



(11)

EP 3 130 966 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
15.02.2017 Bulletin 2017/07

(51) Int Cl.:
G04B 17/20 (2006.01) **G04B 18/02** (2006.01)
G04B 18/04 (2006.01) **G04D 7/10** (2006.01)
G04D 7/12 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15180503.3**

(22) Date de dépôt: **11.08.2015**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA

- **Di Domenico, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)
- **Conus, Thierry**
2543 Lengnau (CH)
- **Helfer, Jean-Luc**
2525 Le Landeron (CH)

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**
2540 Grenchen (CH)

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

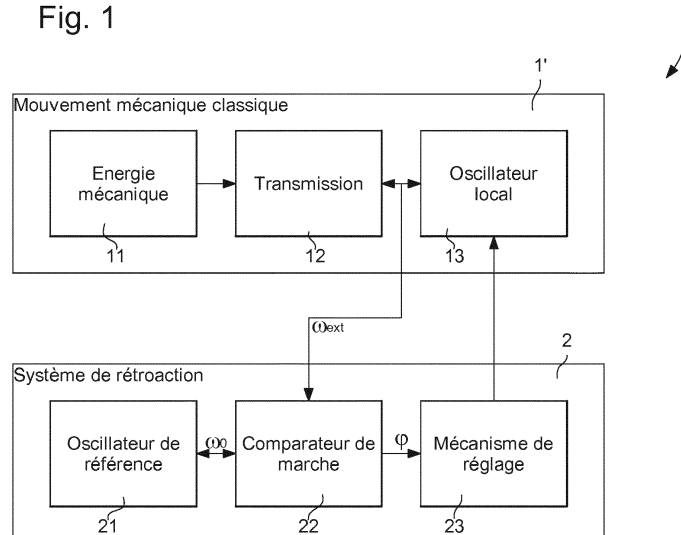
(72) Inventeurs:
• **Winkler, Pascal**
2072 St-Blaise (CH)

(54) **MOUVEMENT D'HORLOGERIE MECANIQUE MUNI D'UN SYSTEME DE RETROACTION DU MOUVEMENT**

(57) Le mouvement d'horlogerie mécanique (1) comprend au moins un barillet (11), un ensemble de roues d'engrenage (12) entraîné à une extrémité par le barillet, et un mécanisme d'échappement d'un oscillateur local (13) avec un résonateur sous forme d'un balancier-spiral et un système de rétroaction (2) du mouvement d'horlogerie. Le mécanisme d'échappement est entraîné à une autre extrémité de l'ensemble de roues d'engrenage

(12). Le système de rétroaction (2) comprend au moins un oscillateur de référence précis (21) combiné à un comparateur de marche (22) pour comparer la marche des deux oscillateurs et un mécanisme de réglage (23) du résonateur de l'oscillateur local pour ralentir ou accélérer le résonateur sur la base d'un résultat de la comparaison dans le comparateur de marche.

Fig. 1



Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention concerne un mouvement d'horlogerie mécanique muni d'un système de rétroaction du mouvement.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

[0002] Depuis de nombreuses années, le mouvement d'horlogerie mécanique d'une montre a subi de multiples améliorations notamment pour adapter ou régler la fréquence d'oscillation du balancier-spiral en tant que résonateur de l'oscillateur local. Le mouvement d'horlogerie mécanique classique et en particulier son échappement à ancre suisse se caractérise par sa robustesse à l'encontre des chocs subis par la montre. Cela signifie que l'état de la montre n'est en général pas affecté lors d'un choc ponctuel. Cependant, le rendement d'un tel échappement n'est pas très bon par exemple de 30% environ. De plus, l'échappement à ancre suisse ne permet pas d'utiliser des résonateurs, dont la fréquence est élevée ou l'amplitude est faible.

[0003] Dans la demande de brevet WO 2006/045824 A2, il est décrit un organe de réglage pour amener le balancier-spiral en oscillation vers une position d'équilibre. Un échappement est aussi prévu pour entretenir une oscillation du balancier autour de sa position d'équilibre. Pour ce faire, le balancier est lié à au moins un aimant permanent mobile, alors que l'organe de réglage a un aimant permanent fixe de manière à générer un champ magnétique de rappel du balancier vers sa position d'équilibre. Rien n'est défini en ce qui concerne un système de rétroaction susceptible d'adapter la fréquence d'oscillation du balancier-spiral, ce qui constitue un inconvénient.

[0004] Pour pouvoir entretenir un résonateur d'un oscillateur local à une haute fréquence, le principe de l'échappement à ancre suisse doit être adapté. Pour ce faire, une augmentation en fréquence de l'organe de réglage requiert plus d'énergie pour entretenir l'oscillateur. Pour réduire l'énergie, il peut être prévu de réduire la masse ou l'inertie de l'oscillateur, de réduire l'amplitude d'oscillation, d'augmenter le facteur de qualité de l'oscillateur, ou d'avoir un meilleur rendement de transmission d'énergie entre l'organe moteur et l'organe de réglage. Ainsi avec un échappement à ancre suisse traditionnel, trop d'énergie est consommée en prévoyant de multiples fois par seconde une accélération et un arrêt. Même en allégeant au maximum l'ancre et sa roue, cela ne permet pas de réaliser facilement un oscillateur à haute fréquence.

[0005] Dans un mouvement mécanique proposé par De Bethune, il est proposé un échappement de type magnétique avec l'énergie transmise de manière sinusoïdale et en continu. Un organe moteur mécanique transmet un couple de force à un rouage démultiplicateur. A

l'extrémité dudit rouage, un rotor magnétique transmet l'énergie au résonateur de l'oscillateur local, sur lequel sont fixés des aimants permanents. La vitesse du rouage se synchronise à la fréquence propre du résonateur. Le résonateur en tant qu'organe de réglage contrôle la mesure du temps. La vitesse de défilement des aiguilles d'indication de l'heure est contrôlée par une division précise et régulière du temps.

[0006] Un tel résonateur peut remplacer le balancier-spiral traditionnel pour mieux satisfaire aux exigences et contraintes d'une oscillation à haute fréquence pour améliorer la précision. Il n'y a plus de points de fixation spécifiques. Il est plus rigide et permet une utilisation du premier mode de vibration naturelle. Le facteur de qualité est également supérieur à l'oscillateur traditionnel même à faible amplitude.

[0007] Cependant selon la réalisation décrite ci-devant pour le mouvement De Bethune, il n'y a pas de résistance aux chocs. Dans ces conditions, les aiguilles sont susceptibles d'avancer rapidement suite à tout choc. De plus, il n'est pas décrit un système de rétroaction pour adapter simplement et précisément la fréquence d'oscillation d'un balancier-spiral, comme pour la présente invention, ce qui constitue un inconvénient.

[0008] Selon l'invention, il est cherché un moyen pour utiliser un résonateur d'un oscillateur local, qui présente un facteur de qualité élevé, une fréquence élevée et/ou des amplitudes faibles. Ceci est prévu sans abandonner la robustesse aux chocs d'un échappement à ancre suisse.

RESUME DE L'INVENTION

[0009] L'invention a donc pour but principal de pallier les inconvénients susmentionnés en proposant un mouvement d'horlogerie mécanique muni d'un système de rétroaction capable d'adapter précisément la fréquence d'oscillation d'un résonateur d'un oscillateur local du mouvement mécanique.

[0010] A cet effet, la présente invention concerne un mouvement d'horlogerie mécanique qui comprend les caractéristiques de la revendication indépendante 1.

[0011] Des formes particulières d'exécution du mouvement d'horlogerie mécanique sont définies dans les revendications dépendantes 2 à 22.

[0012] Un avantage du mouvement d'horlogerie mécanique selon l'invention réside dans le fait qu'il peut y avoir une optimisation de la précision de l'oscillateur de référence sans se soucier de sa résistance aux chocs et ainsi de pouvoir optimiser la résistance aux chocs de l'oscillateur local sans se soucier de sa précision.

[0013] Un autre avantage est de pouvoir offrir un tel produit, qui respecte les codes esthétiques horlogers, grâce à la présence d'un balancier spiral comme oscillateur local, tout en permettant un gain de précision par l'utilisation d'un oscillateur de référence, qui peut être à haute fréquence.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0014] Les buts, avantages et caractéristiques du mouvement d'horlogerie mécanique muni du système de rétroaction du mouvement mécanique apparaîtront mieux dans la description suivante de manière non limitative en regard des dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique des différents composants du mouvement d'horlogerie mécanique classique en liaison au système de rétroaction du mouvement selon l'invention,
- la figure 2 représente de manière plus détaillée les éléments, qui composent le mouvement mécanique classique en liaison au système de rétroaction selon l'invention,
- la figure 3 représente une vue simplifiée des composants du système de rétroaction selon une première forme d'exécution et principalement la combinaison de l'oscillateur de référence et du comparateur de marche selon l'invention,
- la figure 4 représente une courbe du couple d'interaction entre la roue d'excitation et le diapason à aimants permanents de l'oscillateur de référence en fonction de la vitesse de rotation de la roue dans le système de rétroaction selon la première forme d'exécution de la figure 3,
- la figure 5 représente une première forme d'exécution du mécanisme de réglage du système de rétroaction pour adapter la fréquence d'oscillation du résonateur de l'oscillateur local selon l'invention,
- la figure 6 représente une seconde forme d'exécution du mécanisme de réglage du système de rétroaction pour adapter la fréquence d'oscillation du résonateur de l'oscillateur local selon l'invention, et
- la figure 7 représente une vue simplifiée des composants du système de rétroaction selon une seconde forme d'exécution avec une roue d'excitation d'entrée pour la comparaison de marche de l'oscillateur local et de l'oscillateur de référence du système de rétroaction selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0015] Dans la description suivante, tous les composants du mouvement d'horlogerie mécanique, qui sont bien connus d'un homme du métier dans ce domaine technique ne sont relatés que de manière simplifiée.

[0016] Comme on peut le voir de manière schématique à la figure 1, il est représenté un mouvement d'horlogerie mécanique 1 muni d'un système de rétroaction 2 pour adapter précisément la marche ou le fonctionnement d'un mouvement mécanique classique 1'. Ce mouvement mécanique classique 1' comprend une source d'énergie mécanique 11, qui est au moins un barillet, un ensemble de transmission 12 et un oscillateur local 13.

[0017] L'ensemble de transmission 12 comprend un ensemble de roues d'engrenage 12 entraîné à une pre-

mière roue d'extrémité par le barillet 11. Les roues de l'ensemble de roues d'engrenage 12 sont de préférence des roues dentées. Une dernière roue d'entraînement de l'ensemble de roues d'engrenage 12 entraîne un mécanisme d'échappement d'un oscillateur local 13. Cet oscillateur local 13 comprend également un résonateur, qui est sous la forme d'un balancier-spiral.

[0018] Le système de rétroaction 2 peut être relié à l'entrée de l'oscillateur local 13 pour pouvoir contrôler notamment la fréquence d'oscillation du résonateur de l'oscillateur local. La liaison entre le mouvement mécanique classique 1' et le système de rétroaction 2 peut être effectué par l'intermédiaire de la dernière roue de l'ensemble de roues d'engrenage 12.

[0019] Le système de rétroaction 2 comprend tout d'abord un oscillateur de référence 21, qui est précis, c'est-à-dire au moins plus précis que le résonateur de l'oscillateur local 13. Le système de rétroaction 2 comprend encore un comparateur de marche 22, qui est relié ou combiné à l'oscillateur ou résonateur de référence 21 de manière à comparer la marche des deux oscillateurs 21, 13, et un mécanisme de réglage 23. Ce mécanisme de réglage 23 permet d'adapter la fréquence d'oscillation du résonateur de l'oscillateur local 13 sur la base d'un résultat de la comparaison dans le comparateur de marche 22. La fréquence du résonateur, tel que le balancier-spiral de l'oscillateur local 13, peut ainsi être adaptée par le mécanisme de réglage, qui sera expliqué ci-après, pour ralentir ou accélérer le résonateur de l'oscillateur local.

[0020] Il est à noter que l'on entend par marche de l'oscillateur local ou de l'oscillateur de référence, la fréquence d'oscillation ou la vitesse de rotation d'une roue en liaison avec l'oscillateur local et/ou l'oscillateur de référence.

[0021] La figure 2 représente de manière plus détaillée les différents éléments du mouvement mécanique classique du mouvement d'horlogerie mécanique 1. Le mouvement mécanique classique comprend donc le barillet 11, qui comprend une denture extérieure pour engrener avec un pignon central 121' d'une première roue 121 de l'ensemble de roues d'engrenage 12. Une multiplication de la vitesse de rotation de la première roue 121 est ainsi obtenue par rapport à la vitesse de rotation de la denture extérieure du barillet.

[0022] L'ensemble de roues d'engrenage 12 peut comprendre encore une seconde roue 122, dont un pignon central 122' est entraîné par la denture extérieure de la première roue 121. Une multiplication de vitesse de rotation intervient également avec la seconde roue 122 tournant plus vite que la première roue 121. Une troisième roue 123 peut encore être prévue et être entraînée par l'intermédiaire d'un pignon central 123', par la denture extérieure de la seconde roue 122. Une multiplication de vitesse de rotation intervient également avec la troisième roue 123 tournant plus vite que la seconde roue 122. Cette troisième roue 123 peut être la dernière roue de l'ensemble de roues d'engrenage 12 pour entraîner

une ou plusieurs aiguilles d'indication de l'heure de la montre mécanique.

[0023] La dernière roue 123 de l'ensemble de roues d'engrenage 12 entraîne un mécanisme d'échappement de l'oscillateur local 13. Ce mécanisme d'échappement peut comprendre une roue d'échappement 16, dont un pignon central 16' est entraîné par la dernière roue 123, et une ancre suisse 15 engrenant avec la roue d'échappement et coopérant classiquement avec un balancier-spiral 14. Ce balancier-spiral 14 a un ressort spiral 14' fixé d'une part par une de ses extrémités sur l'axe de rotation du balancier et d'autre part à son autre extrémité à un plot fixé généralement sur la platine de montre. La fréquence d'oscillation du balancier-spiral est contrôlée et adaptée par le système de rétroaction 2.

[0024] Une première forme d'exécution du système de rétroaction 2 est représentée à la figure 3. Ce système de rétroaction comprend un discriminateur de fréquence. Comme l'oscillateur local du mouvement mécanique classique est peu précis, mais robuste au choc, ledit mouvement excite un oscillateur ou résonateur de référence 32, 32', 33, 33', qui est plus précis, du système de rétroaction. La marche du résonateur de référence est donc comparée à la marche du résonateur de l'oscillateur local au moyen d'un comparateur de marche 35, 36, 36'. La sortie du comparateur de marche pilote un élément du mécanisme de réglage afin de réguler la marche du résonateur de l'oscillateur local.

[0025] Il est à noter que le résonateur de référence est combiné avec le comparateur de marche. Il y a une interaction magnétique avec une roue en rotation liée au mouvement mécanique classique pour l'excitation du résonateur de référence et pour permettre la comparaison de la marche des oscillateurs.

[0026] Une roue d'excitation 31 peut être en liaison directe avec une des roues de l'ensemble de roues d'engrenage du mouvement mécanique classique. Cette roue d'excitation peut également être directement une des roues dudit ensemble de roues d'engrenage ou il peut y avoir un agencement multiplicateur ou diviseur entre une des roues de l'ensemble et la roue d'excitation 31. La roue d'excitation 31 tourne donc à une certaine vitesse de rotation V_{ext} , qui est proportionnelle à la pulsation d'excitation de l'oscillateur local. Cette roue d'excitation 31 présente un certain nombre N de dents en périphérie. Le nombre de dents N peut être un nombre impair, par exemple il peut être prévu 9 dents pour la roue d'excitation.

[0027] L'oscillateur ou résonateur de référence du système de rétroaction présente au moins un aimant permanent 33 disposé à une première extrémité libre d'un bras 32 du résonateur, qui est fixé par une base 34 à un châssis mobile 35 monté sur une platine du mouvement de montre. Cet aimant permanent 33 est disposé à proximité de la roue d'excitation 31 et de préférence avec une polarisation magnétique de l'aimant orientée en direction du centre de la roue d'excitation 31.

[0028] L'aimant permanent 33 est attiré vers la roue

d'excitation 31 quand se présente une dent proche de l'aimant, et est beaucoup moins attiré vers la roue d'excitation quand l'aimant est en regard d'un vide entre deux dents de la roue d'excitation. Comme la roue d'excitation tourne à une certaine vitesse de rotation V_{ext} , l'aimant 33 va donc osciller à une certaine fréquence ω_0 par l'interaction magnétique avec ladite roue d'excitation 31.

[0029] Lors de la rotation de la roue d'excitation 31 et en fonction de son nombre N de dents en périphérie, une fréquence d'excitation ω_{ext} est déterminée sur la base de la vitesse propre de rotation de la roue V_{ext} . La fréquence d'excitation ω_{ext} est donc égale à $N \cdot V_{ext}$, où N est le nombre de dents de la roue d'excitation. Le nombre de dents N peut être un nombre impair, par exemple il peut être prévu 9 dents pour la roue d'excitation. C'est donc cette fréquence d'excitation ω_{ext} , qui peut être comparée à la fréquence d'oscillation ω_0 de l'oscillateur de référence pour comparer la marche des deux oscillateurs.

[0030] De préférence, il peut être prévu deux bras 32, 32' avec chacun un aimant permanent 33, 33' monté à leur première extrémité pour définir un diapason. Les secondes extrémités des deux bras 32, 32' sont réunies et fixées par la base 34 au châssis 35. Les deux aimants permanents 33, 33' sont disposés à proximité de la roue d'excitation 31 et dans des positions diamétralement opposées avec la roue d'excitation 31 entre les deux aimants permanents 33, 33'.

[0031] Le châssis mobile 35 est de préférence une roue creuse disposée de manière coaxiale à la roue d'excitation 31. Cette roue creuse 35 est maintenue libre de rotation sur la platine par l'intermédiaire de galets ou tiges ou roulements à billes 38 en contact d'une surface intérieure de la roue creuse 35. Le nombre de galets ou tiges ou roulements à billes 38 doit être d'au moins trois pour que le châssis ou roue creuse puisse tourner selon le même axe de rotation que la roue d'excitation. Le châssis ou roue creuse 35 est par contre maintenu dans une position définie par l'intermédiaire d'au moins un ressort de rappel 36, voire deux ressorts de rappel 36, 36' fixés d'un côté à la platine. De préférence chaque ressort de rappel 36, 36 est relié à la roue creuse en des positions diamétralement opposées.

[0032] Lorsque la roue d'excitation 31 tourne à une certaine vitesse de rotation V_{ext} , l'oscillateur de référence sous la forme de diapason va être excité à une fréquence d'oscillation ω_0 . L'excitation de l'oscillateur de référence est obtenue grâce à la rotation de la roue d'excitation 31, qui est réalisée dans un matériau ferromagnétique pour interagir magnétiquement avec le ou les aimants permanents 33, 33' supportés à une première extrémité des bras 32, 32'. Ladite roue d'excitation 31 peut également n'avoir que des portions ferromagnétiques sur ou dans les dents pour interagir magnétiquement avec les aimants permanents 33, 33'. Une couche d'un matériau ferromagnétique peut également être déposée en continu sur les dents en périphérie de la roue d'excitation 31. Il survient ainsi un couple d'interaction magnétique ou

couple d'accrochage. Comme la rotation de la roue d'excitation est dans le sens anti-horaire, le châssis 35 aura tendance à se déplacer également dans le sens anti-horaire en étant retenu par les ressorts de rappel 36, 36'.

[0033] La vitesse de rotation de la roue d'excitation 31 peut augmenter progressivement, puis se stabiliser en principe proche de la pulsation de référence ω_0 . Comme indiqué ci-devant, il y a dans ce cas accrochage. Par contre si le couple d'interaction est encore augmenté, le système décroche et la vitesse de la roue d'excitation 31 n'est limitée plus que par les frottements. Ainsi il est cherché d'avoir une synchronisation de la marche des deux oscillateurs par l'intermédiaire du système de rétroaction.

[0034] Comme montré également à la figure 4 du moment ou couple d'interaction par rapport à la pulsation d'excitation, lorsque la pulsation d'excitation ω_{ext} est proche d'une pulsation d'accrochage, il survient un couple d'accrochage. Le châssis mobile 35 va donc prendre une position, qui équilibre le couple d'accrochage et le couple des ressorts de rappel 36, 36'. Le châssis comprend encore une portion dentée pour engrener par exemple avec une roue de sortie 37. La position angulaire φ de la roue de sortie 37 représente donc proportionnellement une différence entre les pulsations $\omega_{ext} - \omega_0$ pour permettre le réglage de l'oscillateur local par l'intermédiaire de la roue de sortie 37, qui constitue un des éléments du mécanisme de réglage.

[0035] Il est encore à noter que le châssis 35 et les ressorts de rappel 36, 36' peuvent être intégrés dans une pièce monobloc. De plus, l'oscillateur de référence peut prendre d'autres formes qu'un diapason. Les aimants permanents peuvent aussi être disposés sur la roue d'excitation avec les bras en matériau ferromagnétique 32, 32' du diapason. Une partie d'extrémité de chaque bras est en regard de la roue d'excitation afin d'être excités par la rotation de ladite roue d'excitation 31.

[0036] La figure 5 représente de manière simplifiée une première forme d'exécution du mécanisme de réglage du système de rétroaction pour pouvoir régler la marche de l'oscillateur local en fonction de la différence déterminée dans le comparateur de marche du système de rétroaction. L'oscillateur local est représenté sur cette figure 5 uniquement par le balancier 14 avec le ressort spiral 14'.

[0037] Le mécanisme de réglage est représenté par la roue de sortie 37 du système de rétroaction, qui engrène avec une portion dentée de base par exemple sous forme d'arc de cercle d'un organe de réglage mobile 137. L'organe de réglage est monté rotatif sur la platine de montre autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation du balancier, mais en dehors du balancier-spiral 14. L'organe de réglage comprend encore un bec à l'extrémité d'un bras opposé à la portion dentée. Le bec de réglage est susceptible de s'approcher ou s'éloigner d'une dernière spire du ressort spiral 14' en fonction d'un angle de rotation θ du bec dépendant de la comparaison de marche dans le système de rétroaction.

[0038] Le bec mobile de l'organe de réglage 137 agit sur la longueur active L_0 du spiral à partir d'une élongation donnée. La période d'oscillation du balancier-spiral dépend de cette longueur active du ressort spiral 14'. Durant l'oscillation, ce ressort spiral se rétracte et s'ouvre alternativement. Si un obstacle comme le bec rigide est placé sur la trajectoire d'ouverture de la dernière spire du ressort, la longueur active L du spiral est changée momentanément, durant l'oscillation. Il en résulte une diminution de la longueur active moyenne et donc une diminution de la période d'oscillation.

[0039] Il est clair qu'il peut aussi être imaginé de ne pas utiliser de roue de sortie 37, mais de permettre à la portion dentée du châssis d'engrener directement avec la portion dentée de l'organe de réglage 137.

[0040] La figure 6 représente de manière simplifiée une seconde forme d'exécution du mécanisme de réglage du système de rétroaction pour pouvoir régler la marche de l'oscillateur local en fonction de la différence déterminée dans le comparateur de marche du système de rétroaction. Comme pour la figure 5, l'oscillateur local est représenté sur cette figure 5 uniquement par le balancier 14 avec le ressort spiral 14'.

[0041] Pour cette seconde forme d'exécution du mécanisme de réglage, l'organe de réglage 137 comprend une portion dentée de base par exemple sous forme d'arc de cercle, qui peut venir engrener directement avec la portion dentée du châssis du comparateur de marche. L'organe de réglage est monté rotatif sur la platine de montre autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation du balancier, mais en dehors du balancier-spiral 14. L'organe de réglage comprend encore une portion arquée de forme complémentaire d'une surface extérieure du balancier 14 pour varier les frottements dus à l'air sur le balancier. Cette portion arquée est disposée d'un côté opposé à la portion dentée par rapport à l'axe de rotation de l'organe de réglage. En fonction de la différence entre les pulsations $\omega_{ext} - \omega_0$, la portion arquée peut s'approcher ou s'éloigner de la surface extérieure du balancier pour le réglage de la marche de l'oscillateur local. Ainsi, en choisissant bien la courbe d'isochronisme du balancier-spiral utilisé, la marche du balancier-spiral décroît avec l'augmentation des frottements causés en approchant du balancier, la portion arquée de l'organe de réglage 137, et inversement.

[0042] Il est à noter que pour les deux formes d'exécution décrites en référence aux figures 5 et 6, l'organe de réglage 137 peut être déplacé linéairement pour adapter la fréquence d'oscillation du balancier-spiral 14.

[0043] La régulation de la fréquence d'oscillation du balancier 14 peut également être effectuée par un couplage magnétique entre l'organe de réglage 137 et ledit balancier en plus des frottements dus à l'air.

[0044] Concernant le système de rétroaction et selon une autre forme d'exécution, il peut être prévu un agencement différent de l'oscillateur de référence pour une interaction magnétique avec la roue d'excitation de manière à déterminer la marche des deux oscillateurs. La

roue d'excitation peut comprendre des pistes magnétiques disposées de manière annulaire sur une surface et régulièrement espacées l'une de l'autre. Ces pistes magnétiques réparties annulairement sont centrées sur l'axe de rotation de la roue d'excitation. Lors de la rotation de la roue d'excitation, au moins un élément de couplage magnétique, qui est un aimant permanent de l'oscillateur de référence, est excité par chaque piste magnétique en rotation de la roue d'excitation. Cet aimant permanent est maintenu élastiquement sur un châssis mobile, qui peut se déplacer angulairement ou linéairement de manière à comparer la marche des deux oscillateurs et permettre à un mécanisme de régulation d'adapter la fréquence d'oscillation du balancier-spiral.

[0045] La figure 7 représente une seconde forme d'exécution du système de rétroaction. Dans cette seconde forme d'exécution, l'oscillateur de référence est combiné intégralement au comparateur de marche pour la commande du mécanisme de réglage. Il est également prévu une interaction magnétique avec une roue en rotation liée au mouvement mécanique classique pour l'excitation du résonateur de référence et pour permettre la comparaison de la marche des oscillateurs.

[0046] Comme expliqué en détail en référence à la figure 3, la roue d'excitation 41 de cette seconde forme d'exécution peut être en liaison directe avec une des roues de l'ensemble de roues d'engrenage du mouvement mécanique classique. Cette roue d'excitation 41 peut aussi être la dernière roue de l'ensemble de roues d'engrenage ou une roue d'un agencement de roues d'engrenage lié à l'ensemble de roues d'engrenage. La roue d'excitation 41 tourne à une vitesse de rotation V_{ext} représentative de la marche de l'oscillateur local, c'est-à-dire proportionnelle à la fréquence d'oscillation du balancier-spiral 14. La roue d'excitation 41 permet d'exciter un oscillateur de référence, qui est dans ce cas de figure un résonateur à lames croisées.

[0047] L'oscillateur ou résonateur de référence est un résonateur à lames croisées 44, 45, 48, 49. Il comprend sur un secteur arqué 42 au moins un aimant permanent 43 proche de la roue d'excitation dentée 41. Le secteur arqué rigide, qui peut être en matériau métallique, est relié par deux premières lames croisées flexibles 44, 45 à une première plaque de base 46. Ces premières lames élastiques croisées 44, 45 s'étendent à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles. Ces deux plans parallèles sont aussi parallèles au plan de la roue d'excitation 41, et à la platine de montre, sur laquelle sont montés les différents éléments du mouvement mécanique et du système de rétroaction.

[0048] La première plaque de base 46 est également fixée sur une seconde plaque 47 d'une partie complémentaire du résonateur à lames croisées. Cette seconde plaque 47 est reliée par deux secondes lames croisées flexibles 48, 49 à une plaque de fixation 50, qui est montée fixement sur la platine de montre. Ces secondes lames élastiques croisées 48, 49 s'étendent à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles, qui sont éga-

lement parallèles aux deux plans des premières lames élastiques 44, 45. Ces secondes lames croisées flexibles 48, 49 sont situées entre les premières lames élastiques 44, 45 et la platine de montre.

[0049] Les première et seconde plaques de base 46, 47 sont mobiles et se déplacent angulairement en fonction du couple d'accrochage entre le résonateur et la roue. Les première et seconde plaques de base 46, 47 sont représentées sous forme arquée, mais peuvent être d'une autre forme générale comme un parallélépipède rectangle et ne former qu'une seule pièce. Lors de la rotation de la roue d'excitation 41, qui est de préférence réalisée dans un matériau ferromagnétique, le secteur arqué 42 avec son aimant permanent 43 oscille à une fréquence ω_0 dans le plan de la roue d'excitation. Une interaction magnétique survient et en fonction de la vitesse de rotation de la roue d'excitation, un déplacement angulaire des plaques 46, 47 s'opère par un couple d'accrochage défini.

[0050] Dans cette seconde forme d'exécution, le mécanisme de réglage est constitué ici par un bec de réglage 53, qui est fixé par exemple à la seconde plaque de base 47. Un second aimant permanent 52 est disposé sur le bec de réglage 53 en coopération par exemple avec une plaque en aluminium 51 disposée en dessous du bec et sur la platine de montre. Cette plaque en aluminium 51 permet d'atténuer les vibrations du bec 53 suite à l'oscillation du secteur arqué 42 en agissant comme un frein de Foucault.

[0051] En fonction de la comparaison des pulsations $\omega_{\text{ext}} - \omega_0$, les plaques 46 et 47 se déplacent par rapport à leur position d'équilibre. Le déplacement angulaire des plaques 46, 47 déplace le bec 53 en direction du ressort spiral 14' du balancier 14 pour le réglage de la fréquence d'oscillation de l'oscillateur local, comme expliqué en référence à la figure 5. Si le balancier-spiral 14 oscille à une fréquence trop faible, le bec 53 se dirige en direction de la dernière spire du ressort spiral 14' pour réduire la longueur active dudit ressort, et inversement si la fréquence d'oscillation est trop grande.

[0052] Selon une variante de réalisation différente, il peut être prévu de remplacer le secteur arqué 42 par un volant portant au moins un aimant permanent 43 ou ayant une partie aimantée réalisée dans le matériau métallique du volant pour être excité par la roue d'excitation 41 lors de sa rotation. Le volant peut être relié à la première plaque de base 46 par les deux premières lames croisées flexibles 44, 45 distantes l'une de l'autre et se croisant selon un axe de pivotement virtuel parallèle à l'axe de rotation de la roue d'excitation. Les lames croisées peuvent être disposées selon un angle α par rapport à l'axe de pivotement, qui peut être compris entre 60° et 80°.

[0053] Les deux secondes lames croisées flexibles 48, 49 sont également distantes l'une de l'autre, mais disposées entre les premières lames croisées 44, 45 et la platine de montre, sur laquelle est fixée la plaque de fixation 50 de l'oscillateur de référence et comparateur de marche combiné.

[0054] A partir de la description qui vient d'être faite, plusieurs variantes de réalisation du mouvement d'horlogerie mécanique muni d'un système de rétroaction du mouvement peuvent être conçues par l'homme du métier sans sortir du cadre de l'invention définie par les revendications. Il peut être envisagé de munir la roue d'excitation d'au moins un aimant permanent pour interagir avec une partie métallique ferromagnétique du résonateur de référence pour le faire osciller à une fréquence déterminée. La roue d'excitation peut être une roue circulaire sans dents, mais avec des portions ferromagnétiques régulièrement espacées l'une de l'autre et disposées sur toute la périphérie de la roue d'excitation pour interagir magnétiquement avec les aimants permanents de l'oscillateur de référence. Le châssis du comparateur de marche peut se déplacer linéairement lors du couplage magnétique d'un bras ou d'un élément magnétisé de l'oscillateur de référence avec la roue d'excitation pour commander le réglage du mécanisme de réglage.

Revendications

1. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), qui comprend au moins un barillet (11), un ensemble de roues d'engrenage (12) entraîné à une extrémité par le barillet, et un mécanisme d'échappement d'un oscillateur local (13) avec un résonateur sous forme d'un balancier-spiral, le mécanisme d'échappement étant entraîné à une autre extrémité de l'ensemble de roues d'engrenage (12), et un système de rétroaction (2) du mouvement d'horlogerie, **caractérisé en ce que** le système de rétroaction (2) comprend au moins un oscillateur de référence précis (21) combiné à un comparateur de marche (22) pour comparer la marche des deux oscillateurs et un mécanisme de réglage (23) du résonateur de l'oscillateur local pour ralentir ou accélérer le résonateur sur la base d'un résultat de la comparaison dans le comparateur de marche.
2. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'oscillateur de référence du système de rétroaction (2) est excité par interaction magnétique par une roue d'excitation en rotation en liaison avec une roue de l'ensemble de roues d'engrenage (12).
3. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation (31) est une roue dentée en matériau ferromagnétique, et **en ce que** l'oscillateur de référence (21) comprend au moins un aimant permanent (33) disposé à une première extrémité libre d'un bras (32), qui est fixé par une base (34) à un châssis mobile (35) du comparateur de marche, l'aimant permanent (33) étant disposé à proximité de la roue d'excitation (31) de manière à être attiré par le passage de chaque dent de la roue d'excitation en rotation et générer une oscillation à une fréquence de référence de l'oscillateur de référence.
4. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'oscillateur de référence (21) comprend deux bras (32, 32') fixés à la base (34), une première extrémité de chaque bras portant respectivement un aimant permanent (33, 33') pour former un diapason, et **en ce que** les premier et second aimants permanents (33, 33') sont attirés vers la roue d'excitation en rotation au passage de chaque dent.
5. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les premier et second aimants permanents (33, 33') sont disposés à proximité de la roue d'excitation (31) et dans des positions diamétralement opposées, avec la roue d'excitation (31) entre les deux aimants permanents (33, 33').
6. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon l'une des revendications 4 et 5, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation (31) comprend un nombre impair N de dents.
7. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le nombre N de dents de la roue d'excitation est au moins égal à 9.
8. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon l'une des revendications 3 à 7, **caractérisé en ce que** le châssis mobile (35) du comparateur de marche (21) est monté sur une platine du mouvement d'horlogerie mécanique en étant maintenu dans une position définie via au moins un ressort de rappel (36) pour pouvoir se déplacer de manière linéaire ou angulaire en fonction de la différence de marche des deux oscillateurs.
9. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le châssis mobile (35) est une roue creuse disposée de manière coaxiale à la roue d'excitation (31), la roue creuse étant montée libre de rotation sur la platine par des galets ou des tiges ou des roulements à billes, et **en ce que** le châssis (35) est maintenu dans une position définie par l'intermédiaire de deux ressorts de rappel (36, 36') reliés au châssis en des positions diamétralement opposées.
10. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'en** fonction de la vitesse de rotation V_{ext} de la roue d'excitation (31) et du nombre N de dents de ladite roue d'excitation définissant une fréquence d'excitation ω_{ext} égale à $N \cdot V_{ext}$, le châssis mobile (35) du comparateur de

marche (22) est agencé pour se déplacer de manière angulaire proportionnellement à la différence entre la fréquence d'oscillation ω_0 de l'oscillateur de référence et la fréquence d'excitation ω_{ext} pour commander le mécanisme de réglage (23) et adapter la fréquence d'oscillation du balancier-spiral.

11. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mécanisme de réglage (23) comprend au moins un organe de réglage (137) relié au comparateur de marche (22), l'organe de réglage mobile étant agencé pour être déplacé linéairement ou angulairement pour régler la fréquence d'oscillation du balancier-spiral. 10
12. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'organe de réglage (137), qui est monté rotatif sur une platine, comprend une portion de base entraînée en sortie du comparateur de marche (22) et une partie en forme de bec susceptible de s'approcher ou s'éloigner d'une dernière spire du ressort spiral (14') en fonction d'un angle de rotation du bec dépendant de la comparaison de marche dans le système de rétroaction. 20
13. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'organe de réglage (137), qui est monté rotatif sur une platine, comprend une portion de base entraînée en sortie du comparateur de marche (22) et une portion arquée de forme complémentaire d'une surface extérieure du balancier (14) pour varier les frottements dus à l'air sur le balancier dépendant de la comparaison de marche dans le système de rétroaction. 30
14. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation (31) comprend au moins des portions en matériau ferromagnétique régulièrement espacées l'une de l'autre et disposées sur toute la périphérie de la roue d'excitation pour interagir magnétiquement avec au moins un aimant permanent (33) de l'oscillateur de référence. 40
15. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation dentée (31) comprend au moins des portions ferromagnétiques sur ou dans les dents pour interagir magnétiquement avec au moins un aimant permanent (33) de l'oscillateur de référence. 50
16. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation dentée (31) comprend une couche d'un matériau ferromagnétique déposée en continu sur les dents en périphérie de la roue d'excitation (31) pour interagir magnétiquement avec au moins un aimant 55

permanent (33) de l'oscillateur de référence.

17. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation (31) comprend des aimants permanents disposés régulièrement espacés en périphérie de la roue d'excitation pour interagir magnétiquement avec au moins un bras (32) en matériau ferromagnétique de l'oscillateur de référence afin de le faire osciller à une fréquence de référence déterminée. 5
18. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la roue d'excitation (41) est agencée pour exciter par interaction magnétique un oscillateur de référence sous la forme d'un résonateur à lames croisées (44, 45, 48, 49). 10
19. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** le résonateur comprend un secteur arqué (42) ou un volant circulaire avec une partie aimantée ou au moins un aimant permanent (43) en regard proche de la roue d'excitation, la roue d'excitation ayant des dents en matériau ferromagnétique (41) ou ayant des portions en matériau ferromagnétique régulièrement espacées l'une de l'autre et disposées en périphérie, **en ce que** le secteur arqué (42) ou le volant circulaire est relié par deux premières lames croisées flexibles (44, 45) à une première plaque de base (46), les premières lames élastiques s'étendant à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles, **en ce que** la première plaque de base mobile (46) est fixée sur une seconde plaque de base mobile (47), **en ce que** la seconde plaque de base (47) est reliée par deux secondes lames croisées flexibles (48, 49) à une plaque de fixation (50), qui est montée fixement sur une platine du mouvement d'horlogerie mécanique, les secondes lames élastiques croisées (48, 49) s'étendant à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles, qui sont également parallèles aux deux plans des premières lames élastiques (44, 45). 20
20. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** les première et seconde plaques de base (46, 47) du comparateur de marche se déplacent angulairement en fonction de la comparaison de marche des deux oscillateurs pour commander le mécanisme de réglage (23). 25
21. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** le mécanisme de réglage (23) comprend un bec de réglage (53) fixé sur les première et seconde plaques de base (46, 47), le bec étant susceptible de s'approcher ou s'éloigner d'une dernière spire du ressort spiral (14') dépendant de la comparaison de marche des oscillateurs dans le système de rétroaction. 30

22. Mouvement d'horlogerie mécanique (1), selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** le bec de réglage (53) comprend un aimant permanent de freinage (52) au-dessus d'une plaque en aluminium (51) disposée sur une platine du mouvement d'horlogerie mécanique pour atténuer des vibrations du bec de réglage.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

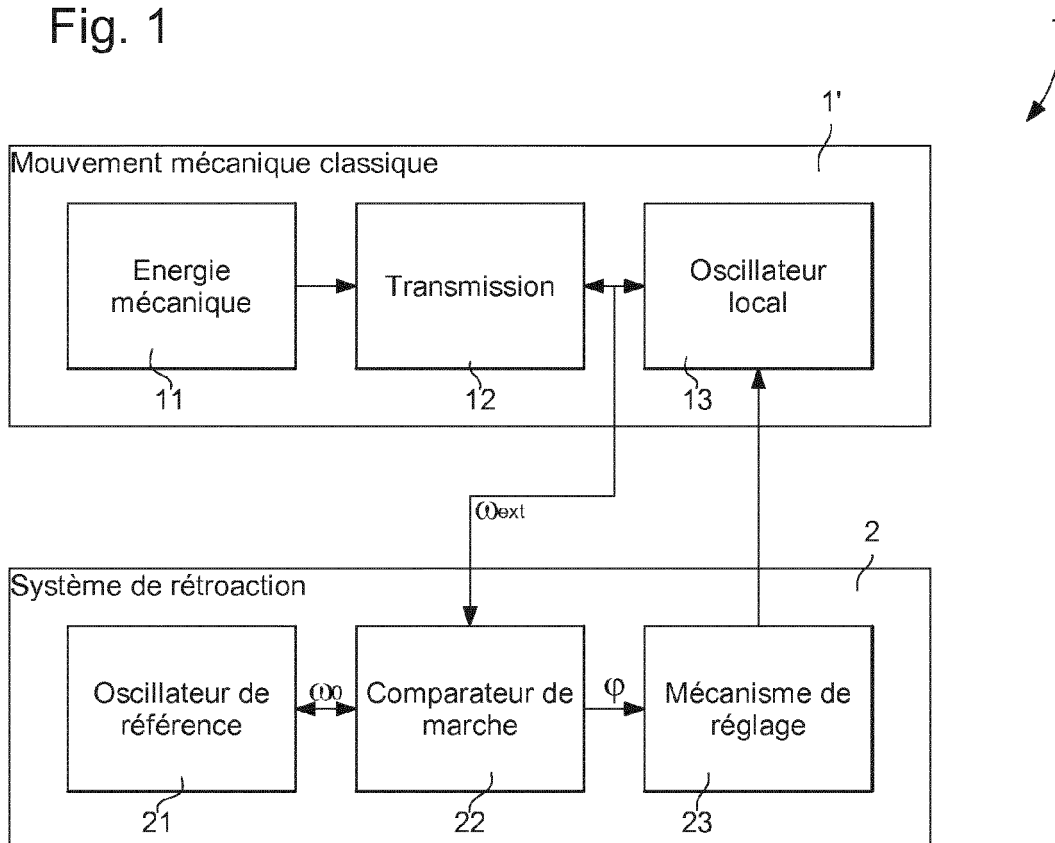


Fig. 3

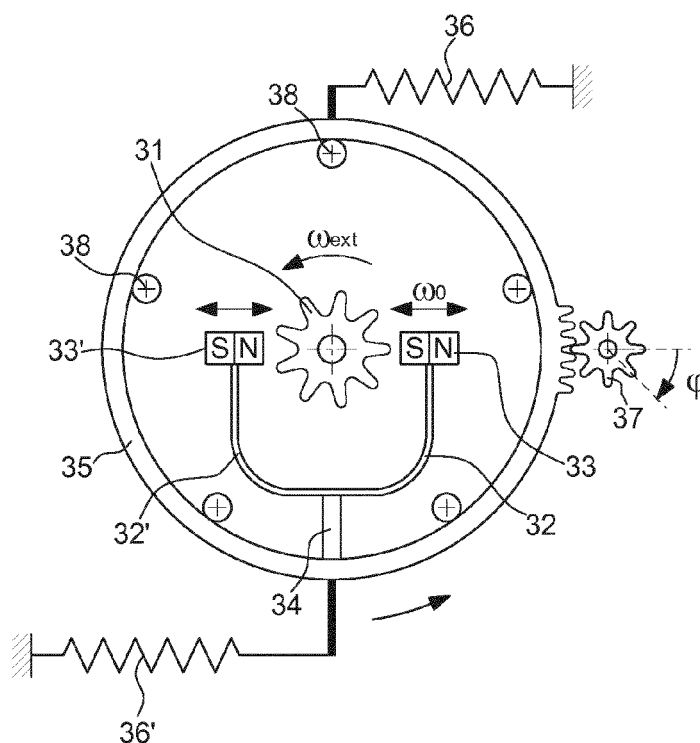
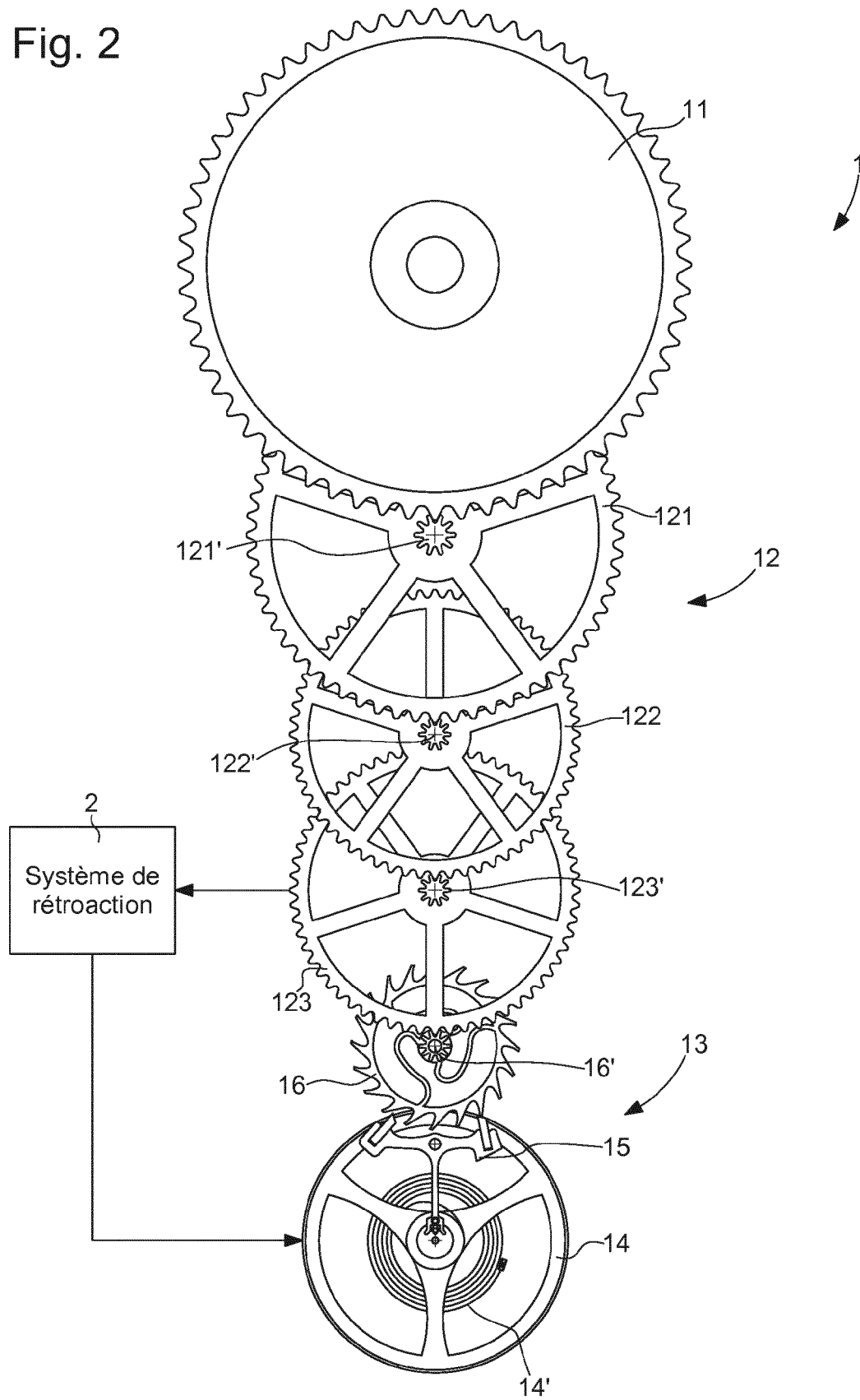


Fig. 2



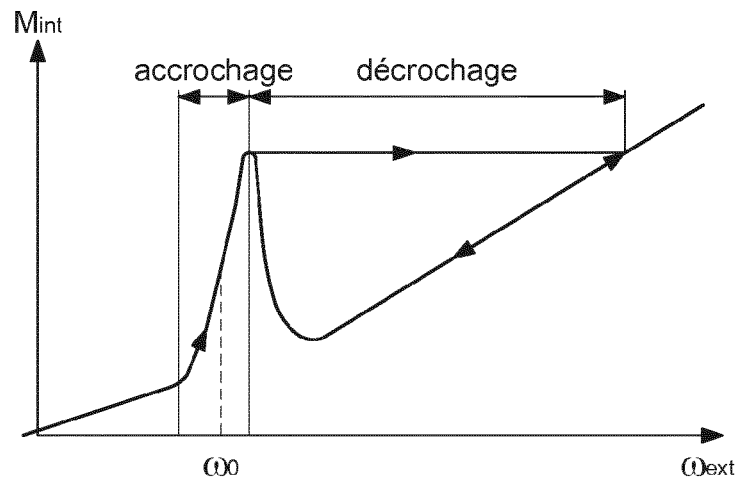


Fig. 4

Fig. 5

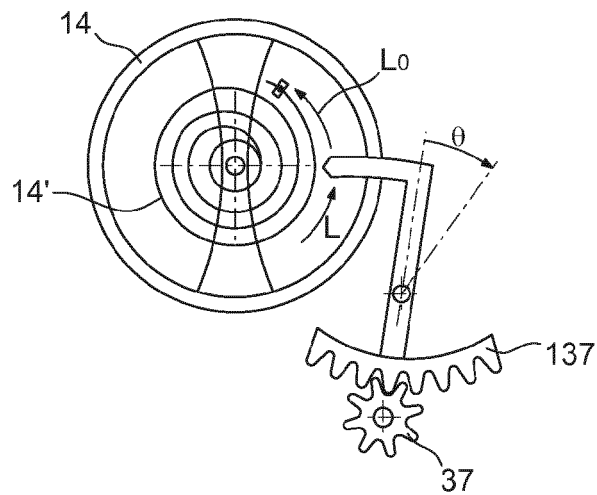


Fig. 6

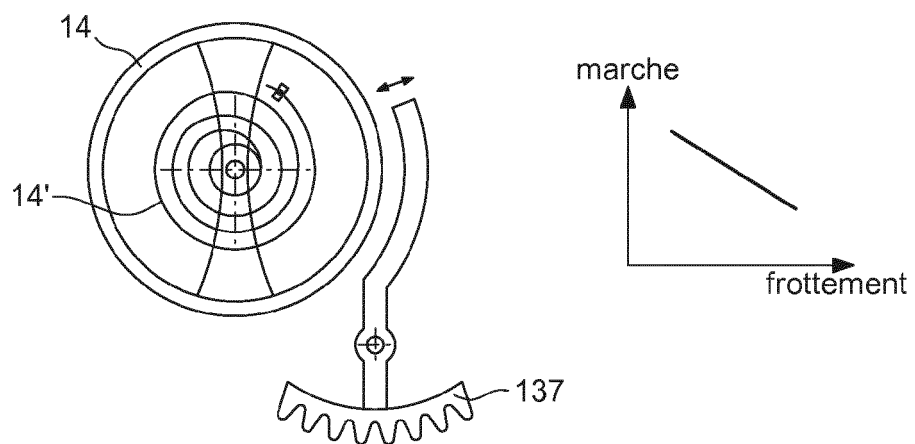
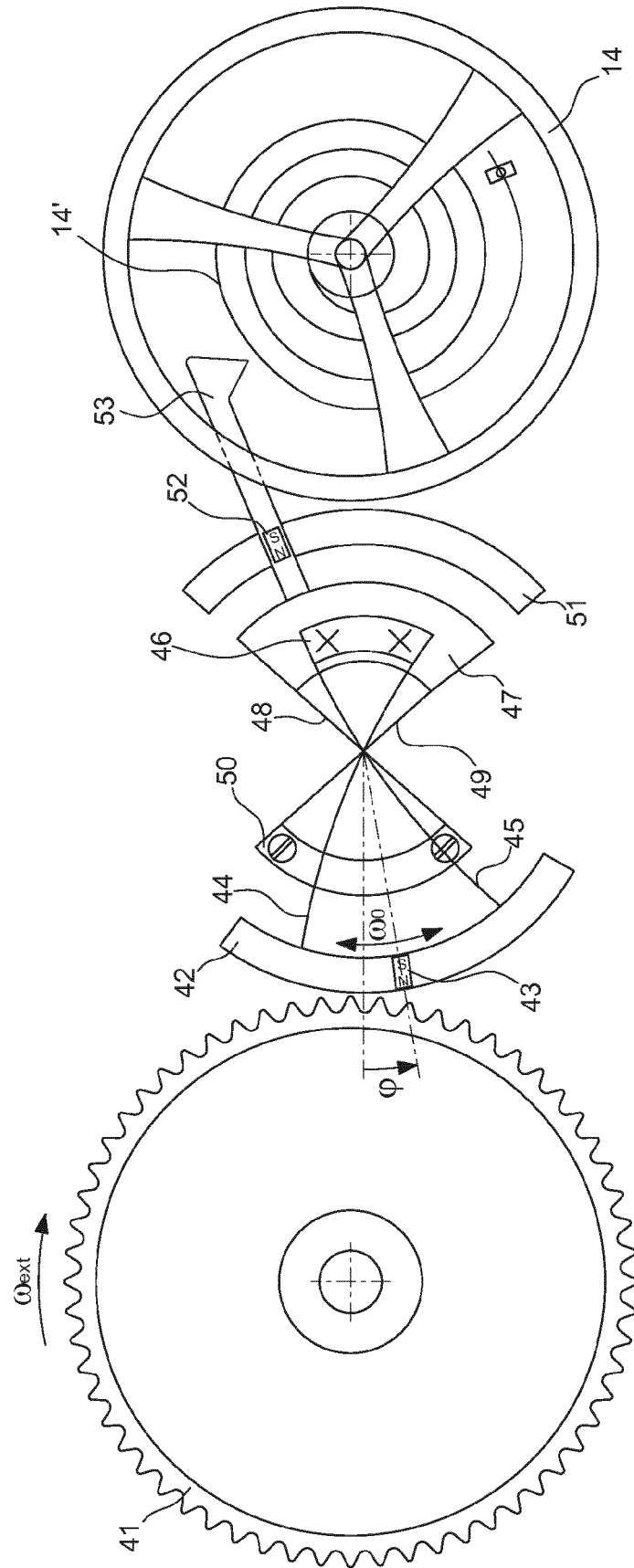


Fig. 7





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 15 18 0503

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 2 305 768 A1 (JAUCH HEINZ [DE]) 22 octobre 1976 (1976-10-22)	1,11,12	INV. G04B17/20 G04B18/02 G04B18/04 G04D7/10 G04D7/12
A	* page 1, ligne 1 - page 2, ligne 25 * * page 3, ligne 4 - ligne 15 * * page 23, ligne 10 - ligne 21; revendication 22; figure 17 * * page 3, ligne 33 - page 4, ligne 12 *	2-10, 13-22	
X	US 3 756 014 A (ZATSKY N ET AL) 4 septembre 1973 (1973-09-04)	1,11	
A	* colonne 1, ligne 28 - colonne 3, ligne 32; figure 2 *	2-10, 12-22	
X	FR 2 207 303 A1 (GOLAY BERNARD SA [CH]) 14 juin 1974 (1974-06-14)	1	
A	* page 3, lignes 1-25 - page 5, ligne 8; revendications 4,5; figures 3,5 *	2-22	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B G04C G04D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		12 février 2016	Cavallin, Alberto
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 15 18 0503

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

12-02-2016

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

FR 2305768 A1 22-10-1976

BE 840056 A1 16-07-1976

CA 1056166 A 12-06-1979

FR 2305768 A1 22-10-1976

GB 1535366 A 13-12-1978

IT 1058556 B 10-05-1982

NL 7603271 A 29-09-1976

US 4106280 A 15-08-1978

20

US 3756014 A 04-09-1973

AU 456330 B2 12-12-1974

AU 4222772 A 15-11-1973

BE 783649 A1 18-09-1972

CA 970862 A 08-07-1975

CH 723872 A4 28-12-1973

DE 2222936 A1 30-11-1972

25

FR 2138117 A1 29-12-1972

GB 1344769 A 23-01-1974

IT 957908 B 20-10-1973

JP S5226472 B1 14-07-1977

NL 7206659 A 21-11-1972

30

US 3756014 A 04-09-1973

FR 2207303 A1 14-06-1974

CH 597636 B5 14-04-1978

CH 1691872 A4 31-05-1977

DE 2357244 A1 22-05-1974

35

FR 2207303 A1 14-06-1974

GB 1425908 A 25-02-1976

IT 1001847 B 30-04-1976

JP S506373 A 23-01-1975

US 3937001 A 10-02-1976

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- WO 2006045824 A2 [0003]