

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 705 968 B1

(51) Int. Cl.: G04B 15/14 (2006.01)
G04B 17/04 (2006.01)
G04F 7/08 (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

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

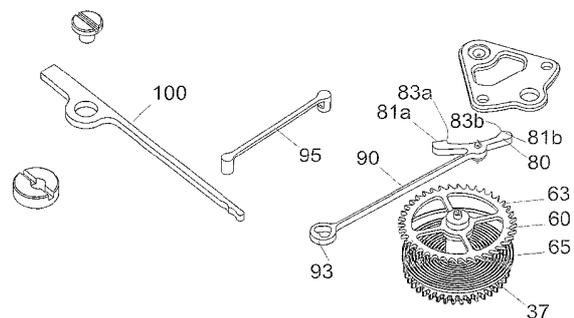
(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00031/12	(73) Titulaire(s): LVMH Swiss Manufactures SA, Rue L.-J. Chevrolet 6a 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)
(22) Date de dépôt: 09.01.2012	
(43) Demande publiée: 15.07.2013	(72) Inventeur(s): Guy Sémon, 2000 Neuchâtel (CH) Gaylord de la Marlière, 2345 Le Cerney-Veusil (CH) Jean-Charles Rousset, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)
(24) Brevet délivré: 30.12.2016	
(45) Fascicule du brevet publié: 30.12.2016	(74) Mandataire: P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848 2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Mouvement d'horlogerie et chronographe comprenant un tel mouvement.**

(57) L'invention concerne un mouvement d'horlogerie comprenant un oscillateur vibrant (100) incluant un diapason ou une lame vibrante (100) connecté mécaniquement à une ancre (80) ayant des surfaces d'impulsion (81a, 81b) recevant de façon alternée une impulsion mécanique des dents (63) d'une roue d'échappement (60), de façon à entretenir des oscillations isochrones dudit oscillateur vibrant, et à faire avancer ladite roue d'échappement (60) d'une dent à chaque oscillation de l'ancre (80), un barillet entraînant ladite roue d'échappement au travers d'un rouage. Le couple appliqué sur ladite ancre par ladite impulsion est sensiblement constant quelle que soit la tension dudit barillet. La roue d'échappement (60) est couplée élastiquement au barillet ou à la source d'énergie, par exemple par un ressort en spirale (65) interposé entre la roue d'échappement (60) et le pignon (37) faisant partie du rouage et coaxial à la roue d'échappement.

L'invention concerne également un chronographe comportant un tel mouvement.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un mouvement horloger munis d'un échappement, et notamment un organe réglant mécanique avec un échappement capable d'entretenir et compter des oscillations isochrones d'un oscillateur vibrant. L'invention concerne également un chronographe comportant un tel mouvement.

[0002] Dans un mode de réalisation, la présente invention se rapporte à des chronographes mécaniques à très haute fréquence permettant la mesure de périodes de temps avec une résolution meilleure que le 1000^e de seconde, et ayant un oscillateur vibrant avec une fréquence égale ou supérieure à quelques dizaines de Hz, par exemple une fréquence égale ou supérieure à 1 kHz. Cependant, l'organe réglant de l'invention peut fonctionner également à des fréquences plus basses, à partir de quelques dizaines de Hz.

Etat de la technique

[0003] La mesure précise du temps sur une période donnée revient à additionner les N premières fractions entières de temps comptées sur la période. Il convient de faire un distinguo entre mesurer et compter le temps: pour compter un intervalle de temps, par exemple une seconde, il faut savoir le partager en fractions égales, par exemple en dixièmes ou en centièmes. Ainsi, il n'est pas possible de compter moins qu'une unité de mesure sans la découper plus finement. Pour mesurer directement, il faut relever la position d'une aiguille dont le déplacement est le résultat d'un comptage.

[0004] Il existe certes des chronographes permettant d'interpoler les fractions entières de temps comptées, afin d'améliorer la résolution affichée. Par exemple, il existe des chronographes munis d'un oscillateur à 5 Hz qui affichent par interpolation des durées inférieures au dixième de seconde; on pourrait aussi sans autre imaginer des chronographes munis d'un oscillateur à 50 Hz, par exemple, et capables d'afficher des durées avec une résolution du millième de seconde. L'interpolation peut par exemple être effectuée en déterminant la position angulaire d'une aiguille, d'un rouage, du balancier, ou de l'axe du balancier, par exemple au moyen d'une came tournant à chaque alternance avec le balancier et dont la position angulaire détermine la fraction d'alternance dans laquelle on se trouve à chaque instant. Une telle interpolation n'est en aucun cas capable de compter ou d'afficher l'intervalle précis.

[0005] La mesure mécanique précise de périodes de temps requiert donc un oscillateur ayant une fréquence propre correspondante à la résolution que l'on souhaite obtenir, ainsi qu'un échappement capable d'entretenir ces oscillations sans en perturber l'isochronisme, et de le compter. En augmentant la fréquence d'oscillation, on améliore la résolution temporelle, ce qui permet de distinguer des intervalles de durée très proches. Une résolution temporelle améliorée est surtout utile pour des chronographes, pour lesquels une résolution temporelle de l'ordre du centième de seconde est parfois souhaitée. Une fréquence d'oscillation élevée engendre cependant une consommation énergétique notamment au niveau de l'échappement, ce qui réduit la réserve de marche de la montre.

[0006] D'autre part, l'énergie incidente qui alimente le régulateur dans une montre mécanique traditionnelle se fait au moyen d'un système discontinu, la roue d'ancre et l'ancre. Traditionnellement, un échappement s'arrête puis accélère à chaque alternance pour communiquer l'énergie au régulateur. Il faut donc à chaque fois «relancer» la roue d'échappement, ainsi que tout le train de rouage qui lui aussi s'arrête puis redémarre à chaque alternance. L'inertie globale de ce système induit une limite dans l'accélération que peut recevoir la roue d'ancre et donc de l'énergie transmise. Un système classique à balancier-spiral, associé à une chaîne de transmission mécanique donnée, possède donc une limite en fréquence et corollairement une limite en durée de fonctionnement.

[0007] Pour cette raison, la fréquence d'oscillation choisie est habituellement un compromis entre les exigences de résolution du chronographe et la volonté de maintenir une réserve de marche élevée pour l'affichage du temps courant.

[0008] Les organes réglants les plus répandus comportent un oscillateur de type balancier-spiral, et par un échappement à ancre. Ces dispositifs, largement décrits dans la littérature technique, ont le plus souvent des fréquences d'oscillation de 4 ou 5 Hz, soit 28 800 ou 36 000 alternances/heure.

[0009] On connaît des chronographes mécaniques à plus haute fréquence, par exemple puisant à 360 000 alternances/heure, et capables de mesurer le 100^e de seconde. La demande de brevet US 2011 0 164 477 décrit une montre bracelet avec un premier organe réglant à basse fréquence pour le comptage du temps, et un second organe réglant à 360 000 alternances par heure pour le chronographe au 100^e de seconde. Le calibre 360 de la déposante, puis la montre Carrera Mikrograph présentés par la déposante exploitent cette construction. Le «Mikrotimer 1000» développé par la déposante, parvient à mesurer mécaniquement le 1000^e de seconde grâce à un oscillateur comprenant un spiral à très haute rigidité et un organe réglant sans balancier, à faible moment d'inertie, donnant lieu à 3 600 000 alternances par heure.

[0010] On ne connaît pas, cependant, des oscillateurs et échappements mécaniques plus rapides, permettant une résolution encore supérieure. Il y a donc un besoin de mesurer des durées chronométrées avec une résolution égale ou supérieure aux résolutions connues.

[0011] Il a été constaté dans le cadre de l'invention que le régulateur à spiral classique n'est plus adapté pour constituer des étalons utiles à la mesure du temps précis ou dès que l'on dépasse des fréquences de l'ordre de 500 à 800 Hz, car il

perd en précision et est trop énergivore. Par ailleurs son inertie globale et son comportement dynamique ne conviennent pas à une oscillation à haute fréquence.

[0012] Une des difficultés rencontrées dans la réalisation d'organes réglant de plus en plus rapide est liée à l'augmentation de l'énergie requise pour leur fonctionnement. Dans les échappements de type conventionnel, en effet, la roue d'échappement ainsi que tout le rouage qui l'entraîne sont soumis à une alternance de phases d'accélération et de phases de repos, ce qui occasionne une forte déperdition d'énergie, ce qui réduit énormément la réserve de marche de la montre. Il y a donc un besoin d'un organe réglant pour montres capable d'entretenir des oscillations isochrones plus rapides que les dispositifs connus, avec une meilleure efficacité énergétique.

Bref résumé de l'invention

[0013] Un but de la présente invention est de proposer mouvement d'horlogerie exploitant un échappement permettant d'entretenir et compter des oscillations à très haute fréquence. Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen de l'objet des revendications annexées.

Brève description des figures

[0014] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

- La fig. 1 illustre un mouvement d'horlogerie comprenant un organe réglant selon un aspect de l'invention.
- La fig. 2 montre l'organe réglant de l'invention dans le mouvement de la fig. 1.
- La fig. 3 représente le même organe réglant en vue explosée.
- Les fig. 4a–4e montrent des phases de l'action de l'échappement de l'organe réglant de l'invention.
- La fig. 5 illustre schématiquement une chaîne de transmission comprenant un barillet, un rouage multiplicateur, et un organe réglant selon un aspect de l'invention.
- La fig. 6 montre la position du point de début de l'impulsion sur la surface d'impulsion de l'ancre de l'organe réglant de l'invention.
- La fig. 7 montre la distance angulaire 8 parcourue par la roue d'échappement en fonction du temps.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0015] Un mode de réalisation de l'organe réglant de l'invention est illustré, de façon simplifiée, sur les Fig. 1 et 2. Dans cet exemple, le mouvement comporte une chaîne duale avec un premier organe réglant, un premier rouage et un premier barillet (non représentés) destinés à la mesure de l'heure courante, et un deuxième organe réglant, un deuxième rouage et un deuxième barillet 32 destinés à la chronographie. La fréquence d'oscillation du deuxième organe réglant est supérieure à la fréquence d'oscillation du premier organe réglant, afin de garantir une réserve de marche nécessaire et suffisante pour la chaîne consacrée à l'affichage de l'heure, et une résolution très fine pour la mesure de durées par le chronographe.

[0016] L'organe réglant du chronographe comporte une roue d'échappement 60 avec un nombre prédéterminé de dents saillantes ayant une géométrie précise 63, de préférence plus de 25 dents, par exemple 40 dents. Le nombre de dents élevé réduit le pas entre les dents et permet ainsi de réduire la distance angulaire parcourue par la roue d'échappement 60 à chaque alternance, de diminuer ainsi la quantité d'énergie nécessaire à chaque alternance, et d'augmenter la fréquence d'oscillation.

[0017] Cette géométrie et ce nombre de dents permettent d'accélérer rapidement la roue d'ancre et donc de communiquer le plus fréquemment possible de l'énergie à l'organe réglant. Au lieu d'arrêter complètement la roue d'ancre à chaque cycle, cette géométrie permet de la ralentir en fin d'impulsion. Le cycle requière un angle d'impulsion très court et à ce titre autorise un grand nombre de dents. La durée d'un cycle est très faible et c'est pendant cette durée que l'on doit accélérer la roue pour créer une énergie cinétique suffisante. Cet échappement se caractérise donc par des accélérations très grandes. L'oscillateur à poutre ainsi réalisé consomme sensiblement moins d'énergie qu'un oscillateur à spiral classique, typiquement au moins deux fois moins qu'un oscillateur classique.

[0018] L'ancre 80 du chronographe comprend une fourchette, comprenant deux bras destinés à s'engager avec les dents de la roue d'échappement 60, solidaire d'une poutre flexible, dite aussi baguette, 90. La longueur de la poutre flexible 90, ainsi que sa section et le matériau choisi, lui donne une flexibilité volontaire; avantageusement, la poutre est donc plus longue que dans une ancre d'échappement à ancre suisse classique. L'ancre constitue donc elle-même un élément oscillant. Les oscillations volontaires de la poutre flexible (ou baguette) déterminent la fréquence de résonance du système d'oscillateur couplé constitué de l'ancre et de la lame vibrante 100.

[0019] L'ancre pivote et se déforme volontairement à chaque alternance autour de l'axe 91, qui peut être muni d'un palier d'un roulement à bille ou empierré.

[0020] L'ancre est préférablement dépourvue de palettes, au vu de la vitesse de rotation de la roue d'échappement et de la quantité d'énergie transmise à chaque impulsion; la réalisation de palettes en saphir ou en céramique serait complexe et alourdirait considérablement l'ancre. A la place, la fourchette comporte des crans (ou saillies) 83a–83b peu proéminents, à la géométrie précise, permettant à l'ancre de se dégager des dents de la roue d'échappement avec une rotation de très faible amplitude. Dans une variante, toutefois, les surfaces de repos 83a–83b pourraient être réalisées par des palettes en pierre ou en céramique. Selon une caractéristique de l'invention, l'échappement comporte ainsi une ancre 80 qui oscille autour du point d'articulation 93 avec un angle d'oscillation très faible, de l'ordre de 4–5° par exemple. Le cycle ainsi généré est différent du cycle d'un échappement à ancre suisse conventionnel.

[0021] L'ancre 80 ne comporte dans cet exemple ni dard, ni cheville. L'articulation 93 à l'extrémité de l'ancre 80 relie l'ancre de manière articulée à un bras 95. L'autre extrémité du bras 95 est liée à l'extrémité libre d'une lame vibrante 100. Dans cet exemple non limitatif, le bras 95 est monté de manière presque perpendiculaire à la lame vibrante 100, en sorte que les vibrations transversales de la lame vibrante 100 sont transmises au bras 95 et à la poutre flexible 90 de l'ancre. L'axe de rotation 91 de l'ancre étant fixe, le bras 95 et la poutre flexible 90 se plient ou se déplient autour de l'articulation 93 à chaque alternance.

[0022] Des montages non perpendiculaires peuvent aussi être envisagés. Par ailleurs, il est aussi possible de réaliser des systèmes dans lesquels la lame vibrante 100, le bras 95 et/ou l'ancre s'étendent dans des plans différents les uns des autres.

[0023] La première extrémité 103 de la lame vibrante est fixe par rapport à la platine. Dans cet exemple, la première extrémité fixe de la lame vibrante 100 est vissée sur la platine au moyen de la vis 101, d'autres moyens de fixation pouvant être prévus. Un dispositif 102 permet d'accorder l'ensemble en générant une précontrainte: dans la forme d'exécution illustrée, ce dispositif comporte un excentrique 102 également vissé sur la platine et qui peut être tourné pour appliquer une force de précontrainte sur la lame vibrante 100; en tournant cet excentrique, on modifie la force de contrainte appliquée sur la lame vibrante, et on modifie la fréquence de résonance de la lame vibrante et/ou son couplage avec le bras 95.

[0024] Les vibrations de l'extrémité libre de la lame vibrante 100 sont transmises à l'ancre 90 au travers du bras 95. Dans une forme d'exécution, la liaison entre la lame vibrante 100 et le bras 95 constitue un pivot simple et une glissière simple, permettant une rotation possible et un glissement entre les deux éléments; la lame vibrante 100 rentre dans le bras. Toute liaison permettant le mouvement relatif désiré entre la lame vibrante et le bras ou coupleur peut être utilisée, de manière à éviter un arc-boutement du bras 95 ou de la lame vibrante 100 en raison de contraintes exercées sur cette liaison.

[0025] La poutre 90 de l'ancre joue ainsi le rôle d'excitateur, le bras 95 constitue une poutre de liaison, ou connecteur, pour transmettre cette excitation à la lame 100 (ou oscillateur) et la faire vibrer ou osciller autour de son point de repos. D'autres types d'excitateurs, y compris un excitateur magnétique exerçant un champ magnétique variable dans le temps, peuvent être employés pour faire vibrer la lame vibrante 100.

[0026] La roue d'échappement 60 est entraînée par une source d'énergie mécanique, par exemple un ou plusieurs barillets 32 représentés schématiquement sur la fig. 6, par l'intermédiaire d'un rouage multiplicateur 35. Les surfaces 81a et 81b de l'ancre 80 reçoivent de façon alternée une impulsion mécanique des dents 63 de la roue d'échappement 60, déterminant ainsi des oscillations isochrones de la lame vibrante 100 connectée à l'ancre 80. La roue d'échappement 60 avance d'une dent à chaque oscillation de l'ancre 80.

[0027] La puissance mécanique disponible à la roue d'échappement 60 n'est pas constante mais, de façon connue, décroît avec la marche de la montre. A partir d'une valeur maximale, correspondant au barillet complètement remonté, la puissance se réduit progressivement au cours de la détente du barillet. Par conséquent, la quantité d'énergie transmise à l'ancre 80 à chaque impulsion donnée par la roue d'ancre décroît avec la charge du barillet.

[0028] Afin de maintenir une amplitude constante des oscillations de la lame vibrante 100, et donc un fonctionnement isochrone, le mouvement comporte des moyens pour garantir que le moment transmis à l'ancre à chaque impulsion soit sensiblement constant, quel que soit la charge du barillet, au moins pendant une plage de fonctionnement du barillet suffisante pour mesurer les durées pour lesquelles le chronographe est conçu.

[0029] Dans un premier mode de réalisation, le barillet est modifié de manière à délivrer un couple constant. Par exemple, le barillet peut comporter des moyens pour limiter la plage d'utilisation dans une zone dans laquelle le couple fourni est sensiblement constant, en réduisant artificiellement la durée de marche du chronographe. Un barillet pouvant théoriquement effectuer 7 à 10 tours afin d'assurer une réserve de marche importante pourra ainsi être limité et empêché de se détendre au-delà d'un tour, ou moins d'un tour, afin de garantir que dans cette plage autorisée le couple fourni soit aussi constant que possible.

[0030] Dans un deuxième mode de réalisation, qui peut aussi être combiné avec le premier mode de réalisation ci-dessus, le barillet peut être associé à une fusée ou à un autre élément équivalent pour régulariser le couple transmis au rouage 35.

[0031] Dans un troisième mode de réalisation, la roue d'échappement 60 et/ou la fourchette de l'ancre 80 sont modifiés dans leur géométrie de manière à transmettre à l'ancre un moment d'impulsion qui soit sensiblement indépendant du

couple moteur transmis à la roue d'échappement par le rouage 35. La géométrie de la dent réceptrice de l'ancre est calculée de telle sorte qu'une variation de couple à la roue d'ancre entraînera une variation de vitesse et donc une zone de contact linéaire comprise entre un point de contact à vitesse maxi et un point de contact à vitesse mini. Quelque soit le point de contact le moment sera constant par variation géométrique du bras de levier. Ce troisième mode de réalisation peut être combiné au premier et/ou au deuxième mode de réalisation ci-dessus.

[0032] Les fig. 4a–4e montrent des phases de l'action de l'échappement de l'organe réglant selon ce troisième mode de réalisation de l'invention. La fig. 4a correspond à la fin de la chute, et au début de l'impulsion sur la surface de sortie 81b de l'ancre 80. La rotation de la roue d'échappement 60 se poursuit jusqu'à que la pointe de la dent 63 en contact avec l'ancre ne bute contre le cran de repos 83b, comme il est montré sur la fig. 4b. Dans cette position de repos sur la sortie, la rotation de la roue d'échappement 60 est interrompue par le cran 83b sur la fourchette de l'ancre 80.

[0033] L'oscillation de l'ancre 80 sous l'effet des vibrations de la lame vibrante 100 conduit au dégagement de la dent 63 et à la libération de la roue d'échappement 60. Il s'en suit une phase de chute, jusqu'à l'instant, visible sur la fig. 4c, où une autre dent 63 de la roue 60 entre en contact avec l'autre surface d'impulsion 81a du bras d'entrée de l'ancre 80.

[0034] La rotation de la roue 60 se poursuit pendant la phase d'impulsion sur la surface d'impulsion d'entrée 81a, jusqu'à que la dent 63 ne parvienne au cran de repos 83a, comme représenté sur la fig. 4d. Cette phase de repos dure jusqu'à l'instant du dégagement, visible sur la fig. 4e, qui donne lieu à une nouvelle phase de chute et au début d'un autre cycle.

[0035] Ainsi, dans l'échappement décrit, les phases d'impulsion précèdent des phases de repos, tandis que dans la plupart des échappements utilisés dans des montres bracelets, les phases de repos sont suivies de phases d'impulsion, et les phases d'impulsion précèdent les chutes.

[0036] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le point de premier contact entre une dent 26 et une surface d'impulsion 81a-b de l'ancre 80 n'est pas fixe, mais varie en fonction de la vitesse de rotation de la roue d'échappement 60, et donc de la puissance transmise par le rouage. Cet aspect est illustré sur la fig. 6. Lorsque le barillet 32 est complètement armé, le contact entre la dent 63 et la surface d'impulsion se produit au point 86a. Avec une puissance réduite, l'accélération de la roue d'échappement 60 est limitée, le temps de chute augmente, et le contact a lieu au point 81b, plus bas. Le déplacement de ce point de contact a pour effet de modifier à la fois le moment d'impulsion transmis à l'ancre 80, et/ou la durée pendant laquelle un moment est transmis. Avantagusement, le moment d'impulsion transmis à l'ancre est ainsi sensiblement indépendant de la vitesse de rotation de la roue d'échappement. Une roue d'échappement qui tourne rapidement exerce lors de l'impulsion une force importante sur l'ancre 80, mais en un point 86a proche du centre de rotation de l'ancre. Une roue d'échappement entraînée par un barillet moins tendu atteint l'ancre avec moins d'énergie, mais exerce la force d'impulsion en un point plus éloigné du centre de rotation de l'ancre. Il en résulte un moment d'impulsion transmis à l'ancre sensiblement constant.

[0037] La forme des surfaces d'impulsion 81a et 81b est optimisée pour garantir ce moment d'impulsion constant. Dans un mode de réalisation, ces surfaces d'impulsion sont courbes, par exemple en cycloïde, de préférence et par exemple, en brachistochrone. Dans un autre mode de réalisation moins optimal mais plus simple à réaliser, les surfaces d'impulsion sont constituées par des segments de droites.

[0038] Selon un aspect indépendant de l'invention, si la puissance disponible à l'échappement est insuffisante, par exemple lorsque le barillet est insuffisamment armé, le dégagement de la dent 63 peut avoir lieu avant que celle-ci ne parvienne au cran de repos. En ce cas, la phase d'impulsion est suivie d'une phase de chute sans arrêt de la roue d'échappement 60. Lors de l'alternance suivante, la roue d'échappement ne démarre pas d'une condition de repos, mais possède déjà une vitesse de rotation non nulle, et pourra parvenir à toucher le cran de repos (de l'autre bras de l'ancre) en dépit de la puissance disponible réduite, ou du moins à s'en approcher davantage. Il est aussi possible que la roue d'échappement très ralentie ne bute contre le cran de repos qu'après un nombre supérieur d'alternances, par exemple après trois, quatre ou d'avantage d'alternances. Cette caractéristique, obtenue notamment grâce aux crans 83a-83b peu proéminents et à la géométrie des dents 63, évite d'arrêter complètement une roue d'échappement qui possède trop peu d'énergie, et lui permet de poursuivre son accélération pendant plusieurs alternances successives.

[0039] L'organe réglant de l'invention comporte donc, en plus du régime de fonctionnement normal, avec une phase de repos pour chaque alternance, un régime de fonctionnement à puissance réduite, dans lequel on a une phase de repos chaque deux, trois ou N alternances. Dans le régime à puissance réduite, la marche de l'organe réglant reste régulière.

[0040] La fig. 7 montre la distance angulaire 9 parcourue par la roue d'échappement 60 en fonction du temps. La droite 200 montre la marche «idéale»; la roue d'échappement tourne à une vitesse constante. La courbe 201 montre une courbe correspondant à un échappement classique, et à l'échappement décrit dans son régime de fonctionnement normal, dans lequel la roue d'échappement est arrêtée à chaque alternance par l'ancre, puis accélère à nouveau jusqu'au prochain point de repos lors de l'alternance suivante. La courbe 202 montre la distance angulaire parcourue par la roue d'échappement de l'invention dans un régime de fonctionnement à puissance réduite; lors de certains cycles, l'ancre libère la roue d'échappement avant de l'arrêter, ce qui permet à la roue de poursuivre son accélération pendant une ou plusieurs alternances successives.

[0041] On a constaté que l'excitation des oscillations de la lame vibrante 100 est meilleure lorsque la poutre 90 de l'ancre est elle-même flexible, et présente une masse concentrée à son extrémité. La flexibilité de la poutre 90 est avantageuse

en ce qu'elle permet de transmettre l'énergie vibratoire à la lame 100 sans arrêter l'oscillation. Dans l'exemple représenté sur la fig. 1 la masse est constituée par l'articulation à charnière 93 elle-même. La liaison entre la poutre flexible 90 de l'ancre et la lame vibrante 100 est assurée par un bras (ou connecteur) 95. Cet arrangement constitue donc un système d'oscillateurs couplés entre la lame vibrante 100 et la poutre flexible 90 de l'ancre. Il est aussi possible de prévoir un bras 95 (ou connecteur) pourvu d'une certaine flexibilité pour lui permettre d'osciller. Dans ce cas, l'arrangement constitue donc un système avec trois oscillateurs 100, 95, 90 couplés. La petite masse peut aussi constituer un dispositif d'accordage supplémentaire. Ce dispositif peut par exemple être pelable ou automatiquement ablaté au moyen d'un laser (accordage automatique...).

[0042] On comprend bien que l'inertie de l'ancre 80 et du bras 95, et le couplage entre les vibrations de la lame 100 et celles de la poutre flexible 90 modifient la dynamique du système composé. Les fréquences propres d'oscillation ne sont en général pas calculables avec des méthodes analytiques, mais peuvent être obtenues par des procédés de simulation numérique connus et dépendent aussi de la précontrainte appliquée à la lame 100. On peut obtenir des fréquences d'oscillation de 1 kHz ou supérieures.

[0043] Dans une forme de réalisation, l'ancre 80, la poutre flexible 90 de l'ancre, le bras 95 et la lame 100 sont réalisés en une seule pièce. Dans cette variante, le système peut être complètement flexible et dépourvu d'articulations.

[0044] L'ancre 80, la poutre flexible 90 de l'ancre et le bras 95 et/ou la lame 100 peuvent être réalisés par des procédés de micro-usinage, par exemple à partir d'une plaque de silicium par un procédé de gravure ionique réactive (DRIE) ou par tout autre procédé idoine. Le silicium peut être recouvert d'une couche d'oxyde de silicium afin de compenser l'influence de la température.

[0045] Dans une forme de réalisation, l'ancre 80, la poutre flexible 90 de l'ancre et le bras 95 et/ou la lame 100 peuvent être réalisés en métal, préféablement un métal dont les qualités élastiques et dimensionnelles ne dépendent pas de la température, tel que l'Invar.

[0046] Selon un aspect indépendant, la présente invention concerne aussi un procédé d'ajustage de la fréquence d'oscillation d'un organe réglant tel que décrit plus haut. Plusieurs procédés d'ajustage peuvent être mis en œuvre indépendamment les uns des autres, ou combinés entre eux.

[0047] Comme mentionné plus haut, en tournant l'excentrique 102 près de l'extrémité fixe 103 de la lame vibrante 100, on modifie la force de contrainte appliquée sur cette lame ce qui permet de modifier la fréquence du système.

[0048] La fréquence d'oscillation peut aussi être ajustée en variant la longueur de la portion vibrante de la lame flexible 100, par exemple en variant la profondeur d'encastrement de la lame flexible. Une vis micrométrique peut être prévue à cet effet.

[0049] La fréquence d'oscillation peut aussi être modifiée en modifiant la masse de la lame oscillante, ou de préférence une masse le long de ou à l'extrémité de l'ancre, par exemple la masse 93 formant l'articulation avec le bras 95. La variation de masse peut par exemple être obtenue par micro-usinage laser de la masse 93 pour corriger la fréquence de résonance de l'organe oscillant.

[0050] Des éléments externes, par exemple des masses amovibles ou déplaçables, peuvent être ajoutés à ou déplacés le long de la lame vibrante 100, au bras 95 et/ou à l'ancre 80 pour modifier la fréquence. Des aimants externes peuvent aussi être déplacés pour exercer une influence maîtrisée sur la lame vibrante 100.

[0051] Selon un autre aspect de l'invention, la roue d'échappement 60 est couplée élastiquement au barillet ou à la source d'énergie 32. Dans l'exemple de réalisation illustré sur la fig. 1, un ressort en spirale 65 est interposé entre la roue d'échappement 60 et le pignon 37 faisant partie du rouage et coaxial à la roue d'échappement. Ce ressort en spirale emmagasine l'énergie transmise par le barillet au travers du rouage même lorsque la roue d'échappement est bloquée par l'ancre et qu'elle ne peut pas tourner; dès que la roue d'échappement est libérée suite à une oscillation de l'ancre, l'énergie emmagasinée par le ressort en spirale 65 est quasi instantanément libérée et transmise à la roue d'échappement 60 qui accélère ainsi immédiatement. En outre, cette accélération n'est pas freinée par l'inertie du rouage. Ce dispositif permet de s'affranchir de l'inertie du train de rouage, obstacle majeur aux grandes accélérations de la roue d'échappement. L'accélération de la roue 60 est limitée essentiellement par sa propre inertie.

[0052] La roue d'échappement 60 sera préféablement réalisée de façon à réduire son moment d'inertie. Elle est préféablement fabriquée en acier ou en un matériau léger, par exemple en silicium, en un alliage Ni-P, ou en titane, ou en un alliage contenant du titane.

[0053] Le ressort en spirale 65 se tend donc pendant chaque phase de repos de l'ancre 80, puis se détend brusquement lors de la libération. Il oscille donc à chaque alternance, comme un ressort dans un organe réglant classique. Toutefois, au contraire d'un organe réglant classique, ce ressort en spirale ne détermine pas directement les cycles de l'échappement qui sont ici déterminés par la lame vibrante. Ce ressort est calculé spécifiquement en fonction de la puissance mécanique disponible à la roue d'ancre, des inerties en présence et des vitesses requises sur la roue d'ancre.

[0054] Le ressort en spirale 65 permet en outre d'amortir les chocs liés à l'alternance entre phases d'impulsion et phases de repos. De cette façon, même si la rotation de la roue d'échappement est saccadée, le rouage 35 et le barillet 32 tournent avec une vitesse à peu près constante, et le rendement énergétique est amélioré.

[0055] Un couplage élastique entre la roue d'échappement et le rouage peut aussi être obtenu au moyen d'un élément élastique autre qu'un ressort en spirale, par exemple un autre type de ressort. Par ailleurs, un couplage élastique pourrait aussi être prévu à un autre endroit dans le rouage entre le barillet et la roue d'échappement, par exemple en amont du pignon 37 sur l'axe d'échappement.

[0056] L'organe de réglage illustré oscille à une fréquence élevée (de préférence supérieure à 50 Hz, typiquement supérieure à 500 Hz, par exemple 1000 Hz) nécessite une puissance en conséquence qui entraîne, comme surtout chronographe, une réserve de marche limitée. Puisque l'objectif premier est de réaliser un instrument précis on aura souci de garantir une réserve de marche adaptée à la durée de l'intervalle de temps pendant lequel on est capable de garantir chronométriquement la décimale visée. Cet organe réglant est donc avant tout destiné à réguler un chronographe employé pendant des durées limitées, par exemple des durées inférieures à quelques heures, typiquement des durées de quelques minutes ou correspondant par exemple à la durée typique d'une épreuve sportive. Des tests et des simulations ont démontré que l'usage d'une lame vibrante à 1000 Hz associée à l'échappement décrit permet d'atteindre ou dépasser la réserve de marche d'un chronographe à 500 Hz basé sur un spiral, ce qui démontre qu'à énergie disponible constante, le rendement, en terme d'énergie dépensée par alternance, est au moins deux fois supérieur. L'organe réglant haute fréquence est ainsi arrêté la plupart du temps, sauf lorsque le chronographe est employé. Afin d'assurer un démarrage instantané de l'organe réglant, un lanceur non illustré est avantageusement prévu pour mettre la lame vibrante en vibration lorsque l'utilisateur appuie sur la touche START du chronographe. Dans un mode de réalisation, ce lanceur agit en appliquant une impulsion directement sur la lame vibrante. Dans un autre mode de réalisation, le lanceur agit en appliquant une brève impulsion sur la masse 93 à l'articulation entre le bras 95 et l'ancre 80, de manière à contraindre cette articulation et à exercer ainsi une traction ou une poussée sur l'extrémité libre de la lame vibrante qui se met ainsi à osciller. Le même lanceur peut être employé lorsque l'utilisateur appuie sur la touche STOP pour bloquer l'organe réglant, par exemple en appuyant sur l'articulation 93 en empêchant ainsi l'ancre 80 d'osciller.

[0057] Le mouvement comporte avantageusement des ouvertures permettant de voir la lame vibrante 100, le bras 95 et/ou l'ancre 90. Avantageusement, le mouvement permet aussi de voir le ressort en spirale 65. Le mouvement peut être intégré dans une montre qui permet de voir au travers du cadran un ou plusieurs des éléments 90, 95, 100 et/ou 65. Une telle ouverture à travers le mouvement et le cadran permet aussi d'entendre le bruit très caractéristique des oscillations de l'organe réglant, par exemple le bruit créé par des oscillations entre 500 et 2000 Hz.

Numéros de référence employés sur les figures

[0058]

- 32 barillet
- 35 rouage
- 37 pignon sur l'axe de la roue d'échappement
- 60 roue d'échappement
- 63 dent de la roue d'échappement
- 65 couplage élastique, ressort en spirale
- 80 ancre
- 81a, b surfaces d'impulsion
- 83a, b crans de repos
- 86a, b point de début de l'impulsion
- 90 poutre (baguette) de l'ancre flexible
- 91 axe de l'ancre
- 93 articulation d'ancre
- 95 bras
- 100 lame vibrante
- 101 point de fixation de la lame vibrante
- 102 excentrique

Revendications

1. Mouvement d'horlogerie comprenant un oscillateur vibrant (100) incluant un diapason ou une lame vibrante (100) connecté mécaniquement à une ancre (80) ayant une poutre flexible (90) et des surfaces d'impulsion (81a, 81b) recevant de façon alternée une impulsion mécanique des dents (63) d'une roue d'échappement (60), les vibrations transversales de ladite lame vibrante (100) étant transmises à la poutre flexible (90) de façon à entretenir des oscillations isochrones dudit oscillateur vibrant, et à faire avancer ladite roue d'échappement (60) d'une dent à chaque oscillation de ladite ancre (80), une source d'énergie (32), par exemple un barillet, entraînant ladite roue d'échappement au travers d'un rouage (35), caractérisé en ce que ladite roue d'échappement (60) est couplée élastiquement à ladite source d'énergie (32).
2. Mouvement d'horlogerie selon la revendication 1, dans lequel la roue d'échappement (60) est couplée élastiquement à ladite source d'énergie par un ressort en spirale (65) reliant ladite roue d'échappement (60) à un pignon d'échappement (37) sur l'axe de la roue d'échappement (60).
3. Mouvement d'horlogerie selon la revendication 2, dans lequel la roue d'échappement (60), le ressort en spirale (65) et le pignon d'échappement (37) sont coaxiaux.
4. Mouvement d'horlogerie selon la revendication 1, dans lequel ledit rouage comporte un pignon d'échappement (37) sur l'axe de la roue d'échappement (60) et ladite roue d'échappement (60) est couplée élastiquement à ladite source d'énergie par un couplage élastique dans le rouage entre le pignon d'échappement (37) et la source d'énergie.
5. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la forme des surfaces d'impulsion (81a, 81b) de l'ancre est telle que le point de premier contact entre les dents (63) et les surfaces d'impulsion (81a, 81b) se déplace le long de la surface d'impulsion en fonction de la tension du barillet (32).
6. Mouvement d'horlogerie réglant selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit oscillateur vibrant (100) comprend une lame vibrante encastree à une extrémité.
7. Mouvement d'horlogerie selon la revendication précédente, ladite lame vibrante (100) étant liée à ladite poutre flexible (90) solidaire de ladite ancre au travers d'un connecteur mécanique (95).
8. Mouvement d'horlogerie selon la revendication précédente, dans lequel ladite poutre flexible (90) comporte une masse concentrée à son extrémité reliée au connecteur mécanique (95).
9. Mouvement d'horlogerie selon la revendication précédente, dans lequel ledit connecteur mécanique (95) comporte un bras (95) connecté à la poutre flexible (90) par une articulation.
10. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications 7 à 8, dans lequel ladite ancre (80), ladite poutre flexible (90), ledit connecteur mécanique (95) et ladite lame vibrante (100) sont réalisés en une seule pièce.
11. Mouvement d'horlogerie selon la revendication 10, dans lequel ladite ancre (80), ladite poutre flexible (90) et ledit connecteur mécanique (95) ont été réalisés à partir d'une seule plaque en silicium.
12. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel ladite lame vibrante (100) est réalisée en élinvar.
13. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites surfaces d'impulsion (81a, 81b) sont courbes.
14. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel lesdites surfaces d'impulsion (81a, 81b) sont droites.
15. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite roue d'échappement comporte plus de 25 dents.
16. Mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites oscillations isochrones ont une fréquence supérieure ou égale à 1 kHz.
17. Chronographe comprenant un mouvement d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 16.

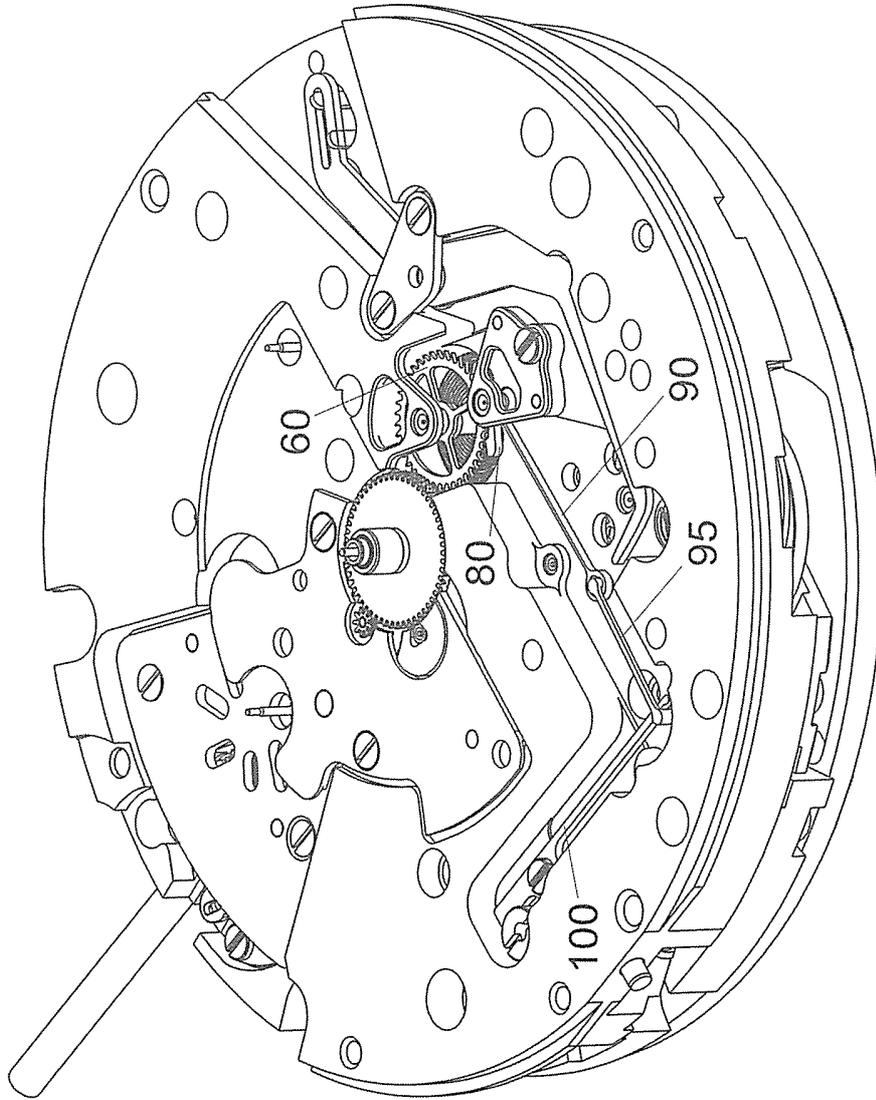


Fig.1

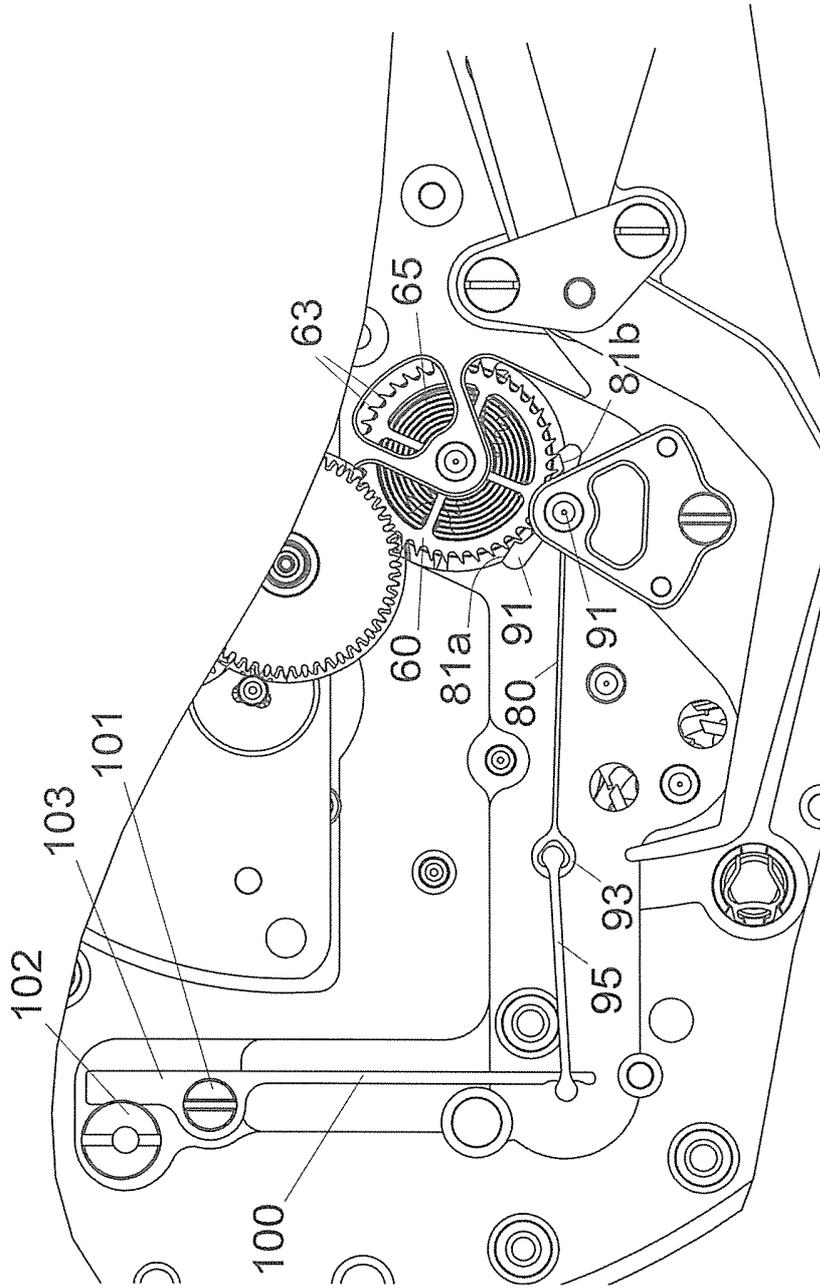


Fig.2

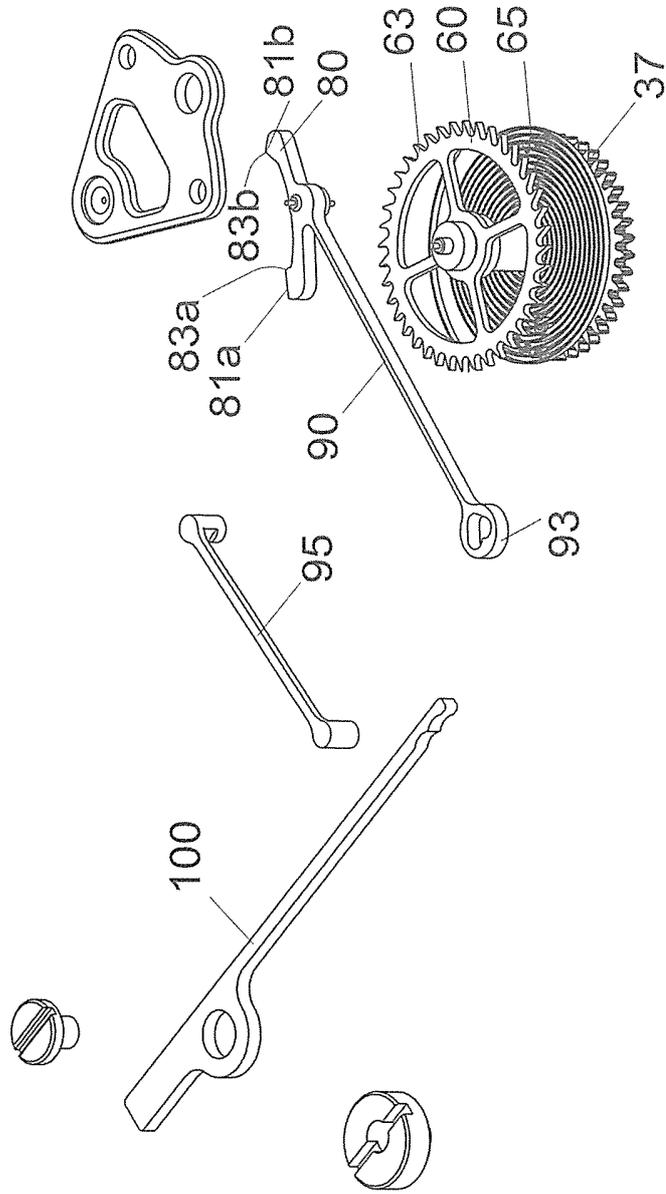


Fig.3

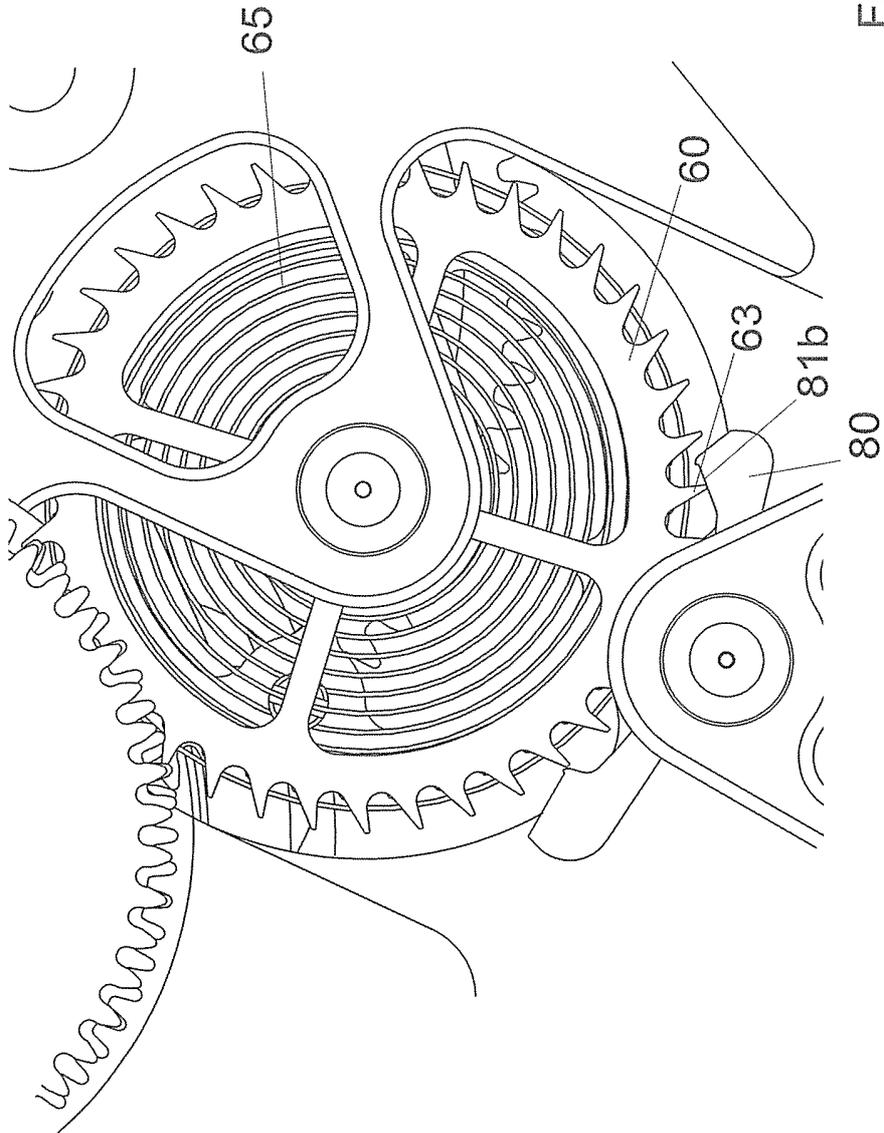


Fig.4a

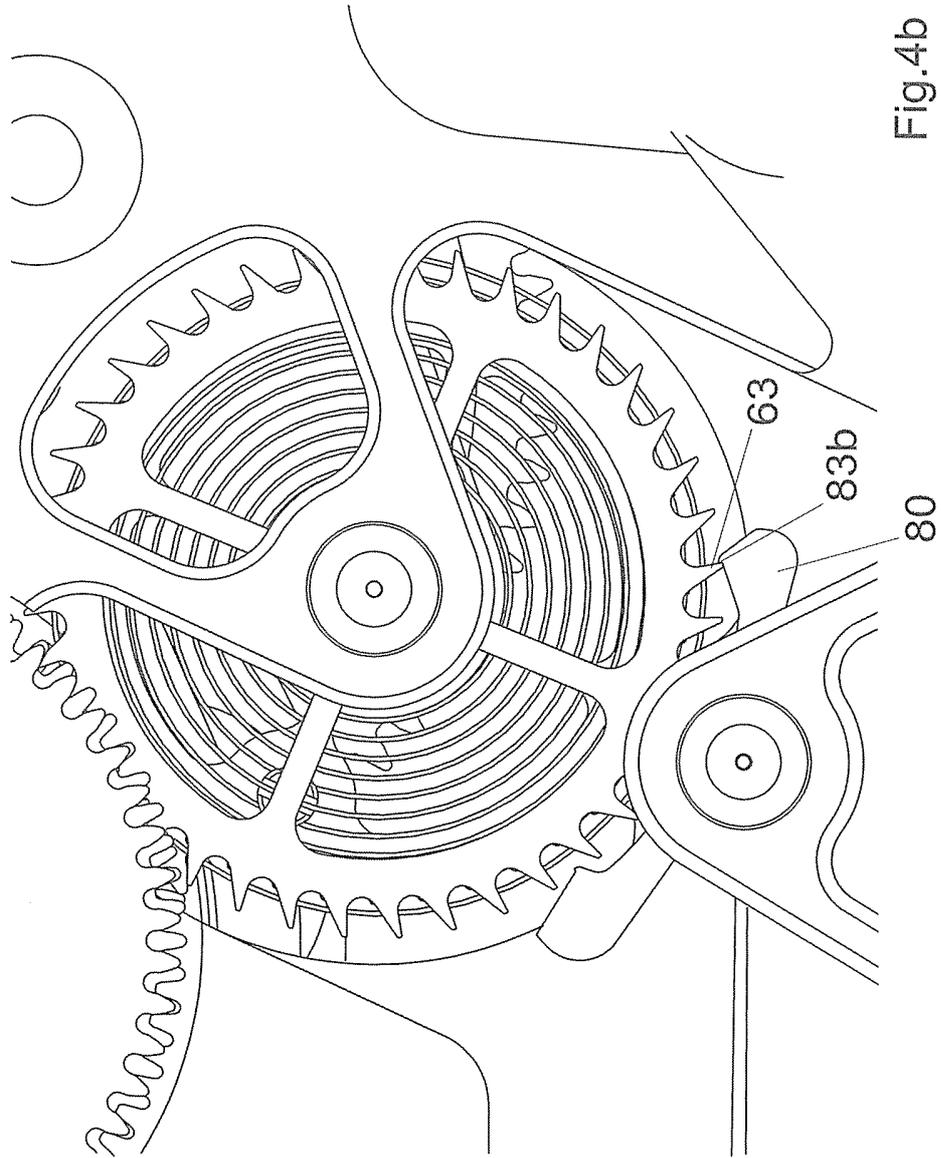


Fig.4b

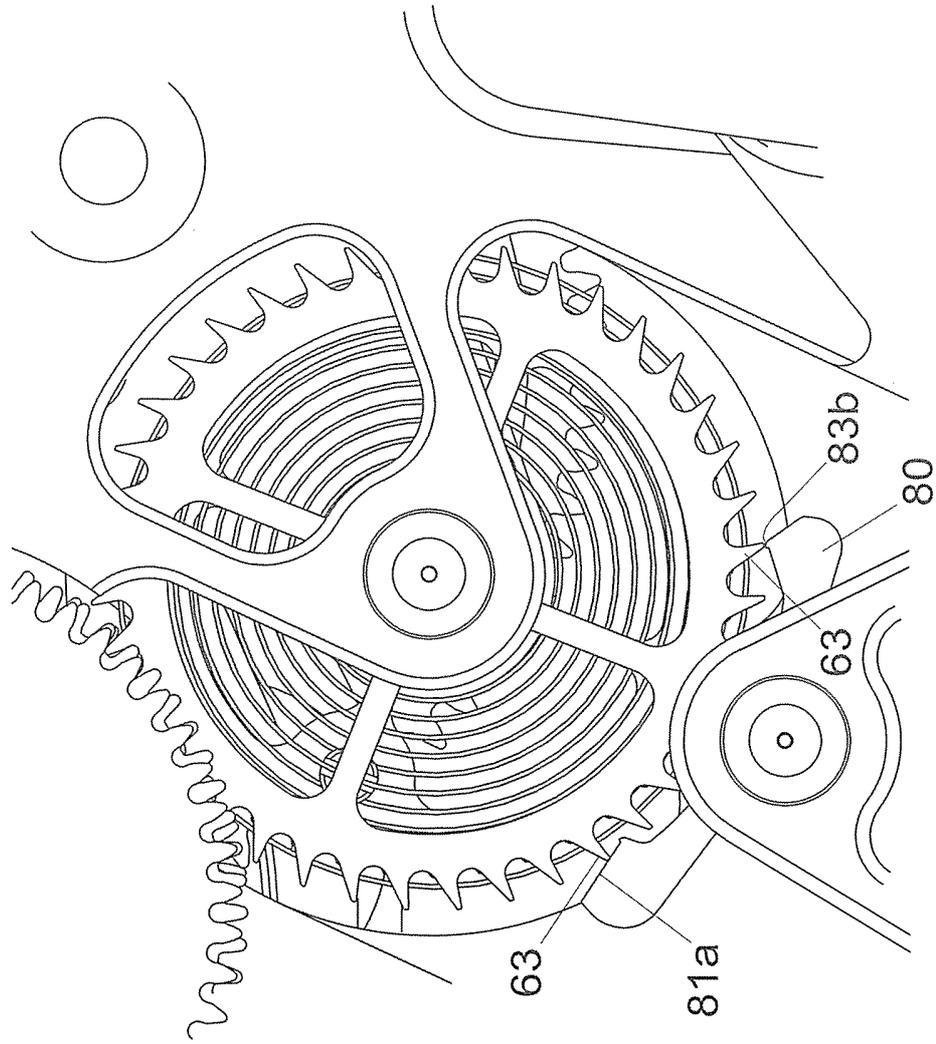


Fig.4c

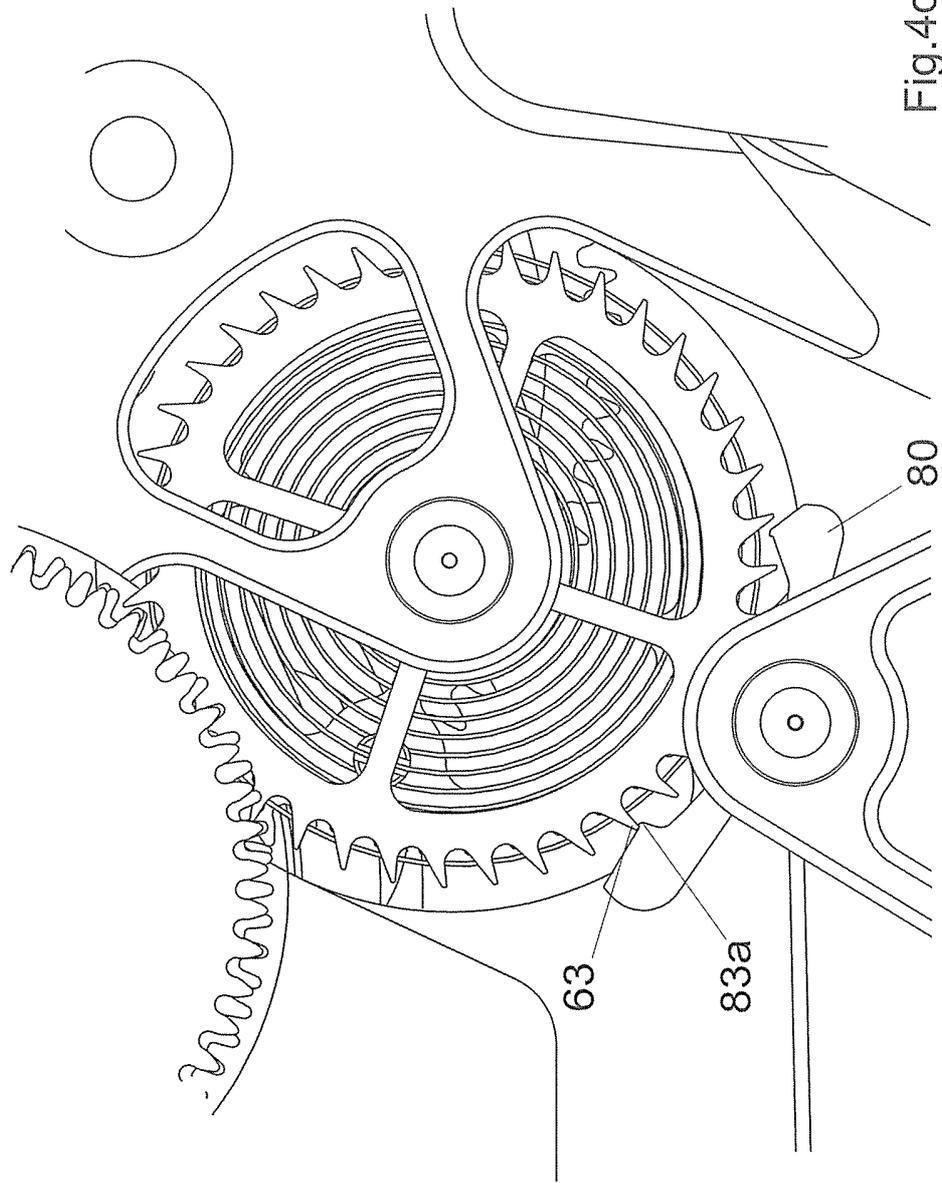


Fig.4d

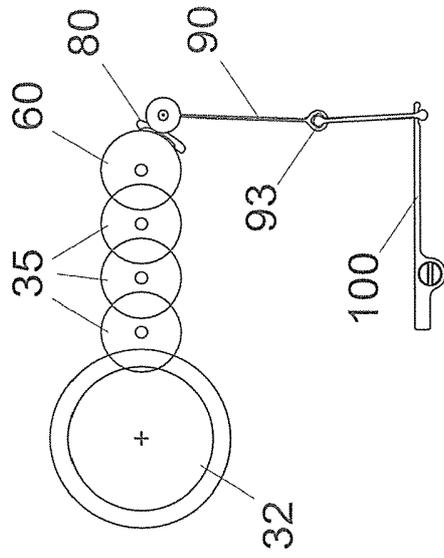


Fig.5

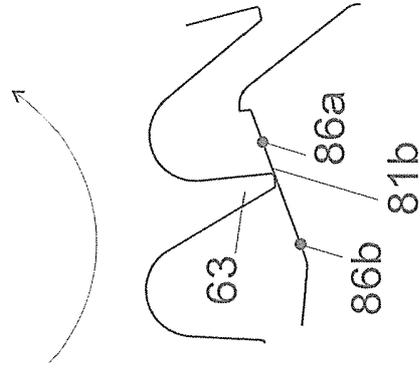


Fig.6

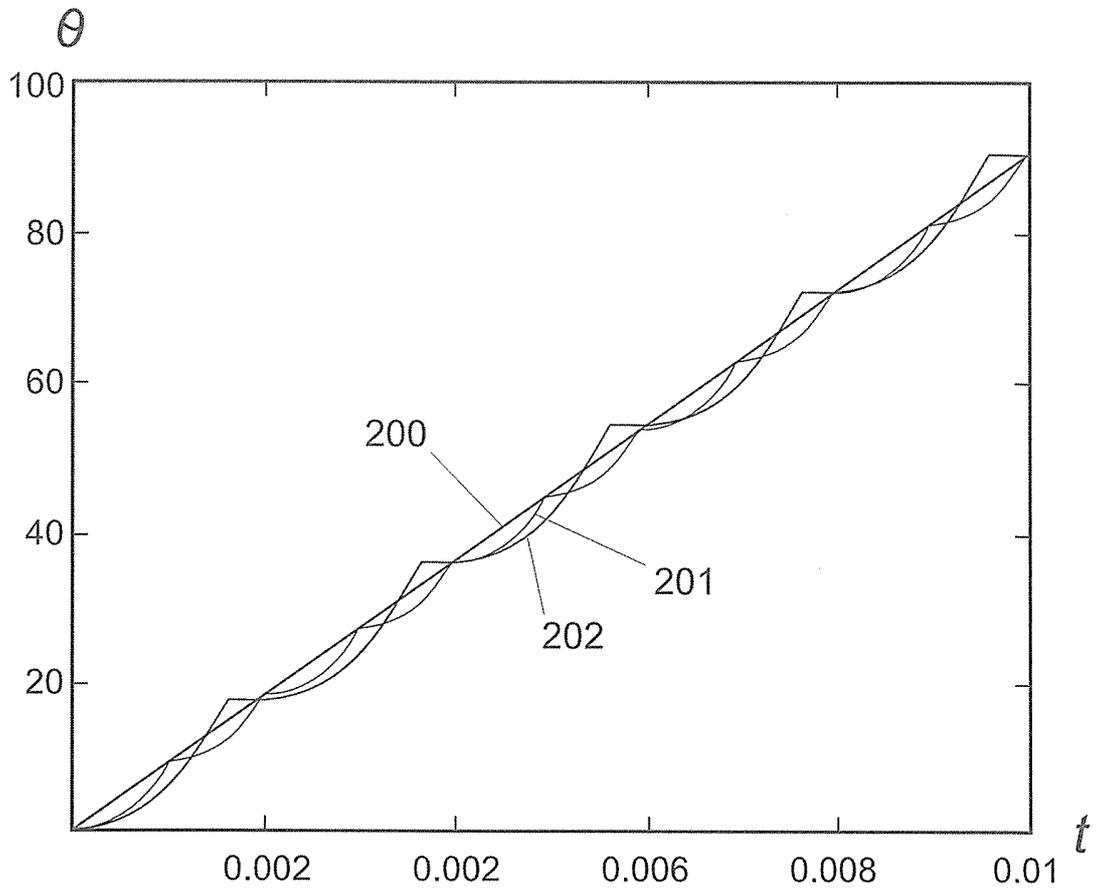


Fig.7