

(19)



(11)

EP 2 802 942 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
04.11.2015 Bulletin 2015/45

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 (2006.01) G04B 17/28 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12812338.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB2012/002548

(22) Date de dépôt: **30.11.2012**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/104945 (18.07.2013 Gazette 2013/29)

(54) PIECE D'HORLOGERIE A PLUSIEURS BALANCIERS

UHR MIT MEHREREN UNRUHEN

TIMEPIECE HAVING A PLURALITY OF BALANCES

(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: **13.01.2012 EP 12000199**

(43) Date de publication de la demande:
19.11.2014 Bulletin 2014/47

(73) Titulaire: **Manufacture Roger Dubuis S.A.
1217 Meyrin (CH)**

(72) Inventeurs:
• **BRUTTIN, Grégory
CH-1206 Genève (CH)**
• **POSPIESZNY, Sébastien
74140 Loisin (FR)**

(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)**

(56) Documents cités:
**WO-A1-2011/058157 WO-A2-2008/101802
CH-A1- 700 747**

EP 2 802 942 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

[0001] La présente invention concerne une pièce d'horlogerie, typiquement une montre-bracelet, à plusieurs balanciers.

[0002] Il existe dans l'état de la technique des pièces d'horlogerie à plusieurs balanciers utilisant un principe physique que les horlogers appellent la « résonance ». Selon ce principe, les balanciers s'influencent l'un l'autre pour osciller de manière synchrone, généralement en opposition de phase. Des horlogers comme Antide Janvier, Louis-Abraham Breguet, François-Paul Journe et Antoine Prezioso ont proposé des pièces d'horlogerie fonctionnant selon ce principe. De telles pièces constituent incontestablement de belles réalisations tant sur le plan esthétique que technique. Les oscillations synchrones des balanciers confèrent en effet une certaine harmonie ainsi qu'une protection contre les vibrations extérieures.

[0003] Ces pièces d'horlogerie à résonance présentent toutefois un inconvénient : elles doivent être réglées de manière très précise pour que l'effet de résonance puisse se produire. D'après François-Paul Journe, la différence de marche des balanciers ne doit pas excéder une valeur cumulée de 5 s/j dans les six positions standard de la montre.

[0004] De manière générale, il semble admis que la résonance est un phénomène difficile à maîtriser et qu'elle nécessite une grande dextérité de la part de l'horloger, ce d'autant plus si le nombre de balanciers est élevé.

[0005] Certains documents de l'état de la technique, par exemple les demandes de brevet WO 2005/111742, WO 2011/058157 et WO 2012/062659 et le brevet CH 695.196, décrivent des pièces d'horlogerie à plusieurs balanciers, sans préciser si le principe de la résonance est ou non utilisé. Ces pièces comportent un différentiel qui moyenne les marches des différents balanciers, de sorte que l'obtention d'une résonance n'est pas obligatoire pour leur fonctionnement. Toutefois, pendant leur fonctionnement, selon les conditions extérieures telles que la température, une résonance peut se produire et amener les balanciers à se synchroniser à une fréquence différente de leur fréquence d'oscillation initiale. Dans un tel cas, où la précision de la pièce d'horlogerie est obtenue par le moyennage des marches de balanciers indépendants, la résonance constitue une perturbation susceptible de détériorer de façon significative la marche.

[0006] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients, ou au moins à les atténuer, et propose à cette fin une pièce d'horlogerie comprenant une boîte, un mouvement et un dispositif d'affichage logés dans la boîte, le mouvement comprenant un bâti et, montés dans le bâti, des moyens moteurs, une pluralité d'organes régulateurs comprenant chacun un balancier agencé pour osciller autour d'un axe de rotation, des moyens de liaison reliant les moyens moteurs aux organes régulateurs et au moins un différentiel pour moyenner les marches des organes régulateurs, les organes régulateurs

étant chacun portés par un support rigidement fixé au bâti ou faisant partie dudit bâti, ladite pièce d'horlogerie définissant un axe perpendiculaire à son plan moyen et passant par son centre de gravité, caractérisée en ce que le rapport d/D de la distance d entre les centres de gravité des balanciers les plus proches sur le diamètre D de chaque balancier est d'au moins 2,5 et en ce que le rapport J/J_b du moment d'inertie J de la pièce d'horlogerie par rapport audit axe de celle-ci sur le moment d'inertie J_b de chaque balancier par rapport audit axe de rotation de celui-ci est d'au moins 2×10^4 .

[0007] La présente invention relève d'une tout autre approche que celles proposées jusque-là, en ce sens que la pièce d'horlogerie à plusieurs balanciers est spécialement conçue pour minimiser, voire exclure, la résonance entre les balanciers.

[0008] La présente demanderesse a identifié trois types de couplage pouvant conduire à l'apparition d'une résonance dans une pièce d'horlogerie à plusieurs balanciers.

[0009] Le premier couplage est un couplage aérien se produisant par frottement de l'air entre les balanciers. Lorsque deux balanciers entraînent l'air dans le même sens, ils peuvent interagir l'un avec l'autre. Ce couplage est rendu négligeable dans la présente invention par le rapport d/D supérieur ou égal à 2,5, impliquant que les balanciers sont suffisamment éloignés l'un de l'autre (ou les uns des autres).

[0010] Le deuxième couplage est un couplage élastique entre les points d'attache extérieurs des spiraux associés aux balanciers, couplage induit par les microdéplacements de la liaison mécanique reliant ces points d'attache. Ce couplage est rendu négligeable dans la présente invention par le fait que les organes régulateurs sont chacun portés par un support fixé rigidement au bâti du mouvement ou faisant partie dudit bâti, impliquant que la liaison mécanique (supports, platine et/ou ponts du bâti) entre les points d'attache extérieurs des spiraux est rigide.

[0011] Enfin, le troisième couplage est un couplage inertiel entre les vecteurs moments cinétiques des balanciers et le vecteur moment cinétique de la pièce d'horlogerie dans son ensemble (considérée comme un solide). Ce couplage tend à faire osciller ensemble le solide pièce d'horlogerie et chacun des balanciers. Si l'on modélise à l'aide d'équations de Lagrange le comportement dynamique d'un tel système couplé, on peut s'apercevoir que plus le rapport J/J_b est grand, plus le couplage inertiel entre les balanciers et le solide pièce d'horlogerie est faible. Ainsi, avec un rapport J/J_b d'au moins 2×10^4 , le couplage inertiel peut être significativement réduit.

[0012] Chacun des trois couplages ci-dessus entraîne une modification de la fréquence d'oscillation des balanciers par rapport à leur fréquence propre naturelle. En effet, par le couplage, le système oscillant est étendu et ce sont les fréquences propres de ce système étendu qui déterminent la fréquence d'oscillation des balanciers.

[0013] Des modèles mathématiques du comporte-

ment dynamique des systèmes couplés sont proposés dans la littérature, par exemple dans l'ouvrage d'Yves Rocard « Dynamique générale des vibrations », troisième édition revue et augmentée, Masson et Cie, 1960, chapitre VIII, ou dans celui de Jules Haag et Raymond Chaléat « Problèmes de théorie générale des oscillations et de chronométrie », Gauthier-Villars, Eyrolles, 1960. Ces modèles montrent que les fréquences propres d'un système couplé sont les solutions d'un système d'équations différentielles et que, dans le cas de deux oscillateurs ayant des fréquences propres naturelles respectives f_1 et f_2 en l'absence de couplage, les fréquences propres f_1' et f_2' de l'ensemble couplé satisfont à l'inégalité :

$$|f_2' - f_1'| > |f_2 - f_1|.$$

Ce phénomène est souvent traduit par la formule : « les couplages écartent les fréquences propres ». En pratique, le mode (vecteur propre associé à la fréquence propre) selon lequel l'ensemble couplé va osciller dépend des couples extérieurs d'entretien à savoir, dans le cas de balanciers, du couple appliqué par le ou les échappements. Généralement, l'un des modes correspond à des déplacements angulaires en phase des oscillateurs, tandis que l'autre mode correspond à des déplacements angulaires en opposition de phase.

[0014] La présente invention cherche donc à minimiser voire éliminer les couplages, afin que chaque balancier oscille à une fréquence la plus proche possible de sa fréquence propre naturelle, sur la base de laquelle le mouvement est conçu. Par rapport à une pièce d'horlogerie fonctionnant selon le principe de la résonance, la pièce d'horlogerie selon l'invention est plus facilement reproductible et moins sensible à la précision des réglages, tout en étant très précise dans sa mesure du temps. En effet, le(s) différentiel(s) effectue(nt) un moyennage des marches respectives M_i des balanciers, la marche M de la pièce d'horlogerie pouvant s'exprimer de la façon suivante :

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i$$

où n est le nombre de balanciers. Les marches étant moyennées, les erreurs de marche le sont aussi. Par rapport aux pièces d'horlogerie à plusieurs balanciers et à différentiel non spécialement conçues pour minimiser les couplages, la pièce d'horlogerie selon l'invention est plus précise car non sujette aux risques de changements d'états résonant / non résonant.

[0015] De préférence, dans la présente invention, le rapport d/D est d'au moins 2,65 et le rapport J/J_b est d'au

moins 6×10^4 , de préférence encore d'au moins 10^5 .

[0016] Le(s) différentiel(s) que comporte la pièce d'horlogerie selon l'invention fait(font) typiquement partie desdits moyens de liaison.

[0017] Les balanciers peuvent être régulièrement répartis suivant une direction circonférentielle autour de l'axe géométrique du mouvement.

[0018] De préférence, les balanciers sont inclinés par rapport audit plan moyen de la pièce d'horlogerie. Le fait d'incliner les balanciers permet de rendre encore plus faible le couplage aérien entre lesdits balanciers. Dans des exemples de réalisation, au moins deux des balanciers ont leurs axes de rotation qui sont sensiblement orthogonaux entre eux. Dans un exemple de réalisation particulier, les balanciers sont chacun inclinés d'environ 45° par rapport audit plan moyen et de telle sorte que leurs axes coupent sensiblement l'axe géométrique du mouvement, et sont tous inclinés dans le même sens par rapport audit axe géométrique.

[0019] Avantageusement, les organes régulateurs sont au nombre de quatre. Dans ce cas, les moyens de liaison peuvent comprendre un mobile de centre agencé pour être entraîné par les moyens moteurs, des premier et deuxième mobiles de moyenne agencés pour être entraînés par le mobile de centre, des premier et deuxième mobiles de seconde agencés pour être entraînés par le premier mobile de moyenne et des troisième et quatrième mobiles de seconde agencés pour être entraînés par le deuxième mobile de moyenne, les premier à quatrième mobiles de seconde étant agencés pour entraîner respectivement les organes régulateurs.

[0020] Le mobile de centre peut comprendre un premier engrenage différentiel et les premier et deuxième mobiles de moyenne peuvent comprendre respectivement des deuxième et troisième engrenages différentiels pour moyenniser les marches des organes régulateurs.

[0021] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus d'une pièce d'horlogerie selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue de profil de la pièce d'horlogerie selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue plane, prise depuis le côté cadran (vue de dessus), du mouvement équipant la pièce d'horlogerie selon l'invention, avec la platine du mouvement montrée de manière schématique ;
- la figure 4 est une vue de profil montrant un décalage en hauteur entre deux organes régulateurs faisant partie dudit mouvement ;
- la figure 5 est une vue en coupe selon l'axe 3 heures - 9 heures d'une partie dudit mouvement ;
- la figure 6 est une vue en coupe, prise suivant une ligne brisée, dudit mouvement ;
- la figure 7 est une vue en perspective, prise depuis le côté fond, d'une partie dudit mouvement ;

- la figure 8 est une vue en perspective d'une partie d'un pont de rouage dudit mouvement.

[0022] En référence aux figures 1 et 2, une pièce d'horlogerie selon un mode de réalisation préféré de l'invention est sous la forme d'une montre-bracelet comprenant une boîte BT logeant un mouvement MV et un dispositif d'affichage AF. Le plan moyen de la pièce d'horlogerie est désigné par P. L'axe de la pièce d'horlogerie est désigné par A. Cet axe A passe par le centre de gravité de la pièce d'horlogerie, est perpendiculaire au plan moyen P et est parallèle et sensiblement confondu avec l'axe géométrique du mouvement et de la boîte, désigné par A', cet axe A' correspondant à l'axe d'aiguilles indicatrices centrales AF1, AF2 du dispositif d'affichage AF.

[0023] La boîte BT comprend, de manière classique, une carrure BT1, un fond BT2, une lunette BT3 et une glace BT4, la carrure définissant des cornes BT5 pour l'attache à un bracelet. Le dispositif d'affichage AF comprend, de manière classique aussi, lesdites aiguilles indicatrices centrales AF1, AF2 et un cadran AF3, et peut comprendre en outre d'autres organes indicateurs tels que des aiguilles décentrées AF4. Comme montré à la figure 3, le mouvement MV comprend, montés dans un bâti, un mobile de centre 1, deux barillets 2a, 2b situés de part et d'autre du mobile de centre 1, deux mobiles de moyenne 3a, 3b situés de part et d'autre du mobile de centre 1, quatre mobiles de seconde 4a, 4b, 4c, 4d. et quatre organes régulateurs 5a, 5b, 5c, 5d. Le bâti du mouvement MV comprend une platine 6 et des ponts, notamment un premier pont de rouage 7a recevant des pivots des arbres du mobile de moyenne 3a et des mobiles de seconde 4a, 4b, un deuxième pont de rouage 7b recevant des pivots des arbres du mobile de moyenne 3b et des mobiles de seconde 4c, 4d, un pont de centre 7' et deux ponts de barillet 7'', 7''' (cf. figure 6). Chaque organe régulateur 5a à 5d comprend un échappement 8a à 8d, un balancier 9a à 9d et un spiral 10a à 10d, le spiral étant monté sur le même arbre que le balancier par une virole, de manière usuelle. Chaque échappement 8a à 8d comprend typiquement un mobile d'échappement, comprenant une roue et un pignon d'échappement, une ancre et un double plateau monté sur l'arbre du balancier. Des différentiels, qui seront décrits plus loin, permettent aux aiguilles indicatrices AF1, AF2 d'afficher un temps correspondant à la moyenne des temps mesurés par les quatre organes régulateurs 5a à 5d, conférant ainsi au mouvement une grande précision de marche.

[0024] Dans l'exemple illustré, les organes régulateurs 5a à 5d sont inclinés par rapport au plan de la platine 6, plan qui est parallèle au plan P, d'une manière qui permette de compenser avantageusement les effets de la gravité sur la marche du mouvement en fonction des positions de la pièce d'horlogerie. Plus précisément, chaque organe régulateur 5a à 5d est disposé dans un plan incliné de 45° par rapport au plan de la platine 6. En d'autres termes, l'axe de rotation 12a à 12d de chaque

balancier 9a à 9d forme un angle de 45° avec le plan de la platine 6. En vue de dessus du mouvement (figure 3), les balanciers 9a à 9d forment les extrémités d'une croix dont le centre est au centre du mouvement et dont les deux branches sont perpendiculaires. Les balanciers diamétralement opposés l'un à l'autre 9a, 9c ont leurs axes 12a, 12c qui coupent l'axe A' du mouvement en un même point 14 (figure 6). Les deux autres balanciers opposés l'un à l'autre 9b, 9d ont leurs axes 12b, 12d qui coupent l'axe A' du mouvement en un même point 15 qui typiquement est du même côté de la platine 6 que le point 14 mais distinct de ce dernier car les organes régulateurs 5a, 5c sont à une position surélevée par rapport aux organes régulateurs 5b, 5d, comme montré aux figures 4 et 6, pour permettre aux roues de seconde des mobiles de seconde 4a, 4b et aux roues de seconde des mobiles de seconde 4c, 4d de se chevaucher (cf. figure 3).

[0025] De la sorte, l'angle que font entre eux les axes 12a, 12c des balanciers 9a, 9c est de 90°. De même, l'angle que font entre eux les axes 12b, 12d des balanciers 9b, 9d est de 90°. De plus, les axes 12a, 12c de la paire de balanciers 9a, 9c ne sont parallèles à aucun des axes 12b, 12d de l'autre paire de balanciers 9b, 9d, offrant ainsi une couverture de toutes les directions de l'espace. L'orthogonalité entre les axes des balanciers d'une même paire 9a, 9c ou 9b, 9d permet de compenser efficacement les effets de la gravité sur ces balanciers et de particulièrement bien couvrir les positions possibles du mouvement entre l'horizontale et la verticale (plat-pendu). Grâce à cette orthogonalité, la moyenne des amplitudes d'oscillation des balanciers d'une paire donnée reste sensiblement constante entre les différentes positions angulaires du mouvement dans le plan diamétral contenant les axes de ces balanciers.

[0026] De plus, grâce à l'inclinaison de 45° des balanciers 9a à 9d, ceux-ci ne se trouvent jamais dans leur position la plus défavorable en terme de sensibilité à la gravité, à savoir la position verticale, lorsque le mouvement est dans l'une de ses positions de référence, à savoir les positions horizontales « cadran en haut » et « cadran en bas » et verticales « 3 heures en haut », « 6 heures en haut », « 9 heures en haut » et « 12 heures en haut ». La différence de marche entre les positions de référence du mouvement est donc faible.

[0027] Bien que l'agencement des balanciers tel que décrit ci-dessus soit particulièrement avantageux, les balanciers pourraient, en variante, être inclinés différemment ou ne pas être inclinés, c'est-à-dire être disposés parallèlement à la platine 6 et au plan P. Dans l'exemple illustré, les balanciers sont régulièrement répartis dans une direction circonférentielle autour de l'axe A' du mouvement. En variante, néanmoins, ils pourraient être répartis de façon non régulière.

[0028] La structure du mouvement selon l'invention va maintenant être décrite plus en détail.

[0029] Comme montré aux figures 5 et 6, le mobile de centre 1 comprend, autour d'un arbre de centre 20, une chaussée 21 montée à friction sur l'arbre 20 et portant

l'aiguille des minutes AF2, une roue des heures 22 libre en rotation autour de l'arbre 20 et portant l'aiguille des heures AF1, un engrenage différentiel 23 et un pignon de centre 24 solidaire de l'arbre 20. Le pignon de centre 24 engrène avec les deux barilletts 2a, 2b (dont les rochets associés n'ont pas été représentés) qui, disposés ainsi en parallèle, additionnent leurs couples pour entraîner l'arbre de centre 20. La roue des heures 22 et la chaussée 21 engrènent respectivement avec le pignon et la roue d'un mobile de minuterie 25 (cf. figure 1). La roue de minuterie est reliée à la tige de mise à l'heure 26 du mouvement par comprend, outre l'arbre 20 qui en constitue l'entrée, une première roue de sortie 28 libre en rotation par rapport à l'arbre 20, un pignon 29 solidaire de la roue 28, une deuxième roue de sortie 30 libre en rotation par rapport à l'arbre 20, un pignon central 31 solidaire de l'arbre 20, et un mobile satellite comprenant un pignon 32 qui engrène avec le pignon central 31 et une roue 33 qui est solidaire du pignon 32 et qui engrène avec le pignon 29, les pivots de ce mobile satellite étant montés respectivement dans la deuxième roue de sortie 30 et dans un pont 34 fixé à la roue 30.

[0030] Les deux mobiles de moyenne 3a, 3b comprennent chacun, autour d'un arbre de moyenne 35a, 35b, un pignon de moyenne 36a, 36b solidaire de l'arbre 35a, 35b et un engrenage différentiel 37a, 37b. Le pignon de moyenne 36a engrène avec, et est entraîné par, la première roue de sortie 28 de l'engrenage différentiel 23 et le pignon de moyenne 36b engrène avec, et est entraîné par, la deuxième roue de sortie 30 de l'engrenage différentiel 23. L'engrenage différentiel 37a, 37b de chaque mobile de moyenne 3a, 3b est du même type que l'engrenage différentiel 23 du mobile de centre 1. L'arbre de moyenne 35a, 35b en constitue l'entrée. L'une, 38a, des roues de sortie de l'engrenage différentiel 37a engrène avec, et entraîne, un pignon (non représenté) du mobile de seconde 4a, tandis que l'autre roue de sortie 39a engrène avec, et entraîne, un pignon 40b du mobile de seconde 4b. De même, l'une, 38b, des roues de sortie de l'engrenage différentiel 37b engrène avec, et entraîne, un pignon 40c du mobile de seconde 4c, tandis que l'autre roue de sortie 39b engrène avec, et entraîne, un pignon (non représenté) du mobile de seconde 4d. Les roues des mobiles de seconde 4a à 4d engrènent au moyen d'engrenages coniques avec les pignons d'échappement des organes régulateurs 5a à 5d.

[0031] Tels qu'ils sont disposés, sur les mobiles de centre 1 et de moyenne 3a, 3b, les engrenages différentiels 23, 37a, 37b sont au plus près des barilletts 2a, 2b, c'est-à-dire là où le couple est le plus important. Cette disposition permet de compenser les inconvénients d'un engrenage différentiel que sont son poids et son inertie.

[0032] La structure telle que décrite ci-dessus présente l'avantage d'un faible encombrement du fait que les quatre organes régulateurs 5a à 5d sont entraînés par un même organe moteur, constitué par les deux barilletts 2a, 2b, et qu'un seul mobile de moyenne est utilisé pour deux organes régulateurs. L'utilisation de deux barilletts

en parallèle permet d'augmenter le couple nécessaire à l'entraînement des organes régulateurs. Elle permet en outre, par la disposition de ces barilletts 2a, 2b de part et d'autre du mobile de centre 1, d'équilibrer le couple transmis et de diminuer les pressions hertziennes sur les pivots du mobile de centre 1. En variante toutefois, des organes moteurs reliés par les différentiels pourraient entraîner séparément les organes régulateurs 5a à 5d. Dans une autre variante, un seul barillet pourrait être utilisé pour entraîner les quatre organes régulateurs 5a à 5d.

[0033] Chaque organe régulateur 5a à 5d est porté par un support ou bâti 41 (cf. figures 4 et 7) comprenant un porte-échappement 42, un pont d'échappement 43 et un pont de balancier 44 fixés au porte-échappement 42. Les pivots de l'arbre de balancier tournent dans des paliers 45, 46 (cf. figures 4 et 6), de préférence antichocs, équipant respectivement le porte-échappement 42 et le pont de balancier 44. Le mobile d'échappement et l'ancre sont montés entre le porte-échappement 42 et le pont d'échappement 43. Le spiral est monté entre le balancier et le pont de balancier 44. L'extrémité extérieure du spiral est fixée à un piton 10' lui-même fixé au pont de balancier 44. Les supports 41 des organes régulateurs 5a à 5d sont fixés rigidement au bâti du mouvement, par exemple au moyen de vis, contre des surfaces d'appui 47 des ponts de rouage 7a, 7b qui sont inclinées de 45° de manière à obtenir l'inclinaison de 45° des balanciers 9a à 9d par rapport à la platine 6, tout en permettant à ladite platine de rester plate. Ces surfaces inclinées 47 sont représentées à la figure 8 et, de manière schématique, à la figure 6. Dans l'exemple de réalisation représenté, les supports 41 des organes régulateurs 5a, 5b sont fixés sur le premier pont de rouage 7a, tandis que les supports 41 des organes régulateurs 5c, 5d sont fixés sur le deuxième pont de rouage 7b.

[0034] Mécaniquement, les points d'attache extérieurs des spiraux 10a à 10d, au niveau des pitons 10', sont ainsi reliés les uns aux autres par l'intermédiaire d'une structure rigide comprenant les supports 41, les ponts de rouage 7a, 7b et la platine 6. Les couplages élastiques entre ces points d'attache peuvent donc être considérés comme négligeables.

[0035] Par ailleurs, comme cela est apparent sur les figures 1 et 3, la distance entre les balanciers 9a à 9d est grande. Concrètement, dans la présente invention, le rapport d/D de la distance d entre les centres de gravité des balanciers sur le diamètre D de chaque balancier (défini comme le diamètre extérieur de la serge du balancier) est supérieur ou égal à 2,5, de préférence supérieur ou égal à 2,65. Dans le cas où les balanciers ne sont pas répartis régulièrement autour de l'axe A', ce rapport d/D supérieur ou égal à 2,5 concerne les deux balanciers les plus proches l'un de l'autre. Dans un exemple de réalisation, la distance d et le diamètre D sont respectivement d'environ 22,64 mm et d'environ 8,5 mm. Avec un tel écartement des balanciers, les couplages aériens peuvent eux aussi être considérés comme né-

gligeables. Ces couplages aériens sont encore diminués par le fait que les balanciers sont inclinés.

[0036] Enfin, pour rendre négligeables les couplages inertiels, on fait en sorte que le moment d'inertie J de la pièce d'horlogerie BT, MV, AF par rapport à l'axe A et le moment d'inertie J_b de chaque balancier 9a à 9d par rapport à son axe de rotation 12a à 12d soient tels que leur rapport J/J_b soit supérieur ou égal à 2×10^4 , de préférence supérieur ou égal à 6×10^4 , de préférence encore supérieur ou égal à 10^5 . Pour obtenir de telles valeurs, on peut jouer sur la masse de la pièce d'horlogerie, par exemple en réalisant la boîte BT dans une matière suffisamment lourde et avec des parois suffisamment épaisses, et/ou sur ses dimensions, à savoir son diamètre et sa hauteur. Dans un exemple de réalisation, chaque balancier a un moment d'inertie par rapport à son axe de rotation d'environ 8×10^{-10} kg.m² tandis que la pièce d'horlogerie dans son ensemble a un moment d'inertie par rapport à son axe A d'environ $8,6 \times 10^{-5}$ kg.m².

[0037] Grâce à ces caractéristiques, on évite les effets de résonance et on permet aux balanciers d'osciller indépendamment les uns des autres à leur fréquence propre naturelle.

[0038] On notera également que le nombre élevé de balanciers, quatre dans l'exemple illustré, diminue encore les risques d'apparition d'une résonance.

[0039] La présente invention a été décrite ci-dessus à titre d'exemple uniquement. Il va de soi que des modifications pourraient être faites sans sortir du cadre de l'invention revendiquée. Par exemple, les organes régulateurs pourraient être sous la forme de tourbillons portés chacun par un support fixé rigidement au bâti du mouvement ou faisant partie dudit bâti.

Revendications

1. Pièce d'horlogerie comprenant une boîte (BT), un mouvement (MV) et un dispositif d'affichage (AF) logés dans la boîte (BT), le mouvement (MV) comprenant un bâti (6, 7a, 7b, 7') et, montés dans le bâti, des moyens moteurs (2a, 2b), une pluralité d'organes régulateurs (5a-5d) comprenant chacun un balancier (9a-9d) agencé pour osciller autour d'un axe de rotation (12a-12d), des moyens de liaison (1, 3a, 3b, 4a-4d) reliant les moyens moteurs (2a, 2b) aux organes régulateurs (5a-5d) et au moins un différentiel (23, 37a, 37b) pour moyenner les marches des organes régulateurs, les organes régulateurs (5a-5d) étant chacun portés par un support (41) rigidement fixé au bâti (6, 7a, 7b, 7') ou faisant partie dudit bâti, ladite pièce d'horlogerie définissant un axe (A) perpendiculaire à son plan moyen (P) et passant par son centre de gravité, **caractérisée en ce que** le rapport d/D de la distance d entre les centres de gravité des balanciers (9a-9d) les plus proches sur le diamètre D de chaque balancier (9a-9d) est d'au moins 2,5 et **en ce que** le rapport J/J_b du moment

d'inertie J de la pièce d'horlogerie par rapport audit axe (A) de celle-ci sur le moment d'inertie J_b de chaque balancier (9a-9d) par rapport audit axe de rotation (12a-12d) de celui-ci est d'au moins 2×10^4 .

2. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le rapport d/D est d'au moins 2,65.
3. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le rapport J/J_b est d'au moins 6×10^4 .
4. Pièce d'horlogerie selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le rapport J/J_b est d'au moins 10^5 .
5. Pièce d'horlogerie selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** ledit au moins un différentiel (23, 37a, 37b) fait partie desdits moyens de liaison (1, 3a, 3b, 4a-4d).
6. Pièce d'horlogerie selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** les balanciers (9a-9d) sont régulièrement, répartis suivant une direction circonférentielle autour de l'axe géométrique (A') du mouvement (MV).
7. Pièce d'horlogerie selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** les balanciers (9a-9d) sont inclinés par rapport audit plan moyen (P).
8. Pièce d'horlogerie selon la revendication 7, **caractérisée en ce qu'au moins deux** (9a, 9c ; 9b, 9d) des balanciers (9a-9d) ont leurs axes de rotation (12a, 12c ; 12b, 12d) qui sont sensiblement orthogonaux entre eux.
9. Pièce d'horlogerie selon la revendication 7 ou 8, **caractérisée en ce que** les balanciers (9a-9d) sont chacun inclinés d'environ 45° par rapport audit plan moyen (P) et de telle sorte que leurs axes (12a-12d) coupent sensiblement l'axe géométrique (A') du mouvement, et sont tous inclinés dans le même sens par rapport audit axe géométrique (A').
10. Pièce d'horlogerie selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** les organes régulateurs (5a-5d) sont au nombre de quatre.
11. Pièce d'horlogerie selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** les moyens de liaison (1, 3a, 3b, 4a-4d) comprennent un mobile de centre (1) agencé pour être entraîné par les moyens moteurs (2a, 2b), des premier et deuxième mobiles de moyenne (3a, 3b) agencés pour être entraînés par le mobile de centre (1), des premier et deuxième mobiles de seconde (4a, 4b) agencés pour être entraînés par le premier mobile de moyenne (3a) et des troisième et

quatrième mobiles de seconde (4c, 4d) agencés pour être entraînés par le deuxième mobile de moyenne (3b), les premier à quatrième mobiles de seconde (4a-4d) étant agencés pour entraîner respectivement les organes régulateurs (5a-5d).

12. Pièce d'horlogerie selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** le mobile de centre (1) comprend un premier engrenage différentiel (23) et les premier et deuxième mobiles de moyenne (3a, 3b) comprennent respectivement des deuxième et troisième engrenages différentiels (37a, 37b) pour moyenner les marches des organes régulateurs (5a-5d).

Patentansprüche

1. Uhr, die ein Gehäuse (BT), ein Werk (MV) und eine Anzeigevorrichtung (AF) umfasst, die in dem Gehäuse (BT) untergebracht sind, wobei das Werk (MV) ein Gestell (6, 7a, 7b, 7') und in dem Gestell angebrachte Antriebsmittel (2a, 2b), mehrere Regulierorgane (5a bis 5d), die jeweils eine Unruh (9a bis 9d) umfassen, die angeordnet ist, um um eine Drehachse (12a bis 12d) zu schwingen, Verbindungsmittel (1, 3a, 3b, 4a bis 4d), die die Antriebsmittel (2a, 2b) mit den Regulierorganen (5a bis 5d) verbinden, und mindestens ein Differenzial (23, 37a, 37b) umfasst, um die Gänge der Regulierorgane auszugleichen, wobei die Regulierorgane (5a bis 5d) jeweils durch eine Stütze (41) getragen werden, die starr an dem Gestell (6, 7a, 7b, 7') befestigt ist oder Teil des Gestells ist, wobei die Uhr eine Achse (A) definiert, die senkrecht zu ihrer Mittelebene (P) ist und durch ihren Schwerpunkt verläuft, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis d/D des Abstandes d zwischen den Schwerpunkten der nächsten Unruhen (9a bis 9d) zu dem Durchmesser D von jeder Unruh (9a bis 9d) mindestens 2,5 beträgt, und dadurch, dass das Verhältnis J/J_b des Trägheitsmoments J der Uhr in Bezug zur Achse (A) davon zum Trägheitsmoment J_b von jeder Unruh (9a bis 9d) in Bezug zur Drehachse (12a bis 12d) davon mindestens 2×10^4 beträgt.
2. Uhr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis d/D mindestens 2,65 beträgt.
3. Uhr nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis J/J_b mindestens 6×10^4 beträgt.
4. Uhr nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis J/J_b mindestens 10^5 beträgt.
5. Uhr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Differenzial (23, 37a, 37b) Teil der Verbindungsmittel (1,

3a, 3b, 4a bis 4d) ist.

6. Uhr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unruhen (9a bis 9d) regelmäßig entlang einer Umfangsrichtung um die geometrische Achse (A') des Werks (MV) verteilt sind.
7. Uhr nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unruhen (9a bis 9d) in Bezug zu der Mittelebene (P) geneigt sind.
8. Uhr nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehachsen (12a, 12c; 12b, 12d) von mindestens zwei (9a, 9c; 9b, 9d) der Unruhen (9a bis 9d) im Wesentlichen orthogonal zueinander sind.
9. Uhr nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unruhen (9a bis 9d) jeweils um ungefähr 45° in Bezug zur Mittelebene (P) und derart geneigt sind, dass ihre Achsen (12a bis 12d) die geometrische Achse (A') des Werks im Wesentlichen schneiden und alle in die gleiche Richtung in Bezug zur geometrischen Achse (A') geneigt sind.
10. Uhr nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Regulierorgane (5a bis 5d) vier beträgt.
11. Uhr nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsmittel (1, 3a, 3b, 4a bis 4d) ein Minutenrad (1), das angeordnet ist, um durch die Antriebsmittel (2a, 2b) angetrieben zu werden, ein erstes und ein zweites Kleinbodenrad (3a, 3b), die angeordnet sind, um durch das Minutenrad (1) angetrieben zu werden, ein erstes und ein zweites Sekundenrad (4a, 4b), die angeordnet sind, um durch das erste Kleinbodenrad (3a) angetrieben zu werden, und ein drittes und ein viertes Sekundenrad (4c, 4d) umfassen, die angeordnet sind, um durch das zweite Kleinbodenrad (3b) angetrieben zu werden, wobei das erste bis vierte Sekundenrad (4a bis 4d) angeordnet sind, um jeweils die Regulierorgane (5a bis 5d) anzutreiben.
12. Uhr nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Minutenrad (1) ein erstes Differenzialgetriebe (23) umfasst und das erste und das zweite Kleinbodenrad (3a, 3b) ein zweites beziehungsweise drittes Differenzialgetriebe (37a, 37b) umfassen, um die Gänge der Regulierorgane (5a bis 5d) auszugleichen.

Claims

1. Timepiece comprising a case (BT), a movement (MV) and a display device (AF) which are housed in the case (BT), the movement (MV) comprising a

- frame (6, 7a, 7b, 7') and, mounted in the frame, drive means (2a, 2b), a plurality of regulator members (5a-5d) each comprising a balance (9a-9d) arranged to oscillate about an axis of rotation (12a-12d), linking means (1, 3a, 3b, 4a-4d) connecting the drive means (2a, 2b) to the regulator members (5a-5d) and at least one differential (23, 37a, 37b) to average the rates of the regulator members, the regulator members (5a-5d) each being carried by a support (41) rigidly fixed to the frame (6, 7a, 7b, 7') or forming part of said frame, said timepiece defining an axis (A) perpendicular to its middle plane (P) and passing through its centre of gravity, **characterised in that** the ratio d/D of the distance d between the centres of gravity of the closest balances (9a-9d) to the diameter D of each balance (9a-9d) is at least 2.5 and **in that** the ratio J/J_b of the moment of inertia J of the timepiece with respect to said axis (A) thereof to the moment of inertia J_b of each balance (9a-9d) with respect to said axis of rotation (12a-12d) thereof is at least 2×10^4 .
2. Timepiece as claimed in claim 1, **characterised in that** the ratio d/D is at least 2.65.
 3. Timepiece as claimed in claim 1 or 2, **characterised in that** the ratio J/J_b is at least 6×10^4 .
 4. Timepiece as claimed in claim 3, **characterised in that** the ratio J/J_b is at least 10^5 .
 5. Timepiece as claimed in any one of claims 1 to 4, **characterised in that** said at least one differential (23, 37a, 37b) forms part of said linking means (1, 3a, 3b, 4a-4d).
 6. Timepiece as claimed in any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the balances (9a-9d) are distributed evenly in a circumferential direction about the geometric axis (A') of the movement (MV).
 7. Timepiece as claimed in any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the balances (9a-9d) are inclined with respect to said middle plane (P).
 8. Timepiece as claimed in claim 7, **characterised in that** at least two (9a, 9c; 9b, 9d) of the balances (9a-9d) have their axes of rotation (12a, 12c; 12b, 12d) substantially orthogonal to one another.
 9. Timepiece as claimed in claim 7 or 8, **characterised in that** the balances (9a-9d) are each inclined by about 45° with respect to said middle plane (P) and such that their axes (12a-12d) substantially bisect the geometric axis (A') of the movement and are all inclined in the same direction with respect to said geometric axis (A').
 10. Timepiece as claimed in any one of claims 1 to 9, **characterised in that** the regulator members (5a-5d) are four in number.
 11. Timepiece as claimed in claim 10, **characterised in that** the linking means (1, 3a, 3b, 4a-4d) comprise a centre wheel assembly (1) arranged to be driven by the drive means (2a, 2b), first and second intermediate wheel assemblies (3a, 3b) arranged to be driven by the centre wheel assembly (1), first and second seconds wheel assemblies (4a, 4b) arranged to be driven by the first intermediate wheel assembly (3a) and third and fourth seconds wheel assemblies (4c, 4d) arranged to be driven by the second intermediate wheel assembly (3b), the first to the fourth seconds wheel assemblies (4a-4d) being arranged to drive the regulator members (5a-5d) respectively.
 12. Timepiece as claimed in claim 11, **characterised in that** the centre wheel assembly (1) comprises a first differential gear (23) and the first and second intermediate wheel assemblies (3a, 3b) respectively comprise second and third differential gears (37a, 37b) to average the rates of the regulator members (5a-5d).

Fig.1

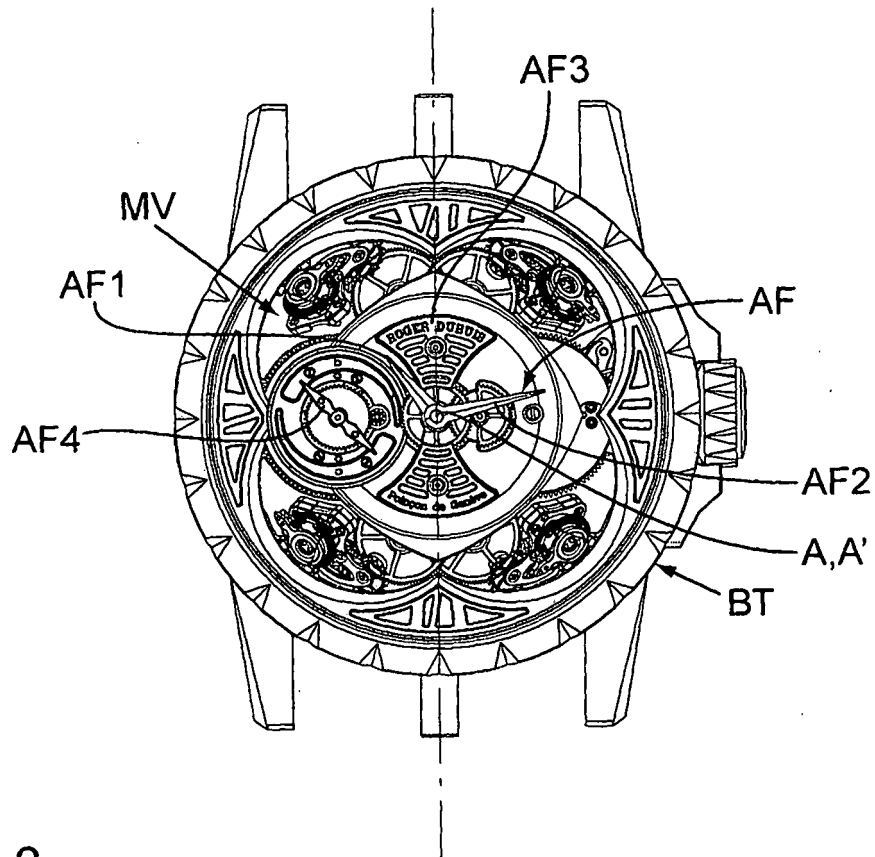


Fig.2

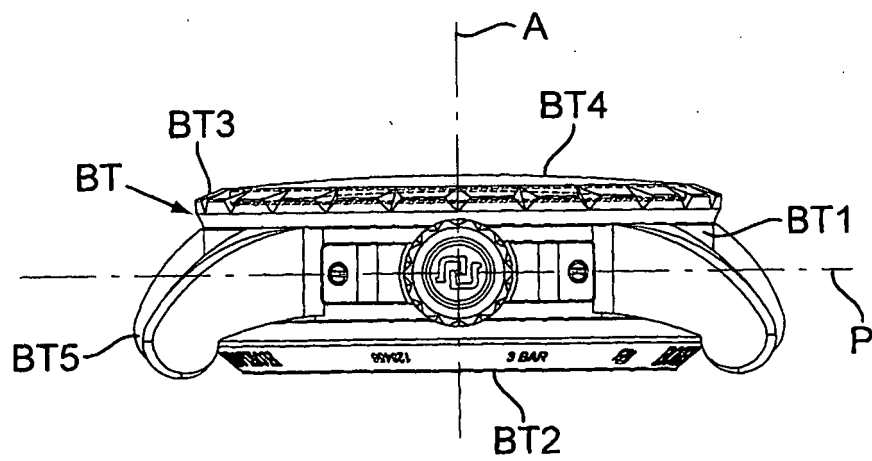


Fig.3

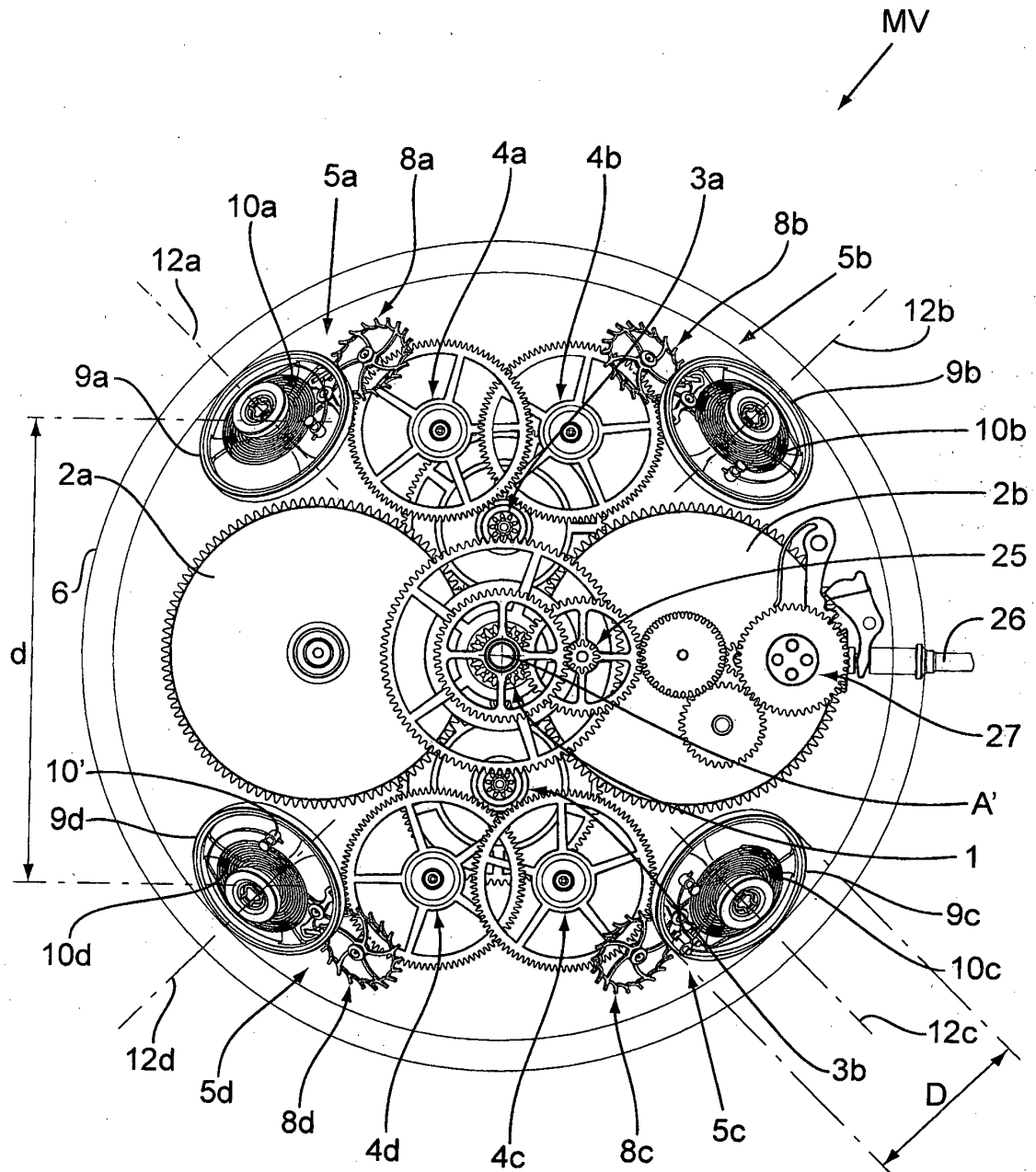


Fig.4

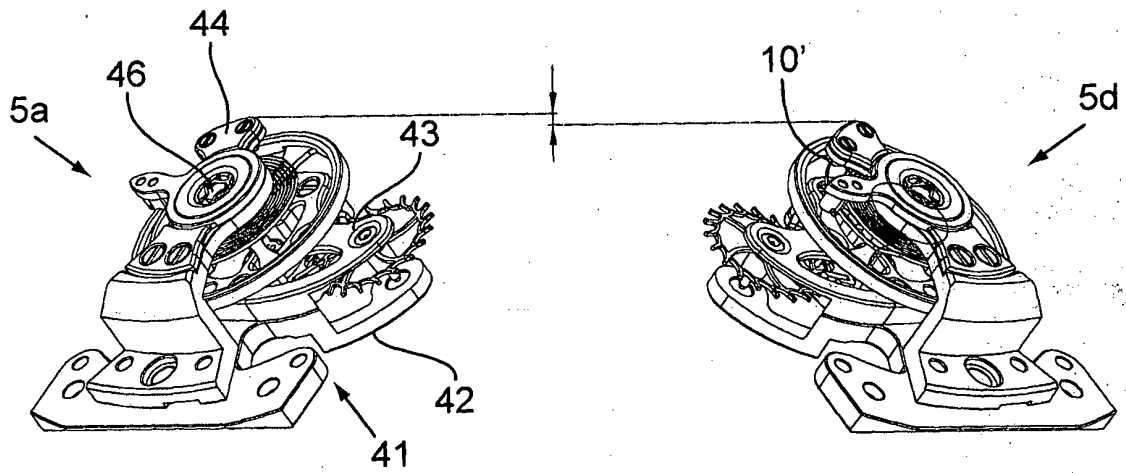
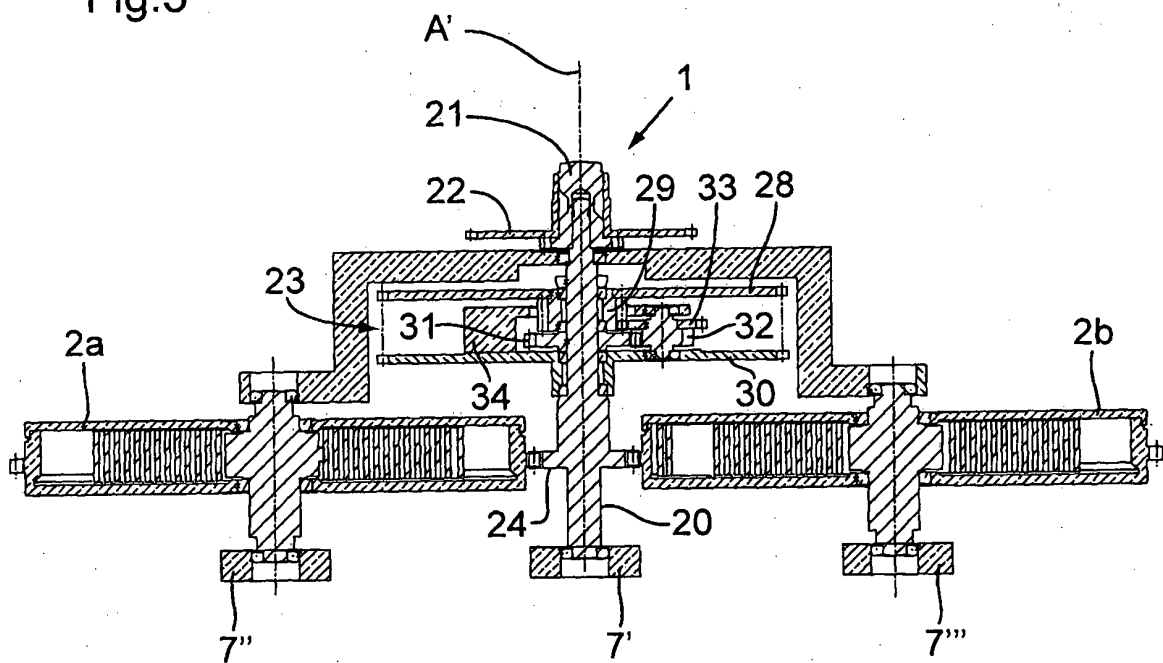


Fig.5



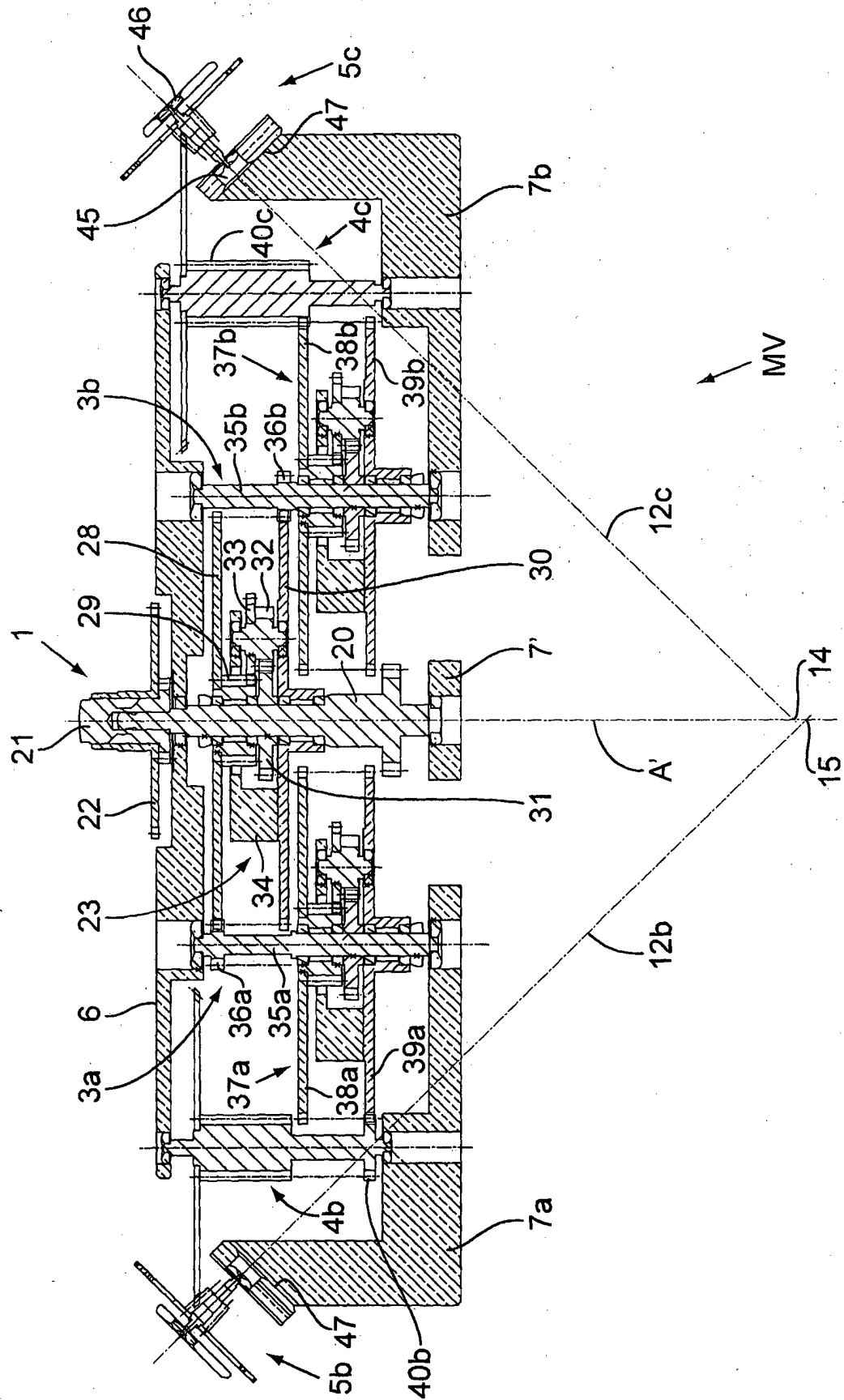


Fig. 6

Fig.7

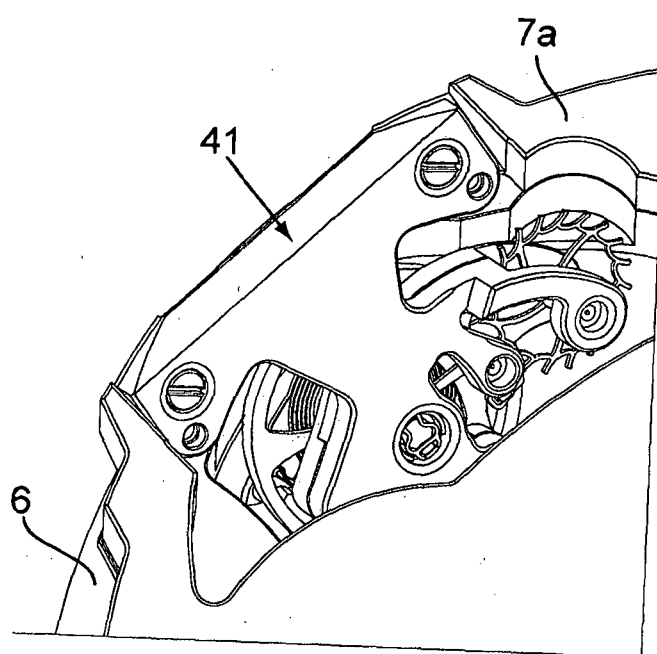
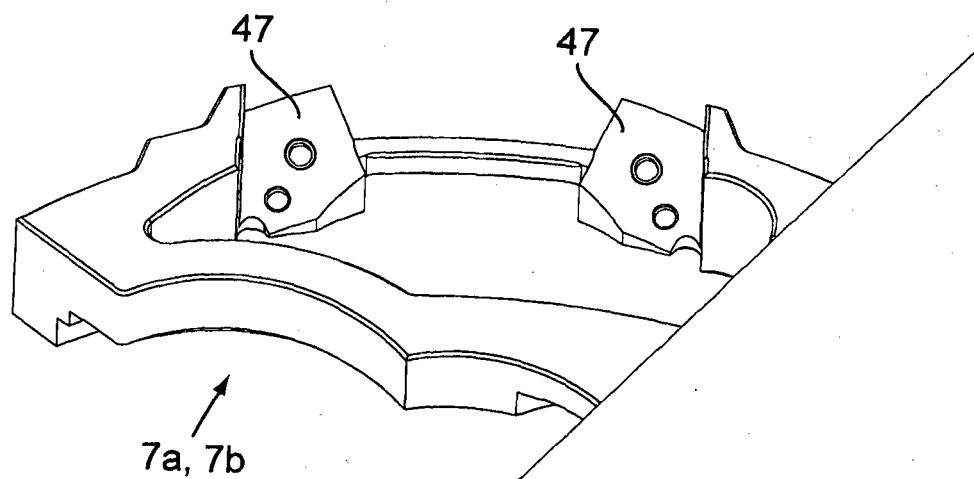


Fig.8



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 2005111742 A [0005]
- WO 2011058157 A [0005]
- WO 2012062659 A [0005]
- CH 695196 [0005]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **YVES ROCARD.** Dynamique générale des vibrations. Masson et Cie, 1960 [0013]
- **JULES HAAG ; RAYMOND CHALÉAT.** Problèmes de théorie générale des oscillations et de chronométrie. 1960 [0013]