter de l'esprit de l'invention ;
- la lame 10 est en forme de Z, repère 54, et commence le passage du col d'énergie CE1 ;
- la fourchette 6 pivote en deuxième sens, par exemple horaire, sa surface de butée 19A a quitté la goupille 41A, son deuxième bras 17B est à la limite de quitter le premier bras 15B;
- le balancier 30 pivote dans le premier sens, sa cheville 35 en position à 9 heures 30 appuie sur la surface intérieure 81B de la corne 8B, le balancier 30 dégage la fourchette 6.

[0077] T4 est un temps moteur, où la lame 10 passe le col d'énergie CE1, et donne son impulsion dans le premier sens, au balancier 30 :

- la roue 20 est libre, elle reste encore momentanément presque immobile à cause de son inertie ;
- la tête 2 est libre, à part la liaison avec la lame 10 ;
- la lame 10 passe le col d'énergie CE1, se détend et passe en forme convexe 51 ;
- la fourchette 6 pivote en deuxième sens, par exemple horaire, libère la tête 2, la surface intérieure 81A de sa corne 8A entraîne la cheville 35 dans le premier sens, c'est l'impulsion ;
- le balancier 30 pivote dans le premier sens, sa cheville 35 en position à 9 heures entraînée par la corne 8A.

[0078] En T5, c'est la fin de l'impulsion donnée au balancier 30 par la fourchette 6, qui arrive en butée sur sa goupille de limitation 41B :

- la roue 20 est libre, elle reste encore momentanément presque immobile à cause de son inertie ;
- la tête 2 est libre;
- la lame 10 arrive dans une position stable PS2 de basse énergie, en forme convexe 51 ;
- la fourchette 6 pivote en deuxième sens, par exemple horaire, la surface intérieure 81A de sa corne 8A perd le contact avec la cheville 35, c'est la fin de la phase d'impulsion ;
- le balancier 30 pivote dans le premier sens, la che-

ville 35 en position à 8 heures perd le contact avec la corne 8A.

[0079] En T6, seul pivote le balancier 30 qui parcourt l'arc libre :

- la roue 20 va commencer à pivoter dans le premier sens;
- la tête 2 est libre;
- la lame 10 est dans une position stable PS2 de basse énergie, en forme convexe 51 ;
- la fourchette 6 est immobile, sa surface de butée 19B en appui sur la goupille 41B ;
- le balancier 30 pivote dans le premier sens, sa cheville 35 en position à 6 heures 30 sous l'effet de l'impulsion.

[0080] En T7 a lieu la libération de la roue d'échappement 20 par la tête 2 :

- la roue 20 pivote dans le premier sens;
- la tête 2 pivote dans le premier sens;
- la lame 10 se plie ou se déplie légèrement, en raison de la rotation ;
- la fourchette 6 reste immobile, en appui sur la goupille 41B ;
- le balancier 30 pivote dans le premier sens, sa cheville 35 atteint une position à 6 heures sous l'effet de l'impulsion.

[0081] Des premières goupilles de limitation 48A, 48B sont avantageusement implantées à proximité de la tête 2, comme sécurités en cas de chocs ou d'effets dynamiques: par exemple, lors du passage du temps 6 au temps 7, où la tête 2 pivote dans le deuxième sens, par exemple horaire, : si elle acquiert trop de vitesse, elle risque d'aller trop loin, alors qu'au temps 8 elle doit repartir dans l'autre sens.

[0082] En T8 la roue d'échappement 20 atteint une autre palette 4 de l'ancre 1. La chute, c'est-à-dire l'angle que parcourt la roue d'échappement 20 entre les temps T7 et T8 « dans le vide » peut se révéler trop importante pour une roue 20 classique telle que dessinée ici pour la compréhension de l'invention, il est utile d'optimiser la géométrie des dents 21 de la roue 20, et des palettes 3 et 4 de la tête 2, pour diminuer cette chute ;

- la roue d'échappement 20 pivote dans le premier sens, jusqu'à la butée d'une dent 21B en appui sur la palette de sortie 4 ;
- la tête 2 est libre et momentanément immobile ;
- la lame 10 reste en position stable PS2, en forme convexe 51 ;
- la fourchette 6 reste immobile, en appui sur la goupille 41B ;
- le balancier 30 est mobile, il continue sa course (sa cheville 35 en position à 6 heures).

[0083] En T9, l'énergie apportée par la roue d'échappement 20 permet l'armage par le rechargement en énergie de la lame bistable 10, qui se rapproche du col d'énergie suivant CE2:

- la roue 20 pivote dans le premier sens, en appui sur la palette 4, et entraîne en pivotement la tête 2 ;
- la tête 2 pivote dans le deuxième sens, par exemple horaire, et vient en appui, son premier bras 15A est arrêté au niveau de sa pointe 16A par la deuxième surface d'appui 18A du deuxième bras 17A de la fourchette 6, et, une fois elle-même en arrêt, bloque ainsi la roue 20 ;
- la lame 10, réarmée par la roue d'échappement par l'intermédiaire de la tête 2, passe en position ondulée en S 53, au voisinage immédiat du col d'énergie CE2 ;
- la fourchette 6 reste immobile, en appui sur la goupille 41B, l'armage du bistable est achevé, c'est la prise de repos ;
- le balancier 30 est mobile (il effectue une alternance jusqu'au temps suivant T10), (sa cheville 35 en position à 6 heures).

[0084] En T10 commence le retour du balancier 30 dans l'alternance suivante :

- la roue 20 est immobile, sa dent 21B en appui sur la palette 4;
- la tête 2 est immobile en appui, par son premier bras 15A sur le deuxième bras 17A de la fourchette 6, et, une fois elle-même en arrêt, bloque ainsi la roue 20 ;
- la lame 10 est position ondulée en S en forme 53, au voisinage immédiat du col d'énergie CE2 ;
- la fourchette 6 reste immobile, en appui sur la goupille 41B ;
- le balancier 30 pivote dans le deuxième sens, sa cheville 35 en position à 8 heures arrive en appui sur la face interne 81A de la corne 8A, pour commencer à dégager la fourchette 6.

[0085] En T11 le balancier 30 dégage la fourchette 6, qui va elle-même libérer la tête 2 :

- la roue 20 est immobile, en appui sur la palette 4;
- la tête 2 est immobile en appui sur le deuxième bras 17A;
- la lame 10 est position ondulée en S en forme 53, prête à passer le col d'énergie CE2 ; le bistable devient menant, et effectue le rattrapage du jeu dès le passage du col d'énergie ;
- la fourchette 6 pivote dans le premier sens, et atteint la position où elle va libérer la tête 2 ;
- le balancier 30 pivote dans le deuxième sens, sa cheville 35 en position à 9 heures et en appui sur la face interne 81A de la corne 8A, et dégage la fourchette 6.

[0086] En T12 la lame 10 franchit le col d'énergie CE2, et donne une impulsion dans le deuxième sens, au balancier 30, de façon symétrique à T4 :

- 5 - la roue 20 est libre, encore momentanément presque immobile à cause de son inertie ;
- la tête 2 est libre, à part la liaison avec la lame 10 ;
- la lame 10 passe le col d'énergie CE2, se détend et passe en forme concave 52;
- 10 - la fourchette 6 pivote en premier sens, libère la tête 2, la surface intérieure 81B de sa corne 8B entraîne la cheville 35 dans le deuxième sens, par exemple horaire, c'est l'impulsion ;
- le balancier 30 pivote dans le deuxième sens, sa cheville 35 en position à 9 heures 30 entraînée par la surface intérieure 81B de la corne 8B.

[0087] En T13 l'impulsion se termine, et la fourchette 6 arrive en position de butée :

- 20 - la roue 20 est libre, encore momentanément presque immobile à cause de son inertie;
- la tête 2 est libre;
- la lame 10 est en forme concave 52, en position stable PS1 à faible énergie;
- la fourchette 6 pivote en premier sens, sa corne 8B entraîne la cheville 35 dans le deuxième sens, par exemple horaire, et sa surface de butée 19A vient en appui sur la goupille 41A ;
- 30 - le balancier 30 pivote dans le deuxième sens, sa cheville 35 en position à 10 heures 30 entraînée par la surface intérieure 81B de la corne 8B.

[0088] En T14, de façon analogue à T6, le balancier 30 parcourt l'arc libre, cette fois en deuxième sens :

- 35 - la roue 20 est libre, encore momentanément presque immobile à cause de son inertie, et va commencer à pivoter;
- 40 - la tête 2 est libre;
- la lame 10 est en forme concave 52, en position stable PS1 à faible énergie;
- la fourchette 6 est immobile en appui sur la goupille 41A ;
- 45 - le balancier 30 pivote dans le deuxième sens, sa cheville 35 en position à 11 heures.

[0089] En T15, de façon analogue à T7, la roue 20 passe la palette 4:

- 50 - la roue 20 pivote en premier sens;
- la tête 2 pivote en deuxième sens, et la palette 3 vient sur la trajectoire des dents de la roue 20 ;
- la lame 10 est en forme concave 52, en position stable PS1 à faible énergie;
- 55 - la fourchette 6 reste immobile en appui sur la goupille 41A ;
- le balancier 30 est mobile (sa cheville 35 en position

à 11 heures).

[0090] En T16, de façon analogue à T8, la roue d'échappement 20 atteint la palette 3:

- la roue 20 pivote en premier sens, et une dent 21C vient en appui sur la palette 3;
- la tête 2 est libre et immobile ;
- la lame 10 est en forme concave 52, en position stable PS1 à faible énergie;
- la fourchette 6 reste immobile en appui sur la goupille 41A ;
- le balancier 30 est mobile (sa cheville 35 en position à 11 heures).

[0091] Le temps T17 finit le cycle, avant le retour au temps T1, de façon analogue au temps T9, l'énergie apportée par la roue 20 permet l'armage par le rechargement en énergie de la lame 10, qui se rapproche du col d'énergie suivant CE1:

- la roue 20 pivote en premier sens, en appui sur la palette 3, et entraîne la tête 2 en pivotement;
- la tête 2 pivote en premier sens, et réarme la lame 10 ;
- la lame 10 est en forme ondulée de Z, repère 54 en approche du premier col d'énergie CE1;
- la fourchette 6 reste immobile en appui sur la goupille 41A ;
- le balancier 30 est mobile (sa cheville 35 en position à 11 heures).

[0092] Les deux phases "impulsion de la lame bistable 10 sur le balancier 30" et "armage de la lame bistable 10 par la roue d'échappement 20" sont complètement dissociées sur les figures, pour simplifier la description des phases successives du cycle. En réalité, les deux phases se chevauchent en partie dans le temps, mais relativement peu si l'inertie de la roue d'échappement est élevée.

[0093] Typiquement:

- la durée entre les temps 2 et 5 (impulsion de l'élément bistable) est très courte, donnée par la vitesse du balancier 30, notamment voisine de 7 ms pour 300° d'amplitude à 4Hz et 50° d'angle de levée ;
- la durée entre les temps 7 et 9 (réarmage de la lame bistable 10) peut être longue, jusqu'à environ 120 ms si l'inertie de la roue d'échappement 20 est élevée (environ une alternance).

[0094] Pour que l'énergie transmise au balancier soit toujours identique, il est préférable que l'armage de la lame bistable 10 se fasse lentement, donc que l'inertie de la roue d'échappement. (ou du reste du rouage) soit élevée.

[0095] On note qu'une réalisation selon les figures 30 et 31 avec deux lames bistables superposées 10S et 10J permet, en réglant la rigidité du ressort de rappel 104

entre la tête 2 et la fourchette 6, d'obtenir une répartition d'énergie analogue, avec deux puits d'énergie séparés par une dorsale.

[0096] De préférence le mécanisme d'échappement 100 comporte au moins une platine 40 porteuse d'une roue d'échappement 20 et au moins un balancier 30 coopérant avec une même telle ancre 1. La platine 40 comporte des goupilles de limitation 41 (41A, 41B sur les figures) autour de la fourchette 6 au voisinage d'un plateau 31 du balancier 30.

[0097] Selon l'invention, l'ancre 1 est reliée à la platine :

- d'une part au niveau du premier axe 5, ou bien par un premier arbre de pivotement 63 quand le guidage de l'ancre 1 y est classique par pivot et palier, ou bien par une première liaison fixe 65 quand l'ancre 1 y comporte un guidage flexible avec un premier pivot flexible 61,
- et d'autre part au niveau du deuxième axe 9, ou bien un deuxième arbre de pivotement 64 quand le guidage de l'ancre 1 y est classique par pivot et palier, ou bien par une deuxième liaison fixe 66 quand l'ancre 1 y comporte un guidage flexible avec un deuxième pivot flexible 62.

[0098] La platine 40 comporte :

- d'une part une première pierre 42 ou un premier axe 43 ou un premier guidage flexible en position fixe pour le guidage en pivotement de la tête 2 ;,
- et d'autre part une deuxième pierre 44 ou un deuxième axe 45 ou un deuxième guidage flexible pour le guidage en pivotement respectivement de la fourchette 6.

[0099] Tel que visible sur la figure 35, dans une première variante A, la deuxième pierre 44 ou le deuxième axe 45 est à distance fixe, et en position fixe dans une réalisation particulière, par rapport à la première pierre 42 ou au premier axe 43.

[0100] Dans une deuxième variante B la deuxième pierre 44 ou le deuxième axe 45 est mobile, notamment guidé en translation dans une réalisation particulière, dans une position variable par rapport à la platine 40, et est soumis à l'action de deuxièmes moyens de rappel élastique 47. Naturellement on peut aussi avoir la configuration inverse où la première pierre 42 ou le premier axe 43 est mobile de cette façon. Naturellement on peut réaliser une variante où la deuxième pierre 44 ou le deuxième axe 45 est mobile autrement qu'en translation, par exemple en pivotement, ou encore selon un déplacement quelconque.

[0101] Dans une troisième variante C, la platine 40 comporte, d'une part une première pierre 42 ou un premier axe 43 qui est mobile, notamment guidé en translation dans une réalisation particulière, dans une position variable par rapport à la platine 40 et est soumis à l'action

de premiers moyens de rappel élastique 46, pour le guidage en pivotement de la tête 2, et d'autre part une deuxième pierre 44 ou un deuxième axe 45 qui est mobile, notamment guidé en translation dans une réalisation particulière, dans une position variable par rapport à la platine 40 et est soumis à l'action de deuxièmes moyens de rappel élastique 47, pour le guidage en pivotement de la fourchette 6. Là aussi, la configuration inverse est réalisable. Naturellement on peut réaliser une variante où la première pierre 42 ou le premier axe 43 est mobile autrement qu'en translation, par exemple en pivotement, ou encore selon un déplacement quelconque.

[0102] De préférence, dans ces différentes variantes, l'axe de pivotement 23 de la roue d'échappement 20, l'axe de pivotement 32 du balancier 30, la première pierre 42 ou respectivement le premier axe 43, la deuxième pierre 44 ou respectivement le deuxième axe 45, sont alignés. La figure 36 illustre une autre configuration où la fourchette 6 est mobile en dehors de l'alignement roue d'échappement-balancier, et où la lame flexible 10 se déforme autour d'une position moyenne qui est, par exemple et de façon non limitative, une corde ou un arc d'un cercle centré sur l'axe de balancier ; cette configuration permet de modifier un mouvement existant comportant un pointage aligné usuel, l'axe servant habituellement à une ancre suisse devenant l'axe 5 de la tête 2.

[0103] Dans une réalisation particulière de l'invention, l'ancre bistable 1 est pré-montée dans une cassette, et la lame flexible 10 est déjà mise en précontrainte au préalable dans cette cassette, de façon à ce que l'ancre 1 ait précisément ce comportement bistable. La cassette comporte un moyen de centrage ou/et de fixation sur une platine. Avantageusement cette cassette comporte un moyen de centrage qui est agencé pour coopérer avec le pivot prévu habituellement pour l'ancre suisse sur un mouvement existant. Selon le cas, la cassette reste pivotante autour de ce pivot, ou bien est immobilisée en position par rapport à la platine porteuse de ce pivot. Un tel montage en cassette présente l'avantage de rendre inutile la présence d'un pont au-dessus de l'ancre. La cassette peut, encore, être munie d'un système de réglage micrométrique en position. La cassette peut, encore, intégrer un antichoc suspendu.

[0104] Un autre moyen de réaliser une précontrainte de façon précise est de réaliser un mécanisme d'échappement 100 comportant une ou plusieurs pièces sacrificielles : le pré-montage est effectué avec ces éléments sacrificiels intacts, puis, une fois ce pré-montage achevé, ces éléments sacrificiels sont brisés, libérant des tensions pré-calculées permettant d'obtenir la précontrainte requise. Ce mode de réalisation est approprié avec une réalisation de type MEMS, en silicium, oxydes de silicium, ou similaire. La précontrainte peut, encore, être effectuée avec une croissance d'oxydes de silicium permettant de modifier localement une géométrie de façon contrôlée et extrêmement précise. Ou encore en induisant des contraintes dans le matériau.

[0105] La figure 38 illustre deux variantes d'encastre-

ment de la lame flexible bistable 10 dans la tête 2 et la fourchette 6 d'ancre, la première où la lame 10 est sensiblement dans l'alignement des axes de pivotement 5 et 9 mais où ses extrémités sont éloignées de ces axes, et la seconde où le montage est asymétrique, pour favoriser une des impulsions, en créant un puits d'énergie plus profond.

[0106] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 200 comportant au moins un tel mécanisme d'échappement 100.

[0107] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 300 comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie 200, ou/et au moins un tel mécanisme d'échappement 100.

[0108] Naturellement, la lame flexible 10 est une façon parmi d'autres de réaliser un bistable entre deux moitiés d'ancre, qui n'est pas limitative.

[0109] De même, le blocage de la tête 2 de l'ancre 1 à la fin de l'armage de l'élément bistable, et la libération de cette tête 2 à la fin de l'impulsion donnée au balancier 30, peuvent être réalisés selon d'autres variantes de réalisation, sans s'éloigner de la présente invention.

[0110] Une variante encore de l'invention consiste à monter la fourchette 6 directement solidaire de l'élément bistable, ou de la lame bistable 10 selon le cas, et de ne pas pivoter cette fourchette 6 en lui autorisant un débattement angulaire de centre quelconque, mais en limitant la course de cette fourchette 6 par rapport au premier axe de pivotement 5 de la tête 2, par un élément de limitation 71, de façon à ce que l'élément bistable, ou la lame bistable 10, qui assure seule le pivotement de la fourchette 6 par rapport au balancier 30, reste sous précontrainte dans toute sa plage d'utilisation. Tel que visible sur les figures 25 et 26, cet élément de limitation 71 est solidaire de la tête 2 ou solidaire d'une platine 40 (en relief comme sur la figure 26 ou bien en creux) sur laquelle est fixée l'ancre 1, et coopère avec un élément de limitation complémentaire 72 que comporte la fourchette 6. Avantageusement, l'élément 71 a la forme d'un vé, et l'élément 72 est une goupille ou un tourillon. Des pions 49 limitent le débattement de la fourchette 6.

[0111] La figure 27 représente une variante où la précontrainte est faite par un ressort 73, fixé à un élément fixe 74 de la platine 40, ce ressort 73 limitant la course de la fourchette 6 et assurant la précontrainte de la lame 10.

[0112] Les figures 23 et 24 illustrent deux configurations particulières d'axes de pivotement par rapport à une platine 40 porteuse du mécanisme d'échappement : en figure 23 un premier axe 5 et un deuxième axe de pivotement 9 en positions fixes par rapport à la platine 40, et en figure 24 le deuxième axe 9 en position mobile, ici en translation, et conjugué avec un moyen de rappel élastique 46.

[0113] La figure 29 regroupe différents modèles de pivots utilisables notamment pour ces variantes: pivot classique 91 seul, pivot flexible 92 seul, combinaison d'un pivot classique 91 et d'un guidage 93 (notamment gui-

dage linéaire) d'une certaine rigidité, combinaison d'un pivot flexible 92 et d'un guidage (notamment guidage linéaire) d'une certaine rigidité. Dans les deux derniers cas le déplacement Δd , qui induit une précontrainte, peut être effectué avec une vis, un excentrique, une cale, ou similaire. Cette précontrainte agit en particulier sur les éléments-ressort du guidage 93 ou du pivot flexible 92. Ces différents types de pivots peuvent bien sûr être combinés entre eux.

[0114] Une ancre flexible selon l'invention peut être utilisée dans d'autres types d'échappement, notamment dans celui décrit par le document EP 1 967 919 au nom de ETA, ainsi que dans les documents de l'art antérieur cité dans ce même document EP 1 967 919.

[0115] En somme, l'invention assure une très bonne maîtrise de l'impulsion, grâce à l'emploi d'un mécanisme à force constante, comportant un élément bistable, qui, seul, délivre de l'énergie au balancier, avec une intensité régulière.

Les énergies en jeu sont bien découplées dans les différentes parties du mécanisme.

[0116] Les points d'appui, ou de pivotement, ou d'encastrement, de la lame flexible 10 à ses extrémités 11, 101, 12, 102, sont, dans des variantes particulières et avantageuses pour la préfabrication, mobiles par rapport à une platine ou à un pont du mécanisme.

[0117] Le mécanisme selon l'invention permet d'atteindre une grande sécurité de fonctionnement.

[0118] L'invention se prête facilement à l'incorporation de moyens anti-chocs, il est par exemple possible d'incorporer des butées anti-chocs sous forme de ramifications des premiers bras 15 de la tête 2, à proximité des surfaces d'appui ou de butée 16, ou similaire.

[0119] Le découplage entre les composants du mécanisme d'échappement selon l'invention permet, lors de l'impulsion, de n'accélérer que la fourchette, et non le mécanisme entier.

[0120] L'invention permet ainsi :

- de réguler l'intensité de l'impulsion appliquée au balancier, le couple est constant ;
- de réduire les inerties en mouvement pendant l'oscillation ;
- d'effectuer la prise de repos en l'absence de tout tirage sur la roue.

Revendications

1. Mécanisme d'échappement (100) d'horlogerie, comportant au moins une platine (40) porteuse d'une roue d'échappement (20) et d'un balancier (30) coopérant avec une même ancre (1) comportant une tête d'ancre (2) porteuse d'au moins une palette d'entrée (3) ou/et une palette de sortie (4) et agencée pour coopérer avec une roue d'échappement (20), ladite ancre (1) comportant encore une fourchette (6) agencée pour coopérer avec ledit balancier (30),

la position angulaire de ladite fourchette (6) par rapport à ladite tête (2) étant variable, et la seule liaison mécanique permanente directe entre ladite tête (2) et ladite fourchette (6) étant assurée par au moins une lame (10) flexible, le débattement angulaire en pivotement de ladite tête (2) et celui de ladite fourchette (6) étant limités l'un par rapport à l'autre par des butées, et ladite tête (2) comportant au moins un premier bras (15) comportant une première surface d'appui et de butée (16) agencée pour coopérer, en butée ou en appui, dans certaines positions relatives de ladite tête (2) et de ladite fourchette (6), avec une deuxième surface d'appui et de butée (18) que comporte au moins un deuxième bras (17) que comporte ladite fourchette (6), **caractérisé en ce que** ladite tête (2) et ladite fourchette (6) sont assemblées à ladite platine (40) de façon à ce que ladite au moins une lame flexible (10) soit montée en précontrainte en flambage entre ladite tête (2) à une première extrémité (101) et ladite fourchette (6) à une deuxième extrémité (102), ladite ancre (1) constituant un système bistable comportant au moins deux états stables et deux états métastables, et lesdites deux extrémités (101, 102) étant, ou bien libres en pivotement chacune dans un logement (1010, 1020) libre ou fixe par rapport à ladite platine (40), ou bien en encastrement chacune dans un logement (1010, 1020) libre par rapport à ladite platine (40) et alors au moins un dit logement (1010 ; 1020) étant soumis à un effort de rappel en direction de l'autre dit logement (1020 ; 1010).

2. Mécanisme (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite ancre (1) effectue un cycle fermé pendant lequel ladite au moins une lame flexible (10) qui est une lame bistable occupe successivement quatre configurations principales :

- après rechargement en énergie par ladite roue d'échappement (20) et pendant une phase transitoire, à haute énergie, d'approche d'un premier col d'énergie (CE1), avec un profil (54) ondulé en Z ;
- après libération de l'énergie dont dispose ladite lame bistable (10), lors du passage dudit premier col d'énergie (CE1), sous forme d'une impulsion donnée audit balancier (30) dans un premier sens, ladite lame (10) occupe une deuxième position stable (PS2) à basse énergie, avec un profil (51) en arc convexe ;
- après rechargement en énergie par ladite roue d'échappement (20) et pendant une phase transitoire, à haute énergie, d'approche d'un deuxième col d'énergie (CE2), avec un profil (53) ondulé en S ;
- après libération de l'énergie dont dispose ladite lame bistable (10), lors du passage dudit deuxième col d'énergie (CE2), sous forme d'une im-

- pulsion donnée au balancier (30) dans un deuxième sens opposé audit premier sens, ladite lame (10) occupe une première position stable (PS1) à basse énergie, avec un profil (52) en arc concave.
3. Mécanisme (100) selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte des butées agencées de façon à arrêter ladite lame bistable (10) avant ledit premier (CE1) ou deuxième (CE2) col d'énergie, lors de l'armage par rechargement en énergie de ladite lame bistable (10).
 4. Mécanisme (100) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** des butées limitant le débattement angulaire de ladite tête (2), respectivement de ladite fourchette (6), sont mobiles et constituées par des surfaces de ladite fourchette (6), respectivement de ladite tête (2).
 5. Mécanisme (100) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le débattement angulaire de ladite tête (2) est limité par des butées constituées par deux deuxièmes bras (17A ; 17B) que comporte ladite fourchette (6).
 6. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ladite fourchette (6) est montée directement solidaire de ladite lame flexible bistable (10) qui assure seule le pivotement de ladite fourchette (6) par rapport audit balancier (30), et que la course de ladite fourchette (6) par rapport à un premier axe de pivotement (5) autour duquel pivote ladite tête (2) est limitée par un élément de limitation (71) solidaire de ladite tête (2) ou de ladite platine (40), de façon à ce que ladite lame bistable (10) reste sous précontrainte dans toute sa plage d'utilisation.
 7. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ladite platine (40) comporte des goupilles de limitation (41) au voisinage d'un plateau (31) dudit balancier (30), et **en ce que** ladite ancre (1) est reliée à ladite platine, d'une part au niveau d'un premier axe (5) de pivotement autour duquel pivote ladite tête (2), ou bien par un premier arbre de pivotement (63) quand le guidage de ladite tête (2) y est classique par pivot et palier, ou bien par une première liaison fixe (65) quand ladite tête (2) y comporte un guidage flexible avec un premier pivot flexible (61), et d'autre part au niveau d'un deuxième axe (9) autour duquel pivote ladite fourchette (6), ou bien un deuxième arbre de pivotement (64) quand le guidage de ladite fourchette (6) y est classique par pivot et palier, ou bien par une deuxième liaison fixe (66) quand ladite fourchette (6) y comporte un guidage flexible avec un deuxième pivot flexible (62).
 8. Mécanisme (100) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite platine (40) comporte, d'une part une première pierre (42) ou un premier axe (43) en position fixe pour le guidage en pivotement de ladite tête (2) ou de ladite fourchette (6), et d'autre part une deuxième pierre (44) ou un deuxième axe (45) pour le guidage en pivotement respectivement de ladite fourchette (6) ou de ladite tête (2).
 9. Mécanisme (100) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite deuxième pierre (44) ou ledit deuxième axe (45) est en position fixe par rapport à ladite première pierre (42) ou audit premier axe (43).
 10. Mécanisme (100) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite deuxième pierre (44) ou ledit deuxième axe (45) est guidé dans une position variable par rapport à ladite platine (40), et est soumis à l'action de deuxièmes moyens de rappel élastique (47).
 11. Mécanisme (100) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite platine (40) comporte, d'une part une première pierre (42) ou un premier axe (43) qui est guidé dans une position variable par rapport à ladite platine (40) et est soumis à l'action de premiers moyens de rappel élastique (46), pour le guidage en pivotement de ladite tête (2) ou de ladite fourchette (6), et d'autre part une deuxième pierre (44) ou un deuxième axe (45) qui est guidé en translation dans une position variable par rapport à ladite platine (40) et est soumis à l'action de deuxièmes moyens de rappel élastique (47), pour le guidage en pivotement respectivement de ladite fourchette (6) ou de ladite tête (2).
 12. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce que** l'axe de pivotement (23) de ladite roue d'échappement (20), l'axe de pivotement (32) dudit balancier (30), ladite première pierre (42) ou respectivement ledit premier axe (43), ladite deuxième pierre (44) ou respectivement ledit deuxième axe (45), sont alignés.
 13. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ladite ancre (1) comporte, pour sa fixation à une platine (40), des premiers moyens de fixation ou/et de guidage portés par ladite tête (2), et des deuxièmes moyens de fixation ou/et de guidage portés par ladite fourchette (6).
 14. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** ladite tête d'ancre (2) est mobile par rapport à un premier axe de pivotement (5) ou pivote autour dudit premier axe (5) de pivotement et **en ce que** ladite fourchette (6) est mobile par rapport à un deuxième axe de pivotement (9) ou pivote autour dudit deuxième axe de pivote-

ment (9) distinct dudit premier axe (5).

15. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ladite ancre (1) est réalisée de façon monobloc avec ladite au moins une lame flexible (10). 5
16. Mécanisme (100) selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** ladite ancre (1) est réalisée en silicium ou oxyde de silicium ou en verre métallique ou en nickel-phosphore-«LIGA». 10
17. Mécanisme (100) selon la revendication 14 et l'une des revendications 15 ou 16, **caractérisé en ce que** ladite ancre comporte un premier pivot flexible (61) ou virtuel ou/et un deuxième pivot flexible (62) ou virtuel constituant un guidage flexible au niveau respectivement dudit premier axe (5) ou/et dudit deuxième axe (9). 15
18. Mécanisme (100) selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** ladite ancre (1) comporte un premier pivot flexible (61) ou virtuel et un deuxième pivot flexible (62) ou virtuel aux deux extrémités (101, 102) de ladite au moins une lame flexible (10), constituant chacun un guidage flexible au niveau respectivement dudit premier axe (5) et dudit deuxième axe (9). 20
19. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** ladite fourchette (6) comporte un dard (7) et des cornes (8) pour la coopération avec un balancier (30). 25
20. Mécanisme (100) selon l'une des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce que** ladite ancre (1) est pré-montée dans une cassette dans laquelle ladite au moins une lame flexible (10) est déjà mise en pré-contrainte au préalable, de façon à ce que ladite ancre (1) soit bistable, ladite cassette comportant un moyen de centrage ou/et de fixation sur une platine. 30
21. Mouvement d'horlogerie (200) comportant au moins un mécanisme d'échappement (100) selon l'une des revendications 1 à 20. 35
22. Pièce d'horlogerie (300) comportant au moins un mouvement d'horlogerie (200) selon la revendication 21. 40

Patentansprüche

1. Uhrenhemmungsmechanismus (100), umfassend mindestens eine Platte (40), die ein Hemmungsrad (20) und eine Unruh (30) trägt, die mit demselben Anker (1) zusammenwirken, der einen Ankertopf (2) aufweist, der mindestens eine Eingangspalette (3) und/oder eine Ausgangspalette (4) trägt und dafür 55

ausgelegt ist, mit einem Hemmungsrad (20) zusammenzuwirken, wobei der Anker (1) weiterhin eine Gabel (6) aufweist, die dafür ausgelegt ist, mit der Unruh (30) zusammenzuwirken, wo die Winkelposition der Gabel (6) in Bezug auf den Kopf (2) veränderlich ist, und wo die einzige direkte, ständige mechanische Verbindung zwischen dem Kopf (2) und der Gabel (6) durch mindestens ein flexibles Blatt (10) gewährleistet wird, wobei der Drehwinkelausschlag des Kopfes (2) und jener der Gabel (6) relativ zueinander durch Anschläge begrenzt sind und wobei der Kopf (2) mindestens einen ersten Arm (15) umfasst, der eine erste Abstütz- und Anschlagoberfläche (16) aufweist, die dafür ausgelegt ist, in bestimmten relativen Positionen des Kopfes (2) und der Gabel (6) anschlagend oder abstützend mit einer zweiten Abstütz- und Anschlagoberfläche (18) zusammenzuwirken, die mindestens ein zweiter Arm (17) aufweist, den die Gabel (6) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kopf (2) und die Gabel (6) mit der Platte (40) derart zusammengefügt sind, dass das mindestens eine flexible Blatt (10) durch Knicken vorgespannt zwischen dem Kopf (2) an einem ersten Ende (101) und der Gabel (6) an einem zweiten Ende (102) montiert ist, wobei der Anker (1) ein bistabiles System bildet, das mindestens zwei stabile Zustände und zwei metastabile Zustände besitzt, und wobei die beiden Enden (101, 102) in einem Aufnahmeraum (1010, 1020), der in Bezug auf die Platte (40) frei oder fest ist, jeweils frei schwenkbar sind oder in einem Aufnahmeraum (1010, 1020), der in Bezug auf die Platte (40) frei ist, jeweils eingebettet sind, wobei mindestens ein Aufnahmeraum (1010; 1020) einer Rückstellkraft in Richtung zum anderen Aufnahmeraum (1020; 1010) unterliegt.

2. Mechanismus (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (1) einen geschlossenen Zyklus ausführt, in dem das mindestens eine flexible Blatt (10), das ein bistabiles Blatt ist, nacheinander vier Hauptkonfigurationen einnimmt:

- nach dem Aufladen von Energie durch das Hemmungsrad (20) und während einer Übergangsphase bei hoher Energie nähert sich das Blatt (10) einem ersten Energiesattelpunkt (CE1) mit einem Z-förmigen Wellenprofil (54) an;
- nach dem Freisetzen der Energie, die dem bistabilen Blatt (10) zur Verfügung steht, bei einem Durchlaufen des ersten Energiesattelpunkts (CE1) in Form eines auf die Unruh (30) in einem ersten Richtungssinn ausgeübten Impulses, nimmt das Blatt (10) eine zweite stabile Position (PS2) bei niedriger Energie mit einem konvexen Bogenprofil (51) ein;
- nach dem Aufladen von Energie durch das Hemmungsrad (20) und während einer Über-

- gangsphase bei hoher Energie nähert sich das Blatt (10) einem zweiten Energiesattelpunkt (CE2) mit einem S-förmigen Wellenprofil (53) an;
 - nach dem Freisetzen der Energie, die dem bistabilen Blatt (10) zur Verfügung steht, bei einem Durchlaufen des zweiten Energiesattelpunkts (CE2) in Form eines auf die Unruh (30) in einem zweiten Richtungssinn entgegengesetzt zu dem ersten Richtungssinn ausgeübten Impulses, nimmt das Blatt (10) eine erste stabile Position (PS1) bei niedriger Energie mit einem konkaven Bogenprofil (52) ein.
3. Mechanismus (100) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** er Anschläge aufweist, die derart angeordnet sind, dass sie das bistabile Blatt (10) vor dem ersten (CE1) oder dem zweiten (CE2) Energiesattelpunkt, beim Spannen durch Aufladen des bistabilen Blatts (10) mit Energie anhalten.
4. Mechanismus (100) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Anschläge, die den Winkelausschlag des Kopfes (2) bzw. der Gabel (6) begrenzen, beweglich sind und durch Oberflächen der Gabel (6) bzw. des Kopfes (2) gebildet sind.
5. Mechanismus (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkelausschlag des Kopfes (2) durch Anschläge begrenzt ist, die durch zwei zweite Arme (17A; 17B) gebildet sind, die die Gabel (6) aufweist.
6. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gabel (6) direkt an dem bistabilen flexiblen Blatt (10) fest montiert ist, wodurch sichergestellt wird, dass nur die Gabel (6) in Bezug auf die Unruh (30) schwenkt, und dass die Bahn der Gabel (6) in Bezug auf eine erste Schwenkachse (5), um die der Kopf (2) schwenkt, durch ein Begrenzungselement (71) begrenzt ist, das mit dem Kopf (2) oder mit der Platte (40) fest verbunden ist, derart, dass dieses bistabile Blatt (10) in seinem gesamten Nutzungsbereich vorgespannt bleibt.
7. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (40) Begrenzungsstifte (41) in der Nähe einer Rolle (31) der Unruh (30) aufweist und dass der Anker (1) verbunden ist mit der Platte einerseits auf Höhe einer ersten Schwenkachse (5), um die der Kopf (2) entweder über eine erste Drehwelle (63), sofern die Führung des Kopfes (2) klassisch durch Drehzapfen und Lager erfolgt, oder über eine erste feste Verbindung (65) schwenkt, sofern der Kopf (2) eine flexible Führung mit einem ersten flexiblen Drehzapfen (61) aufweist, und andererseits auf Höhe einer zweiten
- Achse (9), um die die Gabel (6) entweder über eine zweite Drehwelle (64), sofern die Führung der Gabel (6) klassisch mit Drehzapfen und Lager erfolgt, oder über eine zweite feste Verbindung (66) schwenkt, wenn die Gabel (6) eine flexible Führung mit einem zweiten flexiblen Drehzapfen (62) aufweist.
8. Mechanismus (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (40) einerseits einen ersten Stein (42) oder eine erste Achse (43) in einer festen Position zur Schwenkführung des Kopfes (2) oder der Gabel (6) und andererseits einen zweiten Stein (44) oder eine zweite Achse (45) zur Schwenkführung der Gabel (6) bzw. des Kopfes (2) umfasst.
9. Mechanismus (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der zweite Stein (44) oder die zweite Achse (45) in einer festen Position in Bezug auf den ersten Stein (42) oder die erste Achse (43) befindet.
10. Mechanismus (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Stein (44) oder die zweite Achse (45) in eine variable Position in Bezug auf die Platte (40) geführt wird und der Wirkung zweiter elastischer Rückstellmittel (47) unterliegt.
11. Mechanismus (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (40) einerseits einen ersten Stein (42) oder eine erste Achse (43), die in eine veränderliche Position in Bezug auf die Platte (40) geführt wird und der Wirkung erster elastischer Rückstellmittel (46) zur Schwenkführung des Kopfes (2) oder der Gabel (6) unterliegt, und andererseits einen zweiten Stein (44) oder eine zweite Achse (45) umfasst, die translatorisch in eine veränderliche Position in Bezug auf die Platte (40) geführt wird und der Wirkung zweiter elastischer Rückstellmittel (47) zur Schwenkführung der Gabel (6) bzw. des Kopfes (2) unterliegt.
12. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkachse (23) des Hemmungsrades (20), die Schwenkachse (32) der Unruh (30), der erste Stein (42) bzw. die erste Achse (43) und der zweite Stein (44) bzw. die zweite Achse (45) aufeinander ausgerichtet sind.
13. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (1) für seine Befestigung an der Platte (40) erste, vom Kopf (2) getragene Befestigungs- und/oder Führungsmittel und zweite, von der Gabel (6) getragene Befestigungs- und/oder Führungsmittel umfasst.
14. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1

bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ankerkopf (2) in Bezug auf eine erste Schwenkachse (5) beweglich ist oder um die erste Schwenkachse (5) schwenkt und dass die Gabel (6) in Bezug auf eine zweite Schwenkachse (9) beweglich ist oder um die zweite Schwenkachse (9), die von der ersten Achse (5) verschieden ist, schwenkt.

15. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (1) mit dem mindestens einem flexiblen Blatt (10) einteilig ausgebildet ist. 10
16. Mechanismus (100) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (1) aus Silicium oder Siliciumoxid oder amorphem Metall oder Nickel-Phosphor nach LIGA-Prozess hergestellt ist. 15
17. Mechanismus (100) nach Anspruch 14 und einem der Ansprüche 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker einen ersten flexiblen (61) oder virtuellen Drehzapfen und/oder einen zweiten flexiblen (62) oder virtuellen Drehzapfen umfasst, die auf Höhe der ersten Achse (5) und/oder der zweiten Achse (9) eine flexible Führung bilden. 20 25
18. Mechanismus (100) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (1) einen ersten flexiblen (61) oder virtuellen Drehzapfen und einen zweiten flexiblen (62) oder virtuellen Drehzapfen an den beiden Enden (101, 102) des mindestens einen flexiblen Blatts (10) umfasst, die jeweils eine flexible Führung auf Höhe der ersten Achse (5) bzw. der zweiten Achse (9) bilden. 30 35
19. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gabel (6) einen Sicherheitsstift (7) und Hörner (8) zum Zusammenwirken mit einem Unruh (30) umfasst. 40
20. Mechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (1) in einer Kassette vormontiert ist, in der das mindestens eine flexible Blatt (10) bereits vorab vorgespannt worden ist, derart, dass der Anker (1) bistabil ist, wobei die Kassette ein Zentrierungs- und/oder Befestigungsmittel auf einer Platte aufweist. 45
21. Uhrwerk (200), umfassend mindestens einen Hemmungsmechanismus (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 20. 50
22. Zeitmessgerät (300), umfassend mindestens ein Uhrwerk (200) nach Anspruch 21. 55

Claims

1. Timepiece escapement mechanism (100) comprising at least one main plate (40) carrying an escape wheel (20) and a balance (30) cooperating with the same pallet lever (1), comprising a pallet head (2) carrying at least one entry pallet (3) and/or one exit pallet (4) and arranged to cooperate with an escape wheel (20), said pallet lever (1) further including a fork (6) arranged to cooperate with said balance (30), where the angular position of said fork (6) is variable relative to said head (2), and where the only direct, permanent, mechanical connection between said head (2) and said fork (6) is provided by at least one flexible strip (10), the angular range of pivoting of said head (2) and that of said fork (6) being limited with respect to each other by stops, and said head (2) including at least a first arm (15) including a first support and stop surface (16) arranged to cooperate, in abutment or support, in certain relative positions of said head (2) and said fork (6), with a second support and stop surface (18) comprised in at least a second arm (17) of said fork (6), **characterized in that** said head (2) and said fork (6) are assembled to said main plate (40) so that said at least one flexible strip (10) is mounted prestressed buckled between said head (2) at a first end (101) and said fork (6) at a second end (102), said pallet lever (1) forming a bistable system comprising at least two stable states and two metastable states, and said two ends (101, 102) being, either each free to pivot in a housing (1010, 1020) that is free to move or fixed relative to said plate (40), or each embedded in a housing (1010, 1020) that is free to move relative to said plate (40), and at least one said housing (1010; 1020) then being subjected to a return force in the direction of the other said housing (1020; 1010). 5
2. Timepiece escapement mechanism (100) according to claim 1, **characterized in that** said pallet lever (1) performs a closed cycle during which said at least one flexible strip (10) which is a bistable strip, successively occupies four main configurations: 10
 - after being recharged with energy by said escape wheel (20) and during a transitional, high energy phase approaching a first energy pass (CE1), with a wavy Z-shaped profile (54);
 - after the energy available to said bistable strip (10) is released, passing over said first energy pass (CE1), in the form of an impulse imparted to said balance (30) in a first direction, said strip (10) occupies a second, stable, low energy position (PS2), with a convex arc profile (51);
 - after being recharged with energy by said escape wheel (20) and during a transitional, high energy phase approaching a second energy pass (CE2), with a wavy S-shaped profile (53);

- after the energy available to said bistable strip (10) is released, passing over said second energy pass (CE2), in the form of an impulse imparted to the balance (30) in a second direction opposite to said first direction, said strip (10) occupies a first, stable, low energy position (PS1), with a concave arc profile (52).
3. Mechanism (100) according to claim 2, **characterized in that** it includes stops arranged to stop said bistable strip (10) before said first (CE1) or second (CE2) energy pass, when said bistable strip (10) is strung and recharged with energy.
 4. Mechanism (100) according to claim 3, **characterized in that** stops limiting the angular motion of said head (2), respectively of said fork (6) are mobile and formed by surfaces of said fork (6), respectively of said head (2).
 5. Mechanism (100) according to claim 4, **characterized in that** the angular motion of said head (2) is limited by stops formed by two second arms (17A; 17B) comprised in said fork (6).
 6. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 5, **characterized in that** said fork (6) is mounted directly attached to said flexible bistable strip (10) which alone ensures the pivoting of said fork (6) relative to said balance (30), and **in that** the travel of said fork (6) relative to a first pivot axis (5) about which said head (2) pivots is limited by a banking element (71) integral with said head (2) or said plate (40) so that said bistable strip (10) remains prestressed throughout the entire operating range thereof.
 7. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 6, **characterized in that** said plate (40) includes banking pins (41) in proximity to a roller (31) of said balance (30), and **in that** said pallet lever (1) is connected to said plate, on the one hand, on a first pivot axis (5) about which said head (2) pivots, either by a first pivot arbor (63) when said head (2) is guided in a conventional manner by a pivot and bearing, or by a first fixed connection (65) when said head (2) includes a flexible guide member with a first flexible pivot (61), and on the other hand, on a second axis (9) about which said fork (6) pivots, either by a second pivot arbor (64) when said fork (6) is guided in a conventional manner by a pivot and bearing, or by a second fixed connection (66) when said fork (6) includes a flexible guide member with a second flexible pivot (62).
 8. Mechanism (100) according to claim 7, **characterized in that** said plate (40) includes, on the one hand, a first jewel (42) or a first arbor (43) in a fixed position for pivotally guiding said head (2) or said fork (6), and on the other hand, a second jewel (44) or a second arbor (45) for pivotally guiding respectively said fork (6) or said head (2).
 9. Mechanism (100) according to claim 7, **characterized in that** said second jewel (44) or said second arbor (45) is in a fixed position relative to said first jewel (42) or to said first arbor (43).
 10. Mechanism (100) according to claim 7, **characterized in that** said second jewel (44) or said second arbor (45) is guided in a variable position relative to said plate (40) and is subjected to the action of second elastic return means (47).
 11. Mechanism (100) according to claim 7, **characterized in that** said plate (40) includes, on the one hand, a first jewel (42) or a first arbor (43) which is guided in a variable position relative to said plate (40) and is subjected to the action of first elastic return means (46) for pivotally guiding said head (2) or said fork (6), and, on the other hand, a second jewel (44) or a second arbor (45) which is guided in translation in a variable position relative to said plate (40) and is subjected to the action of second elastic return means (47) for pivotally guiding said fork (6) or said head (2) respectively.
 12. Mechanism (100) according to one of claims 7 to 11, **characterized in that** the pivot axis (23) of said escape wheel (20), the pivot axis (32) of said balance (30), said first jewel (42) or respectively said first arbor (43), said second jewel (44) or respectively said second arbor (45) are aligned.
 13. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 12, **characterized in that** said pallet lever (1) includes, for attachment to a main plate (40), first securing and/or guide means carried by said head (2) and second securing and/or guide means carried by said fork (6).
 14. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 13, **characterized in that** said pallet head (2) is mobile relative to a first pivot axis (5) or pivots about said first pivot axis (5) and **in that** said fork (6) is mobile relative to a second pivot axis (9) or pivots about said second pivot axis (9) which is distinct from said first axis (5).
 15. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 12, **characterized in that** said pallet lever (1) is made in one-piece with said at least one flexible strip (10).
 16. Mechanism (100) according to claim 15, **characterized in that** said pallet lever (1) is made of silicon or silicon oxide or metallic glass or "LIGA" nickel-phos-

phorus.

17. Mechanism (100) according to claim 14 and either claim 15 or claim 16, **characterized in that** said pallet lever comprises a first flexible or virtual pivot (61) and/or a second flexible or virtual pivot (62) forming a flexible guide member respectively on said first axis (5) and/or said second axis (9). 5

18. Mechanism (100) according to claim 17, **characterized in that** said pallet lever (1) comprises a first flexible or virtual pivot (61) and a second flexible or virtual pivot (62) at the two ends (101, 102) of said at least one flexible strip (10), each forming a flexible guide member respectively on said first axis (5) and said second axis (9). 10 15

19. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 18, **characterized in that** said fork (6) comprises a dart (7) and horns (8) for cooperation with a balance (30). 20

20. Mechanism (100) according to any of claims 1 to 19, **characterized in that** said pallet lever (1) is pre-assembled in a cassette in which said at least one flexible strip (10) is already placed, prestressed, so that said pallet lever (1) is bistable, said cassette comprising a means for centring and/or securing on a plate. 25

21. Timepiece movement (200) including at least one escapement mechanism (100) according to any of claims 1 to 20. 30

22. Timepiece (300) including at least one timepiece movement (200) according to claim 21. 35

40

45

50

55

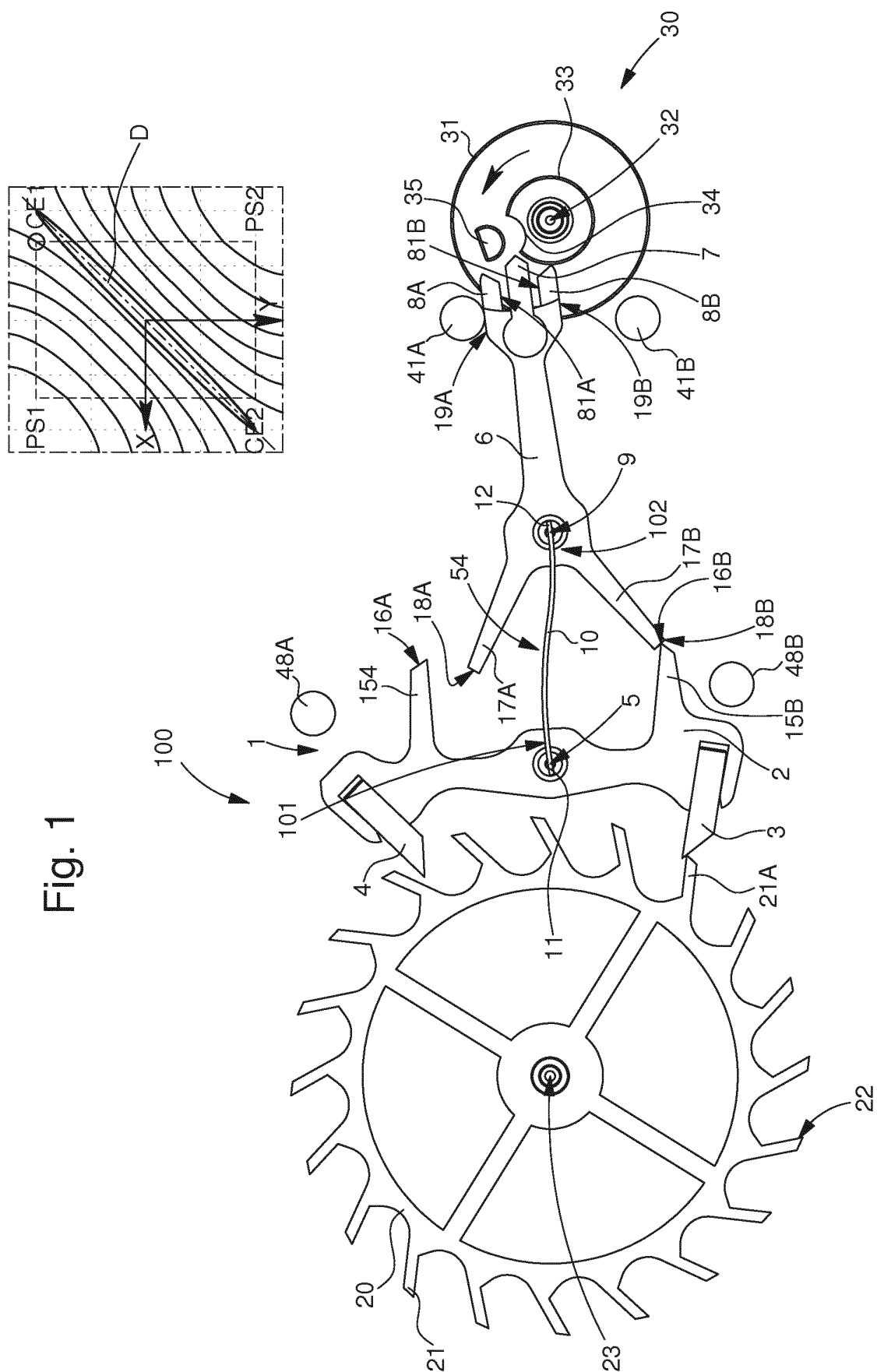


Fig. 2

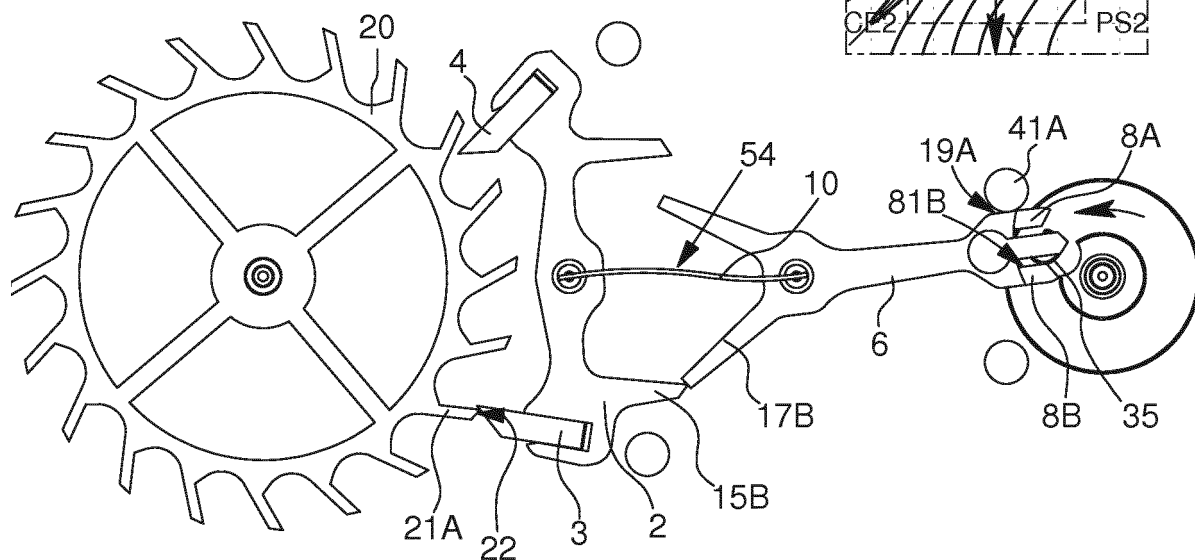


Fig. 3

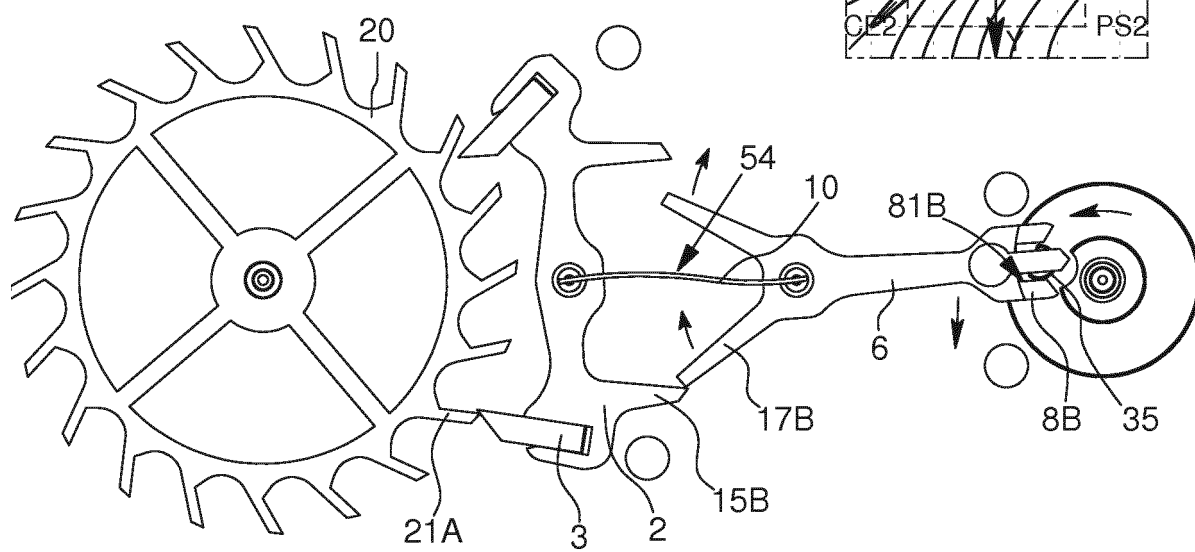


Fig. 4

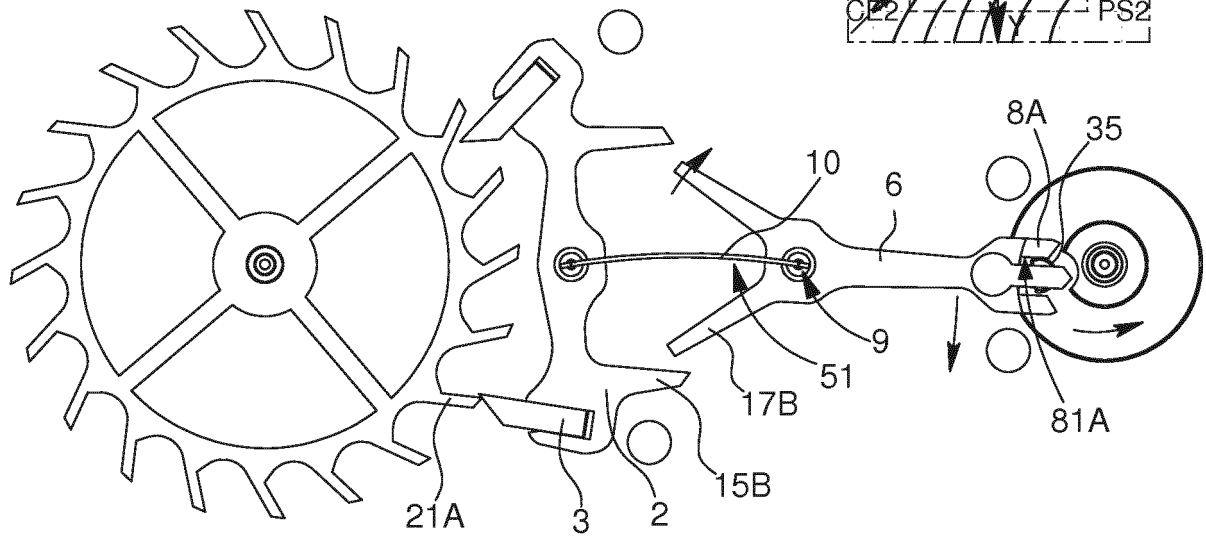


Fig. 5

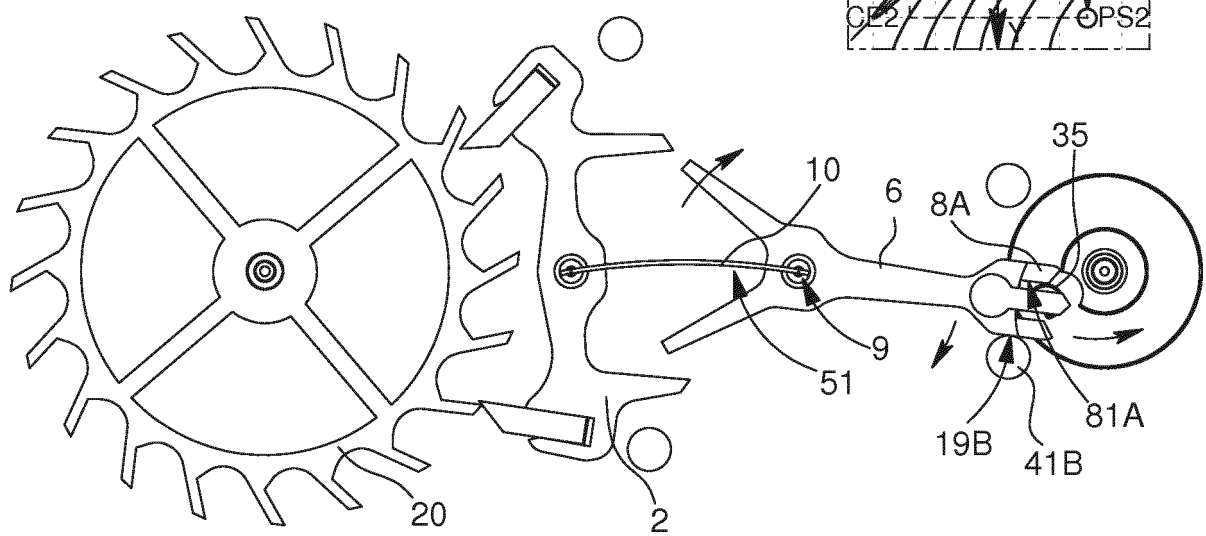


Fig. 6

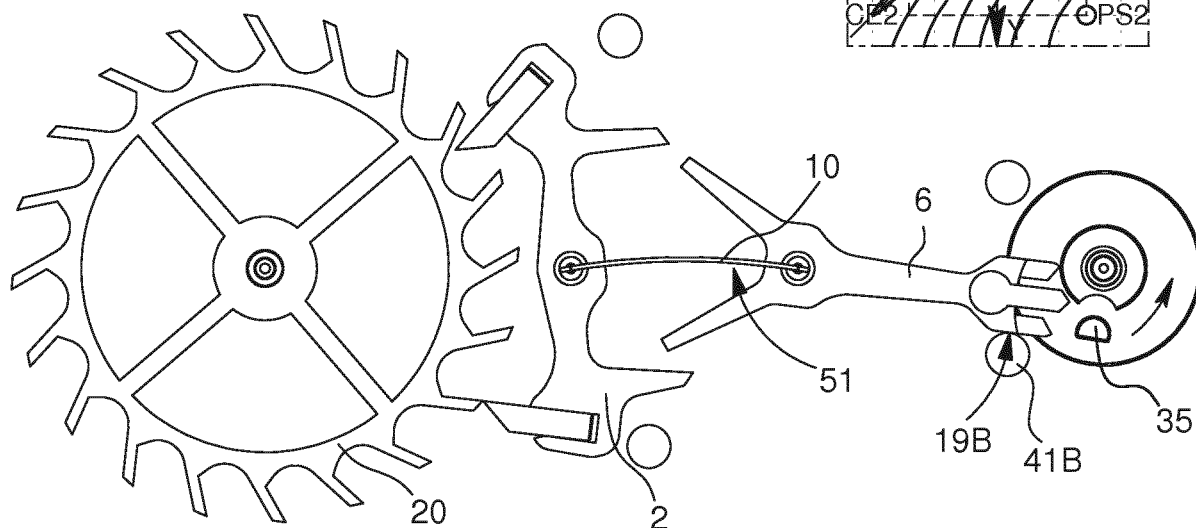


Fig. 7

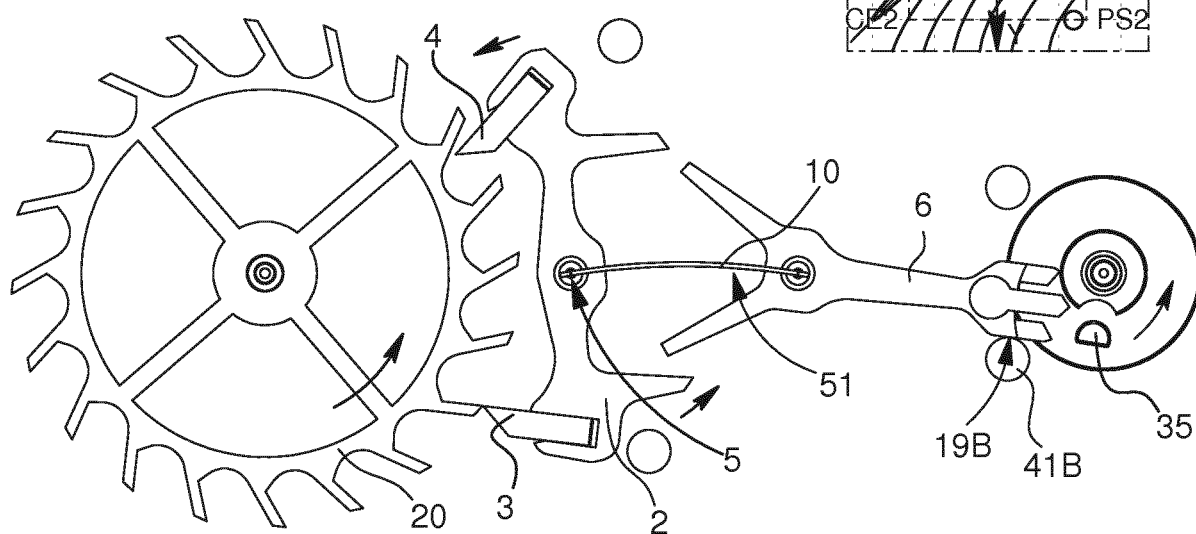


Fig. 8

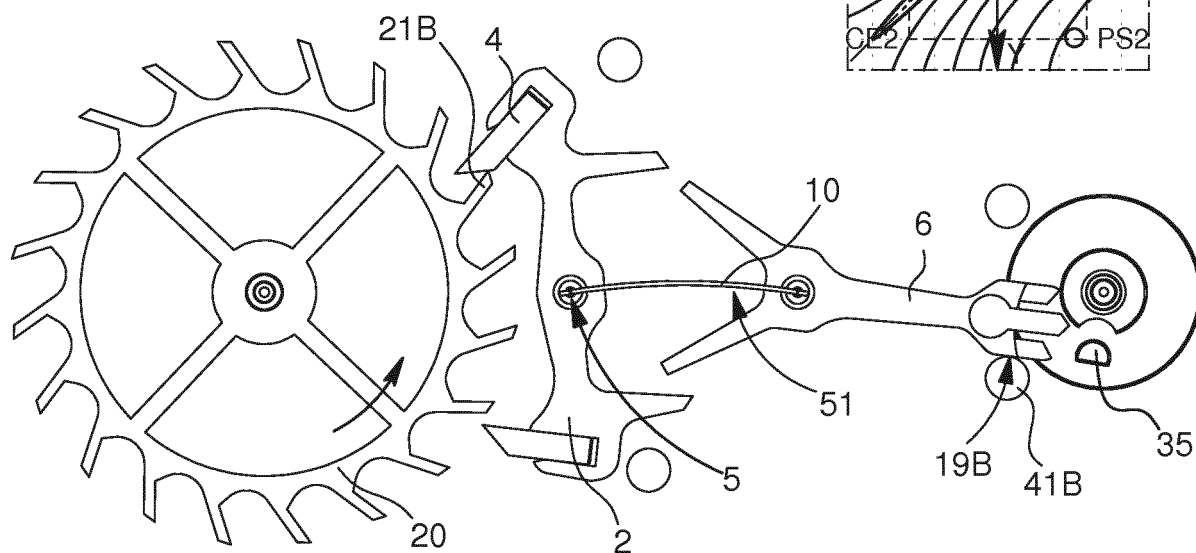


Fig. 9

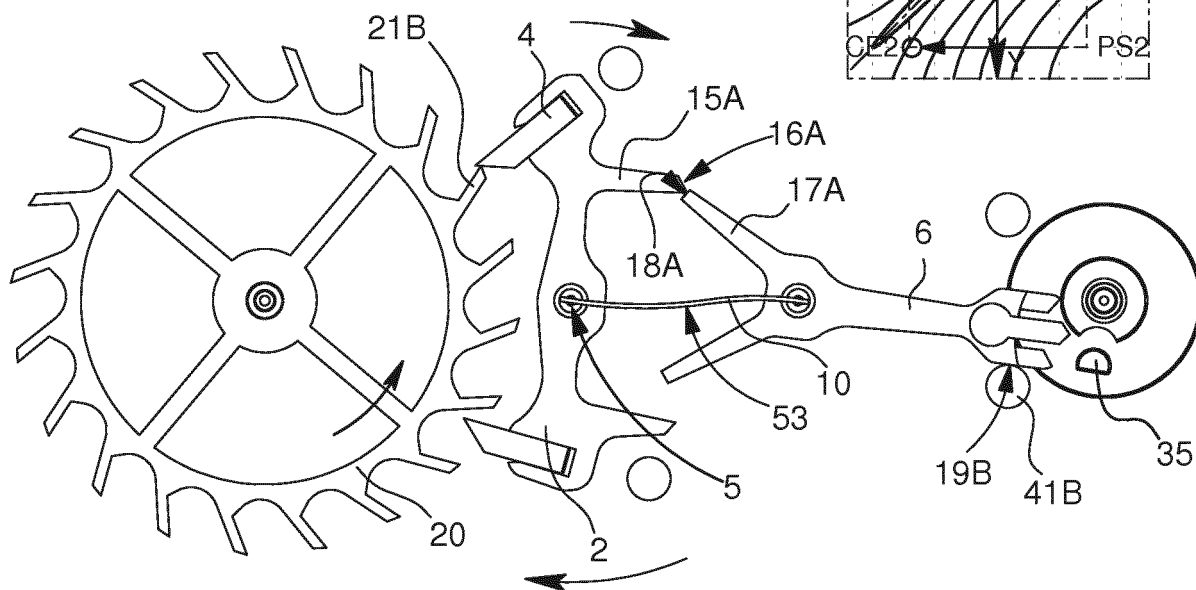


Fig. 10

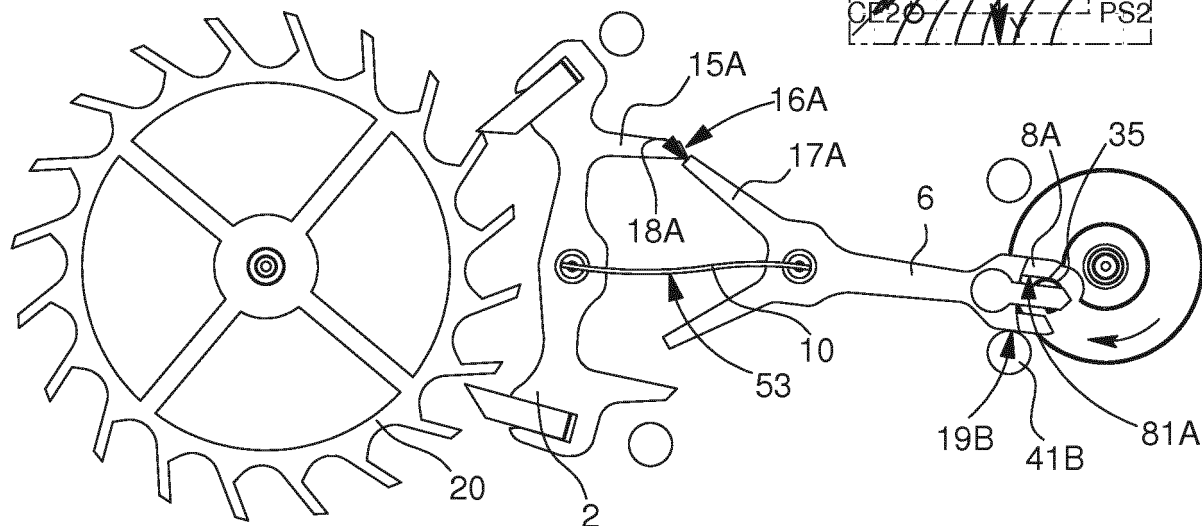


Fig. 11

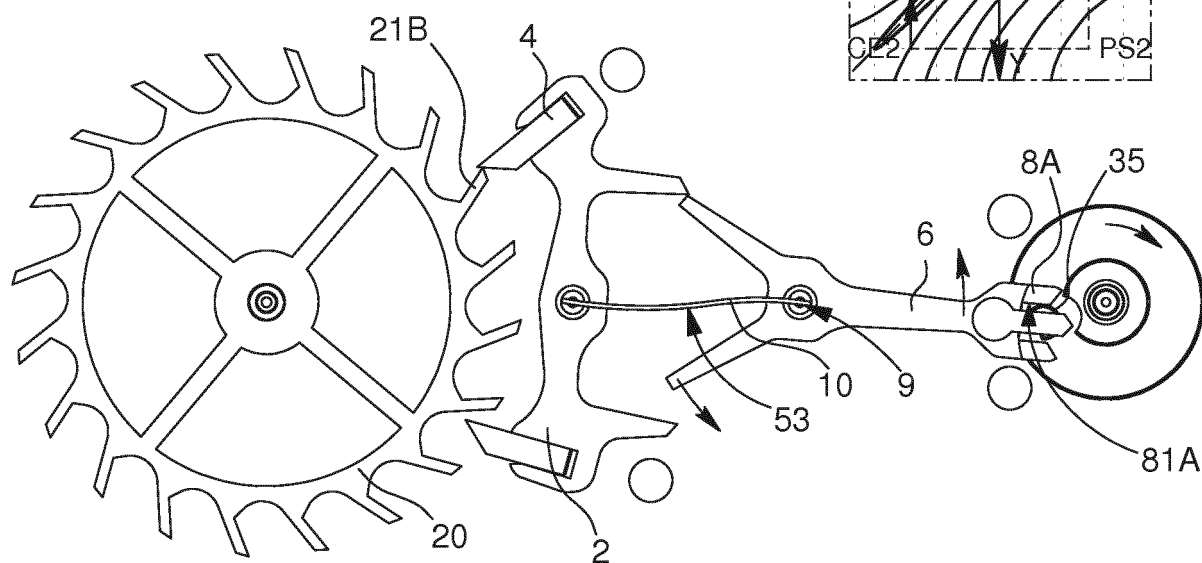


Fig. 12

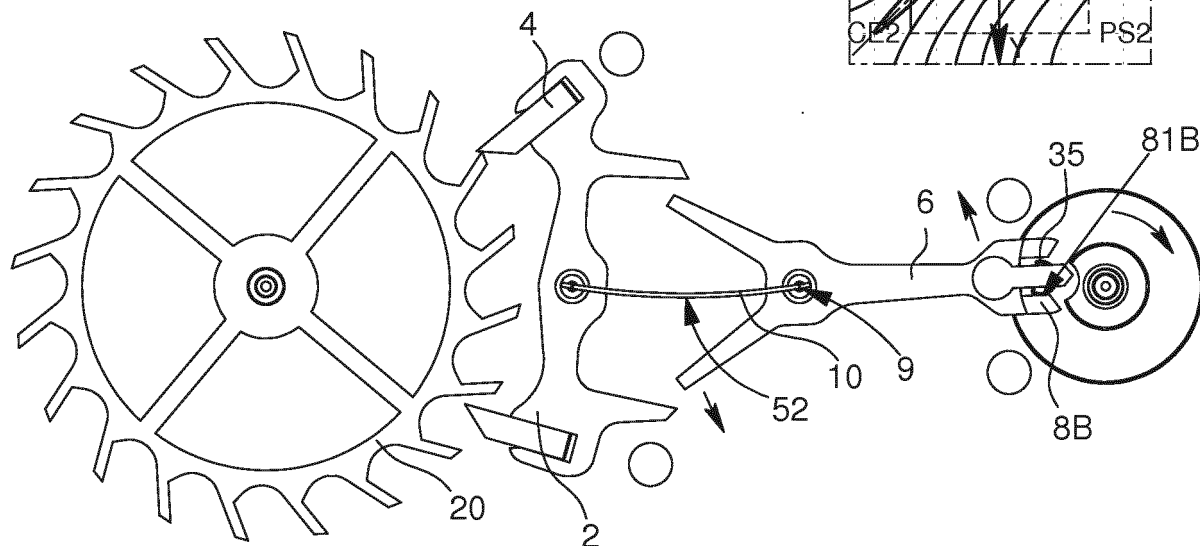


Fig. 13

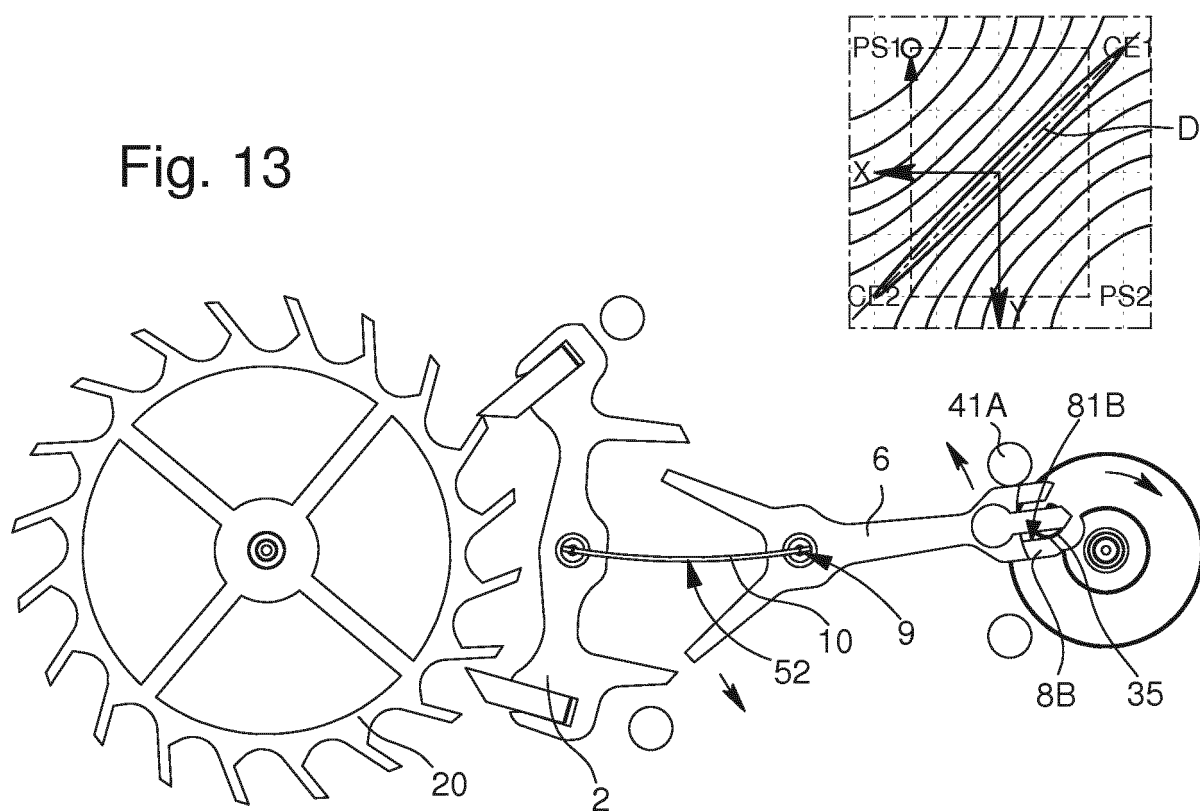


Fig. 14

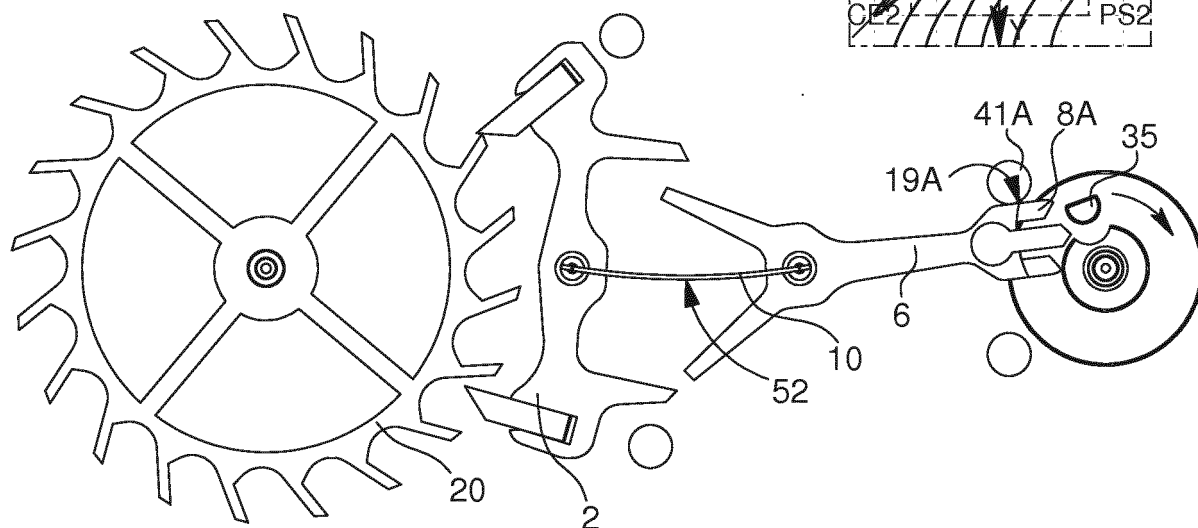


Fig. 15

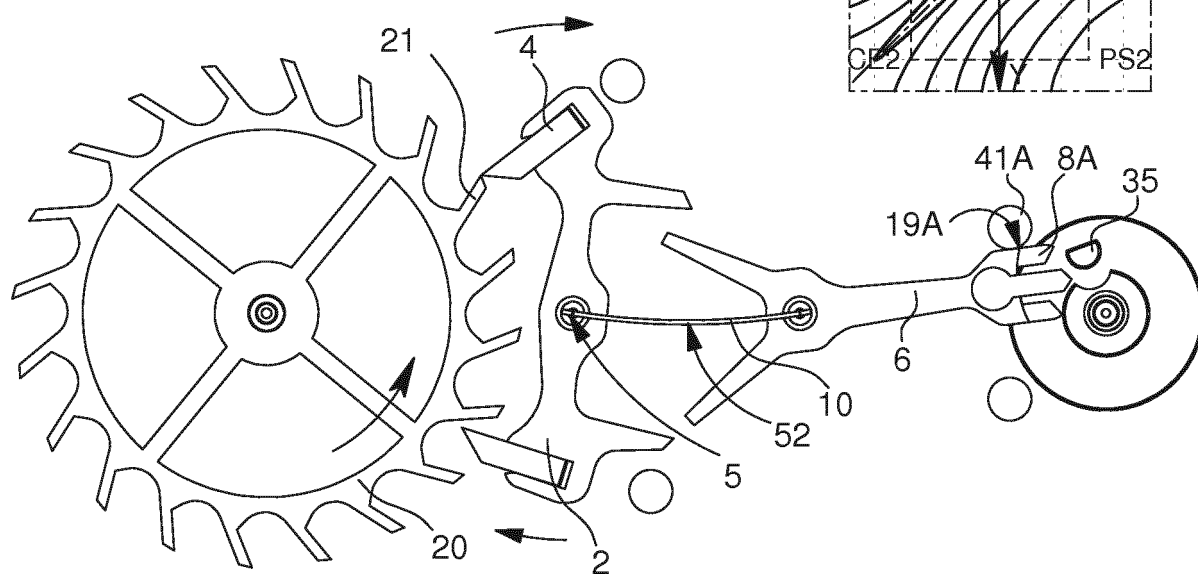


Fig. 16

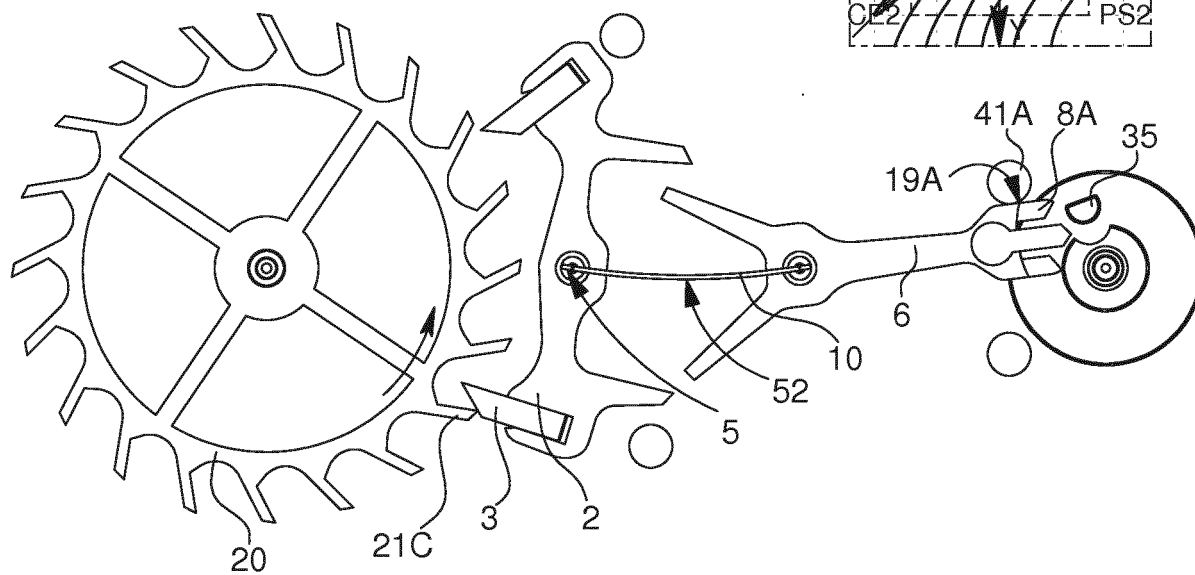
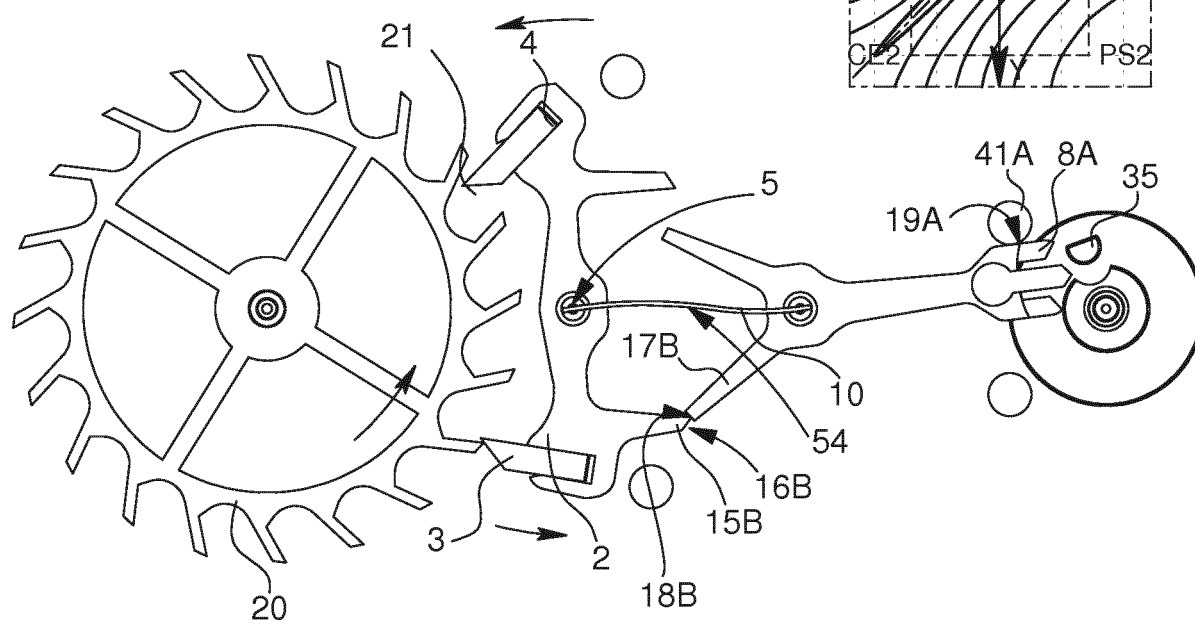


Fig. 17



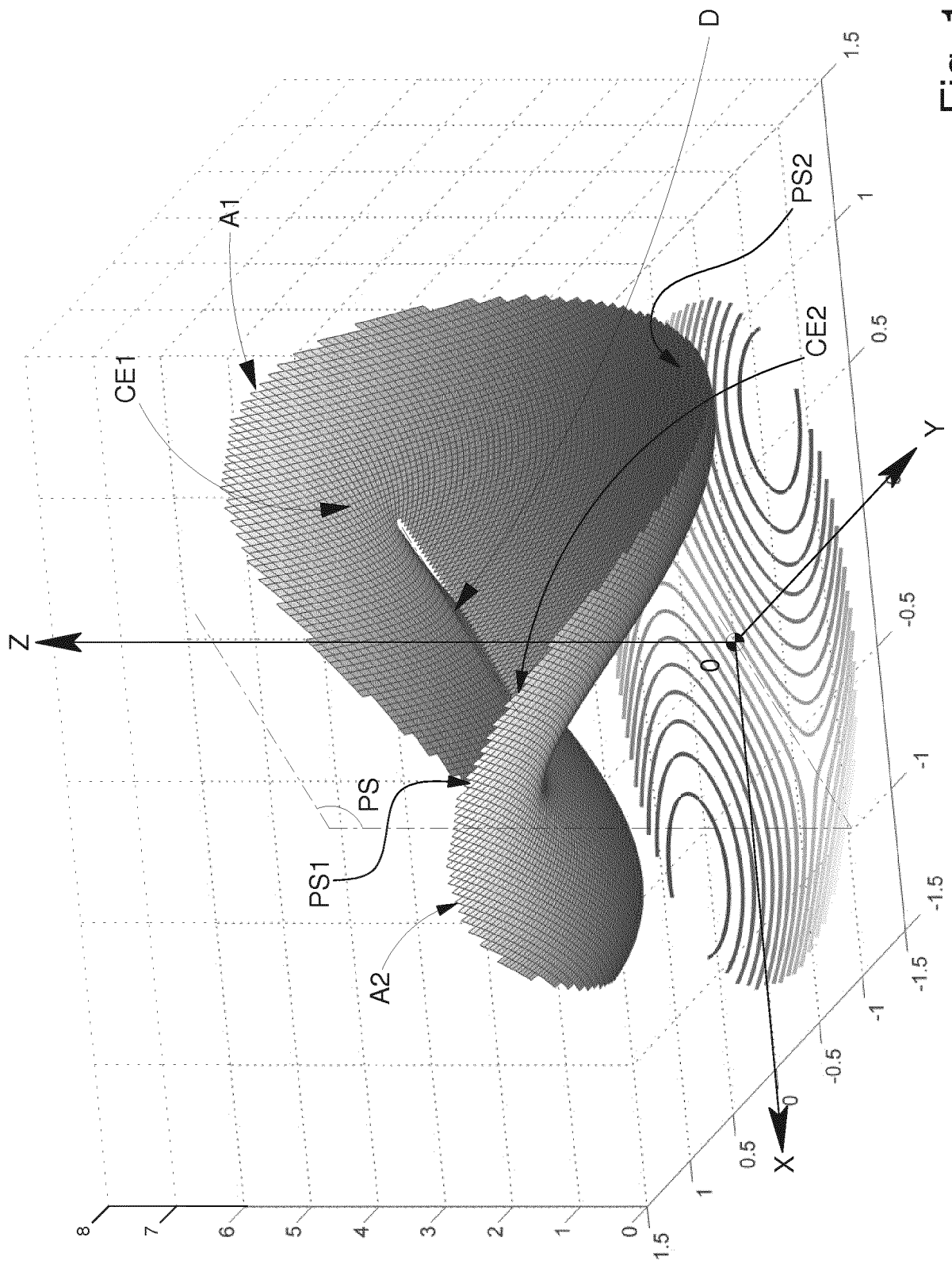


Fig. 18

Fig.19

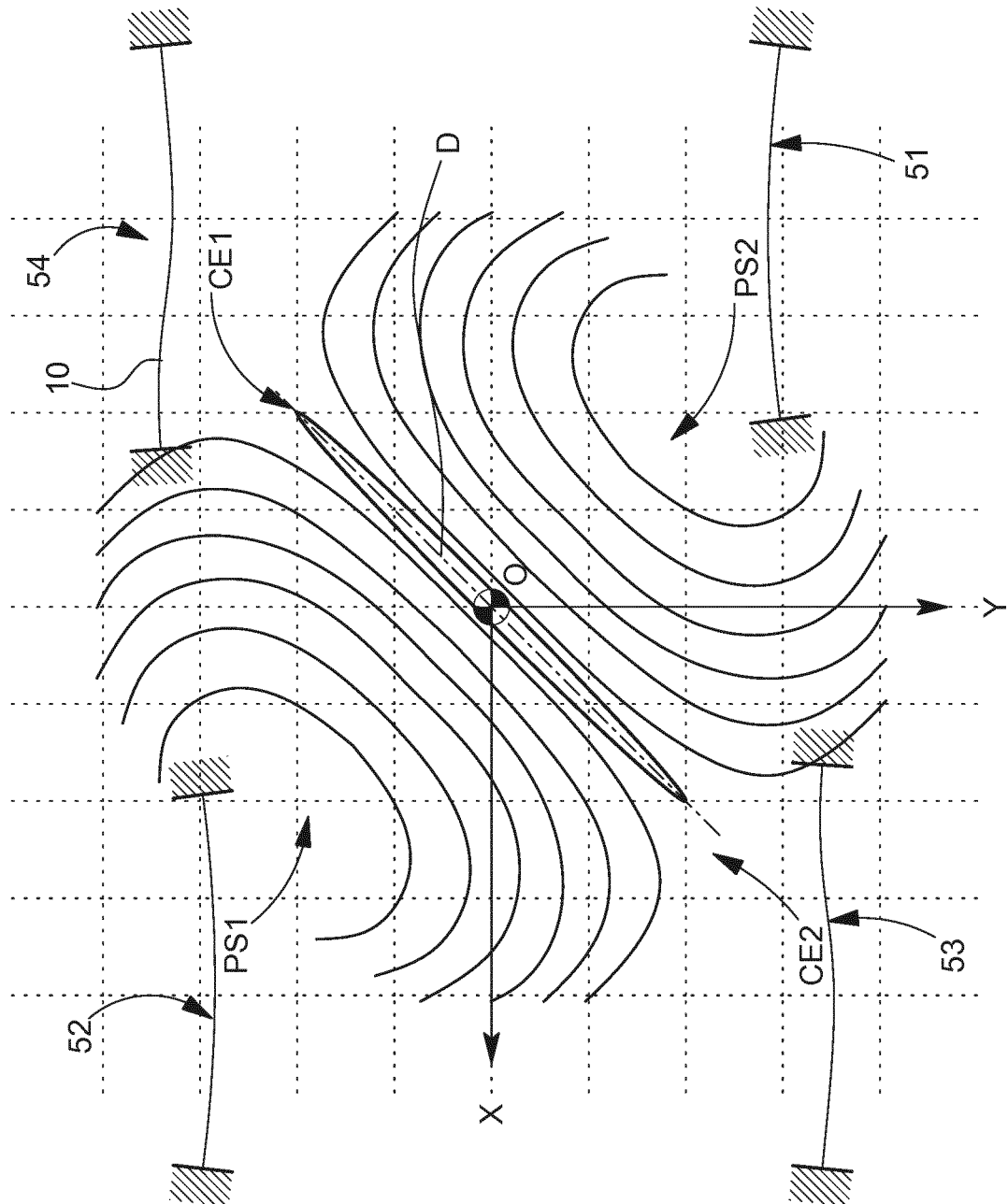


Fig. 20

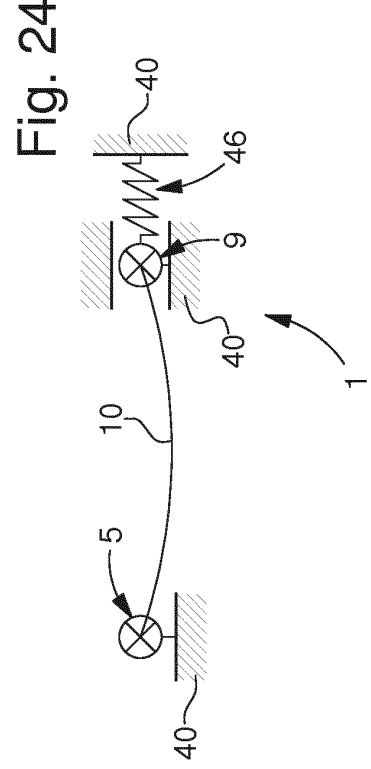
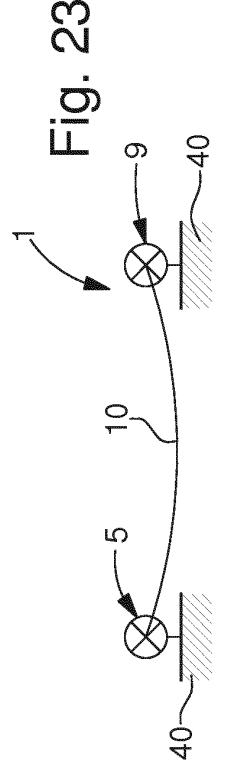
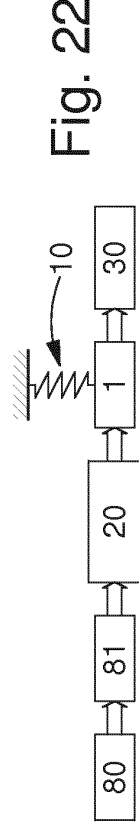
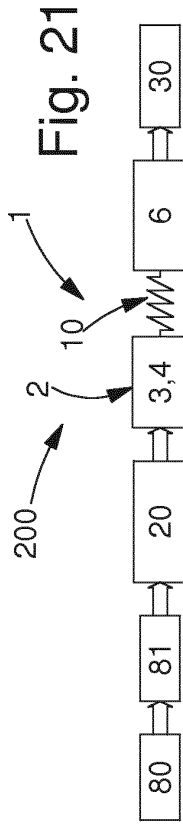
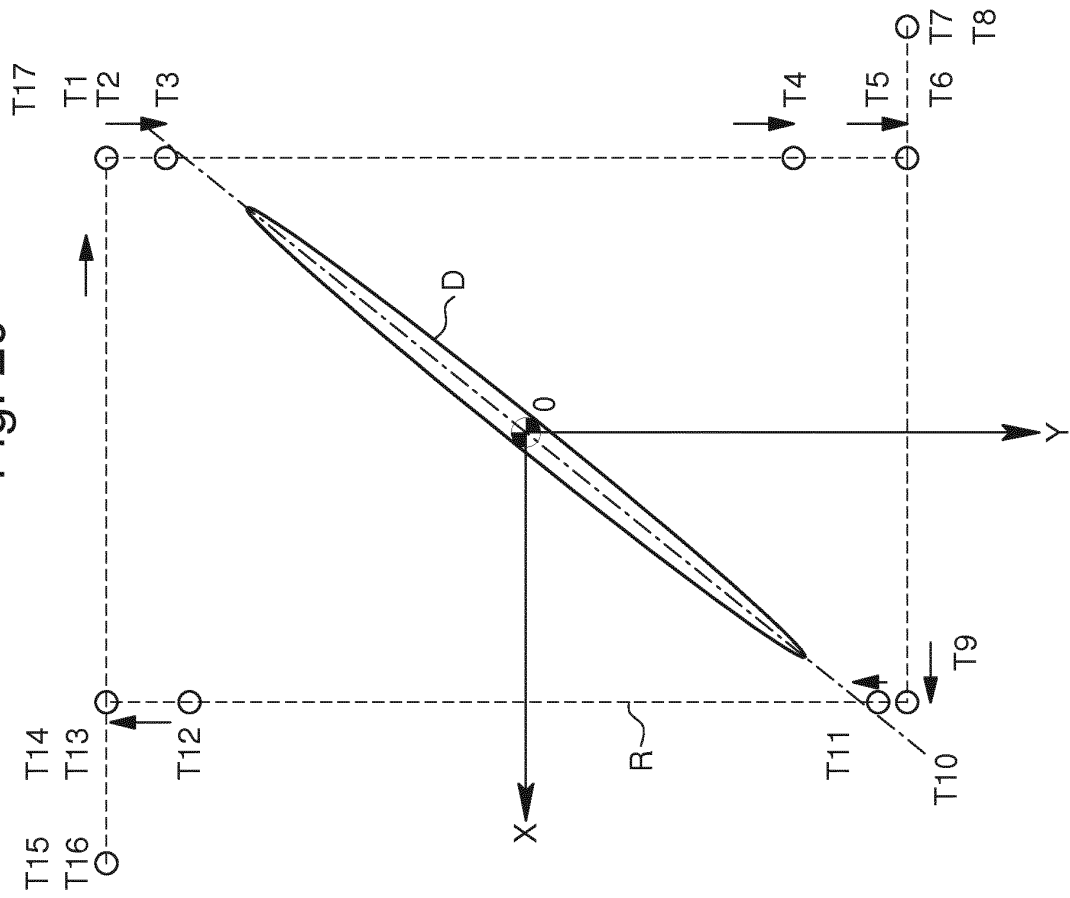


Fig. 25

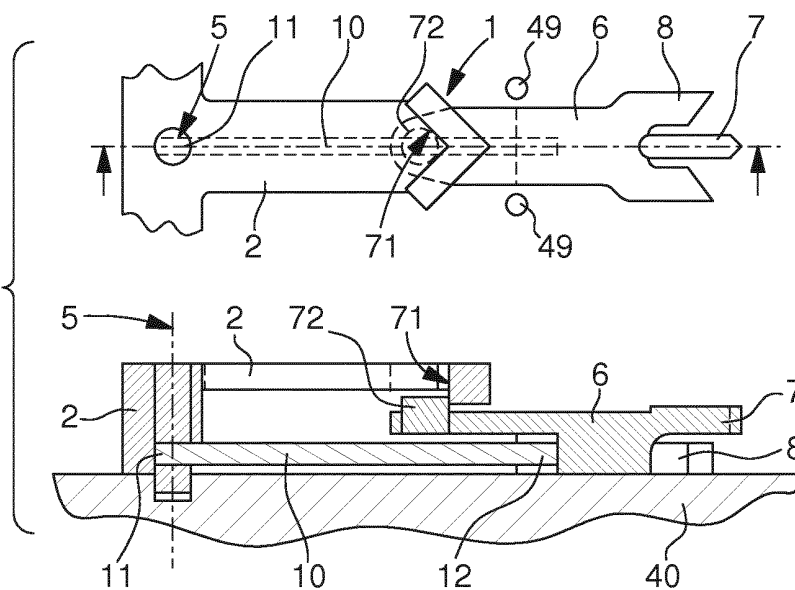


Fig. 26

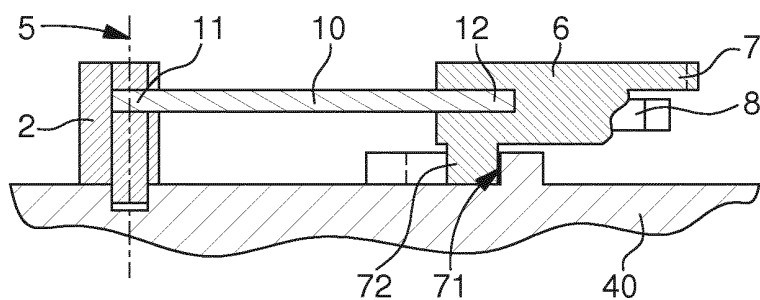


Fig. 27

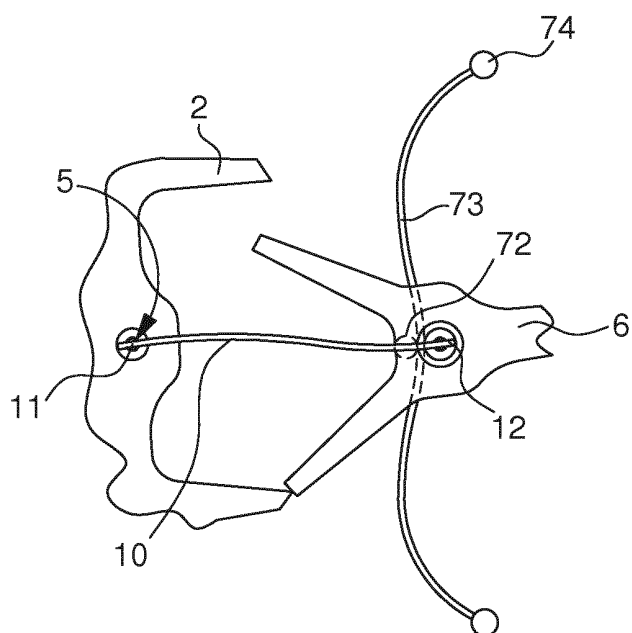


Fig. 30

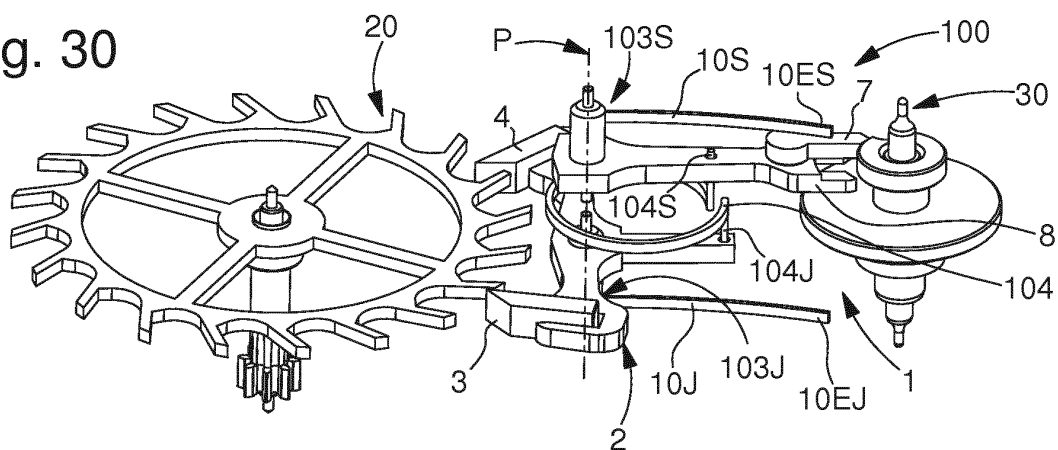


Fig. 31

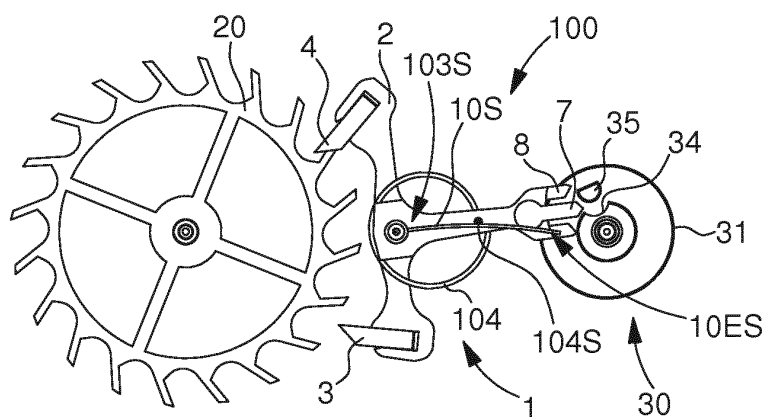


Fig. 32

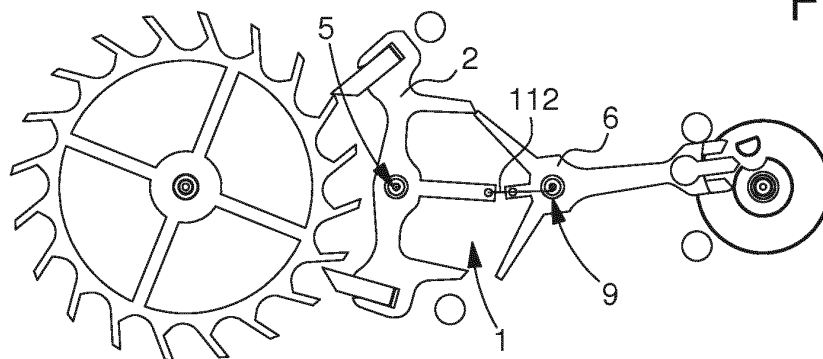


Fig. 33

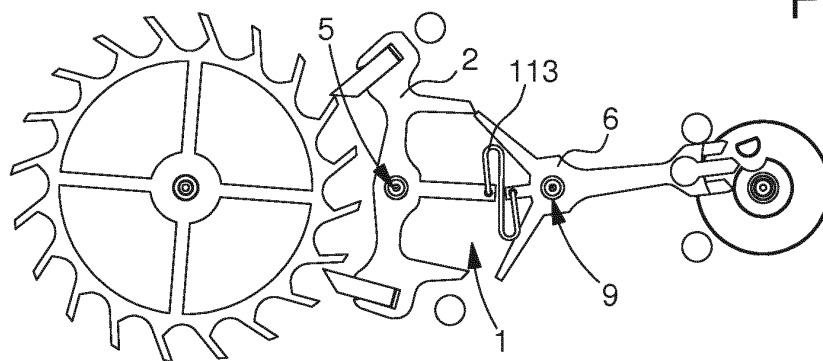


Fig. 28

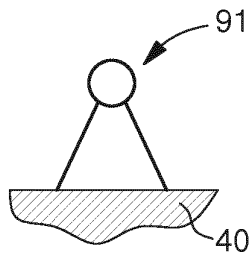


Fig. 29

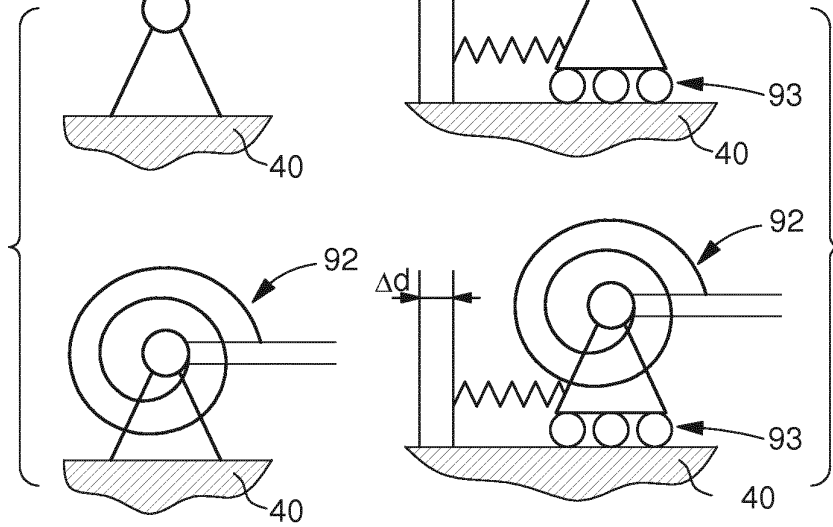
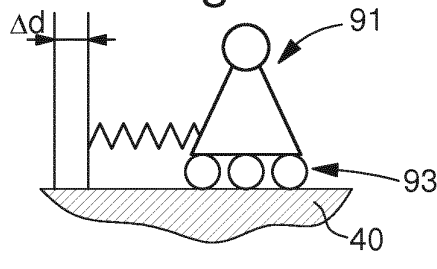


Fig. 34

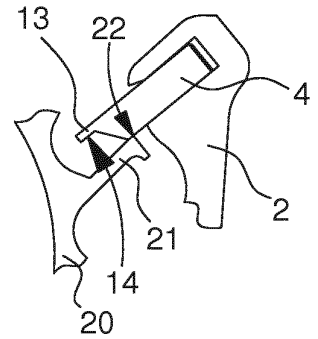


Fig. 37

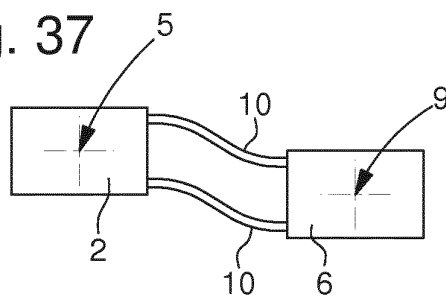


Fig. 36

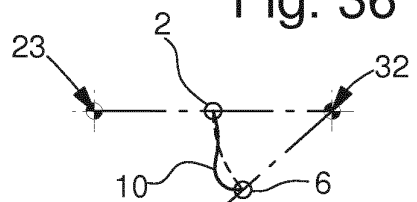


Fig. 39

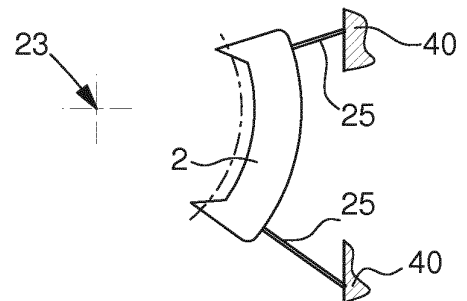


Fig. 38

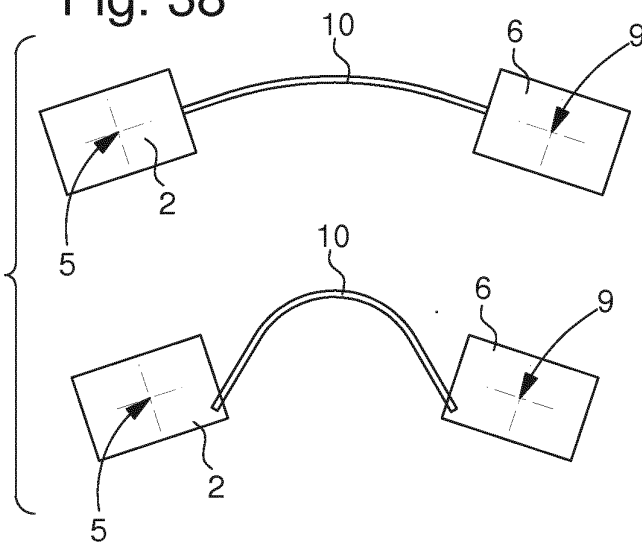


Fig. 40

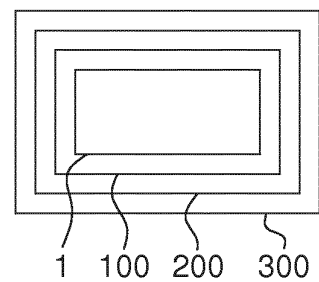


Fig. 35

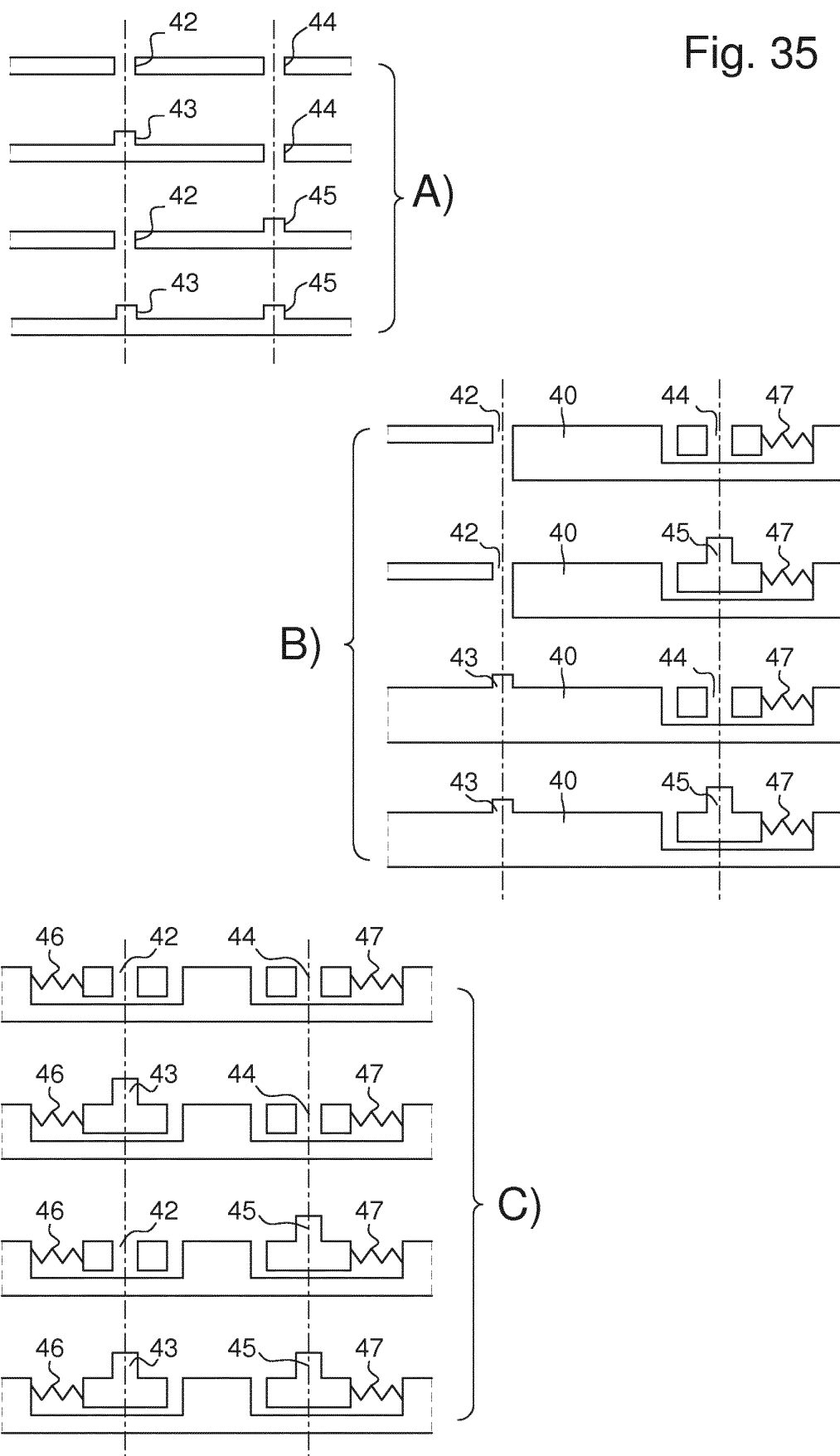
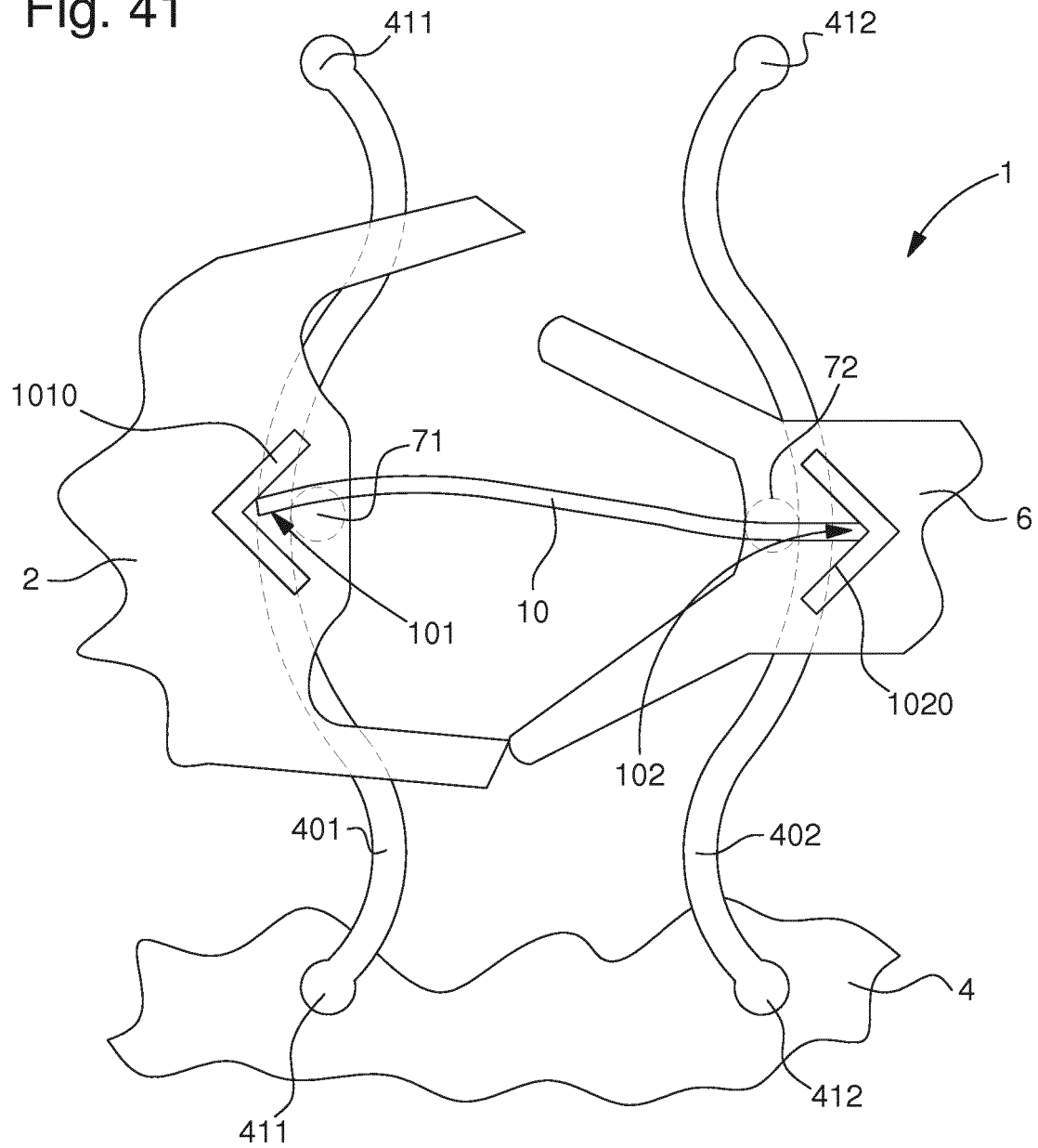


Fig. 41



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 2928015 A1, LENOBLE [0007]
- WO 2011064682 A1, FERRARA [0008]
- EP 2444860 A1, AUDEMARS PIGUET RENAUD ET PAPI [0009]
- EP 2105806 A, GIRARD PERREGAUX [0010]
- EP 2011061244 W [0036]
- EP 2455821 PCT [0036]
- EP 1967919 A, ETA [0114]