

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/104945 A1

(43) Date de la publication internationale
18 juillet 2013 (18.07.2013)

(51) Classification internationale des brevets :
G04B 17/06 (2006.01) G04B 17/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2012/002548

(22) Date de dépôt international :
30 novembre 2012 (30.11.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
12000199.5 13 janvier 2012 (13.01.2012) EP

(71) Déposant : MANUFACTURE ROGER DUBUIS SA
[CH/CH]; Rue André-de-Garrini 2, CH-1217 Meyrin (CH).

(72) Inventeurs : BRUTTIN, Grégory; Av. Dumas 16bis, CH-1206 Genève (CH). POSPIESZNY, Sébastien; 25, rue Près du Boul, CH-74140 Loisin (CH).

(74) Mandataire : MICHELI & CIE SA; 122 rue de Genève, C.P. 61, CH-1226 Thônex (CH).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

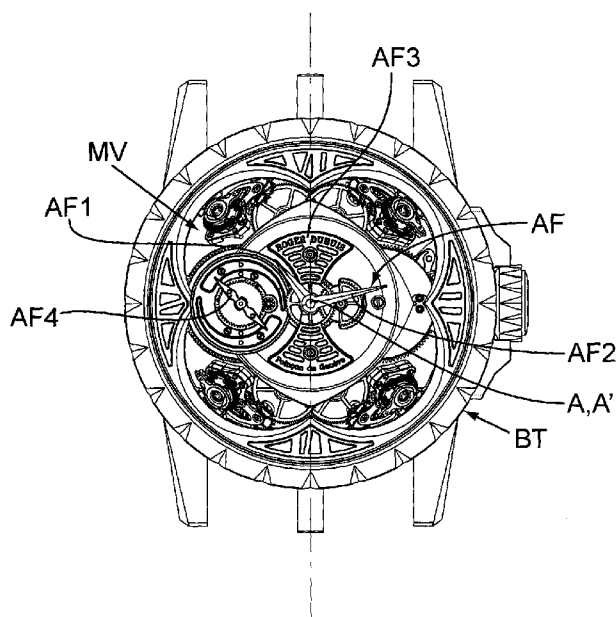
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : TIMEPIECE HAVING A PLURALITY OF BALANCES

(54) Titre : PIECE D'HORLOGERIE A PLUSIEURS BALANCIERS

Fig.1



(57) Abstract : The invention relates to a timepiece having a plurality of balances. The timepiece includes a case (BT) a movement (MV) and a display device (AF), which are housed inside the case (BT). The movement (MV) includes a frame and, mounted inside the frame, driving means, a plurality of regulating members that each include a balance designed to swivel about an axis of rotation, connecting means connecting the driving means to the regulating members and at least one differential for averaging the steps of the regulating members. The regulating members are each supported by a holder that is rigidly attached to the frame or forming part of said frame. The timepiece defines an axis (A), which is perpendicular to the mid-plane thereof and which passes through the center of gravity of same, and is characterized in that the ratio d/D of the distance d between the centers of gravity of the closest balances to the diameter D of each balance is at least 2.5 and in that the ratio J/J_b of the moment of inertia J of the timepiece, relative to the axis thereof, to the moment of inertia J_b of each balance, relative to the axis of rotation thereof, is at least 2×10^4 . The timepiece is thus designed to minimize couplings.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2013/104945 A1



La pièce d'horlogerie comprend une boîte (BT), un mouvement (MV) et un dispositif d'affichage (AF) logés dans la boîte (BT). Le mouvement (MV) comprend 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 moyenniser les marches des organes régulateurs. Les organes régulateurs sont chacun portés par un support rigidement fixé au bâti ou faisant partie dudit bâti. La pièce d'horlogerie définit un axe (A) perpendiculaire à son plan moyen et passant par son centre de gravité, et est 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 à l'axe de celle-ci sur le moment d'inertie J_b de chaque balancier par rapport à l'axe de rotation de celui-ci est d'au moins 2×10^4 . La pièce d'horlogerie est ainsi agencée pour minimiser les couplages.

Pièce d'horlogerie à plusieurs balanciers

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

5 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
10 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.

15 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.

20 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.

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
25 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.

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 moyennier 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 .

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.

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.

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).

5 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
10 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.

Enfin, le troisième couplage est un couplage inertiel entre les vecteurs moments cinétiques des balanciers et le vecteur moment cinétique de la pièce
15 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.
20 Ainsi, avec un rapport J/J_b d'au moins 2×10^4 , le couplage inertiel peut être significativement réduit.

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
25 fréquences propres de ce système étendu qui déterminent la fréquence d'oscillation des balanciers.

Des modèles mathématiques du comportement 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 :

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

10

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.

15

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 :

25

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

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
5 d'horlogerie selon l'invention est plus précise car non sujette aux risques de changements d'états résonant / non résonant.

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 .

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

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

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
15 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
20 mouvement, et sont tous inclinés dans le même sens par rapport audit axe géométrique.

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
25 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.

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
5 moyenner les marches des organes régulateurs.

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 :

- 10 - 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
15 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
20 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 ;
- 25 - la figure 8 est une vue en perspective d'une partie d'un pont de rouage dudit mouvement.

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.

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.

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
5 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
10 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
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
20 seconde des mobiles de seconde 4c, 4d de se chevaucher (cf. figure 3).

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
25 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.

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.

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.

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

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 barillets 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 l'intermédiaire d'un rouage de mise à l'heure 27. L'engrenage différentiel 23

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.

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 engrenent au moyen d'engrenages coniques avec les pignons d'échappement des organes régulateurs 5a à 5d.

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 barillets 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.

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 barillets 2a, 2b, et qu'un seul mobile de moyenne est utilisé pour deux organes régulateurs. L'utilisation de deux barillets en parallèle permet d'augmenter le couple nécessaire à l'entraînement des organes régulateurs. Elle permet en outre, par la disposition de ces barillets 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.

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.

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.

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

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.

5 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.

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

10 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).
- 5
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).
- 10
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).
- 15
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.
- 20
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').
- 25
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
5 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
10 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
15 respectivement des deuxième et troisième engrenages différentiels (37a,
37b) pour moyenner les marches des organes régulateurs (5a-5d).

Fig.3

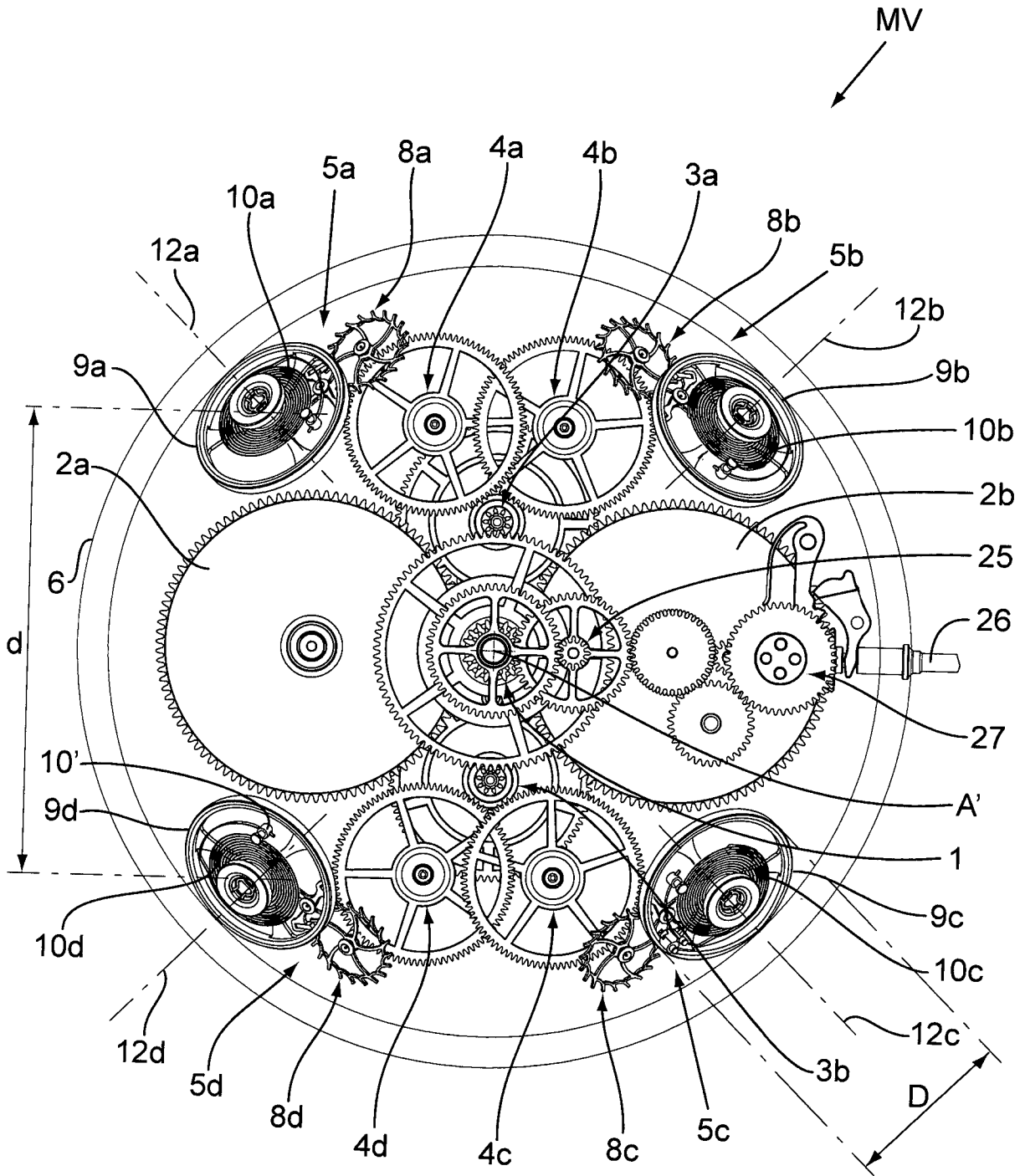


Fig.4

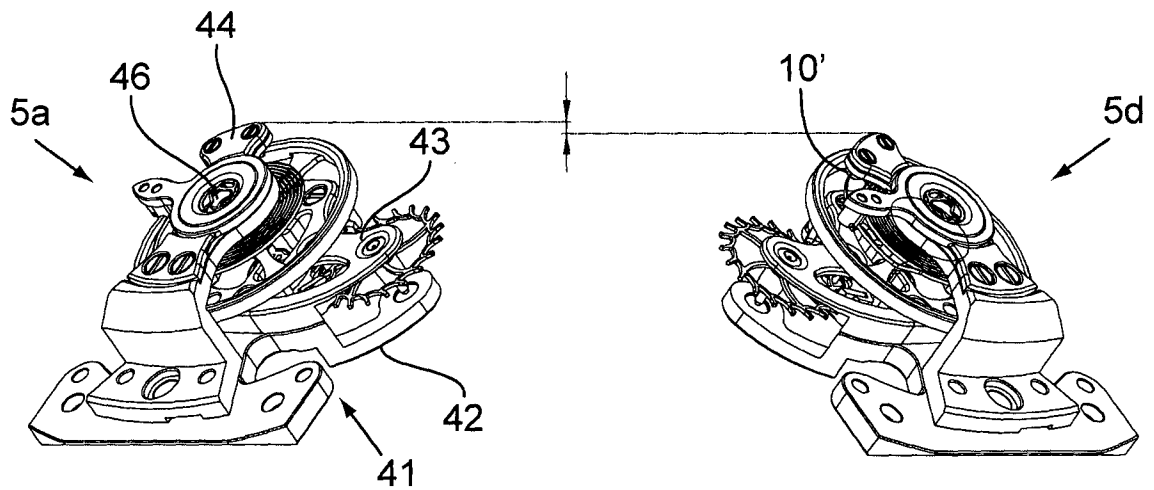


Fig.5

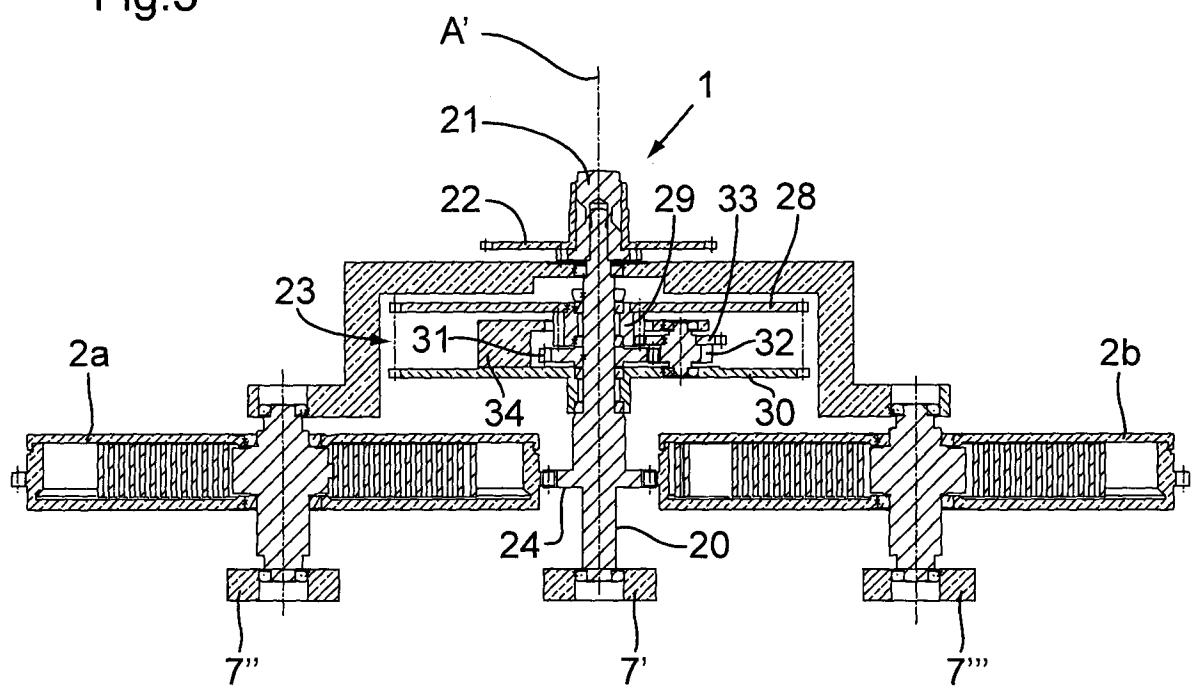


Fig.6

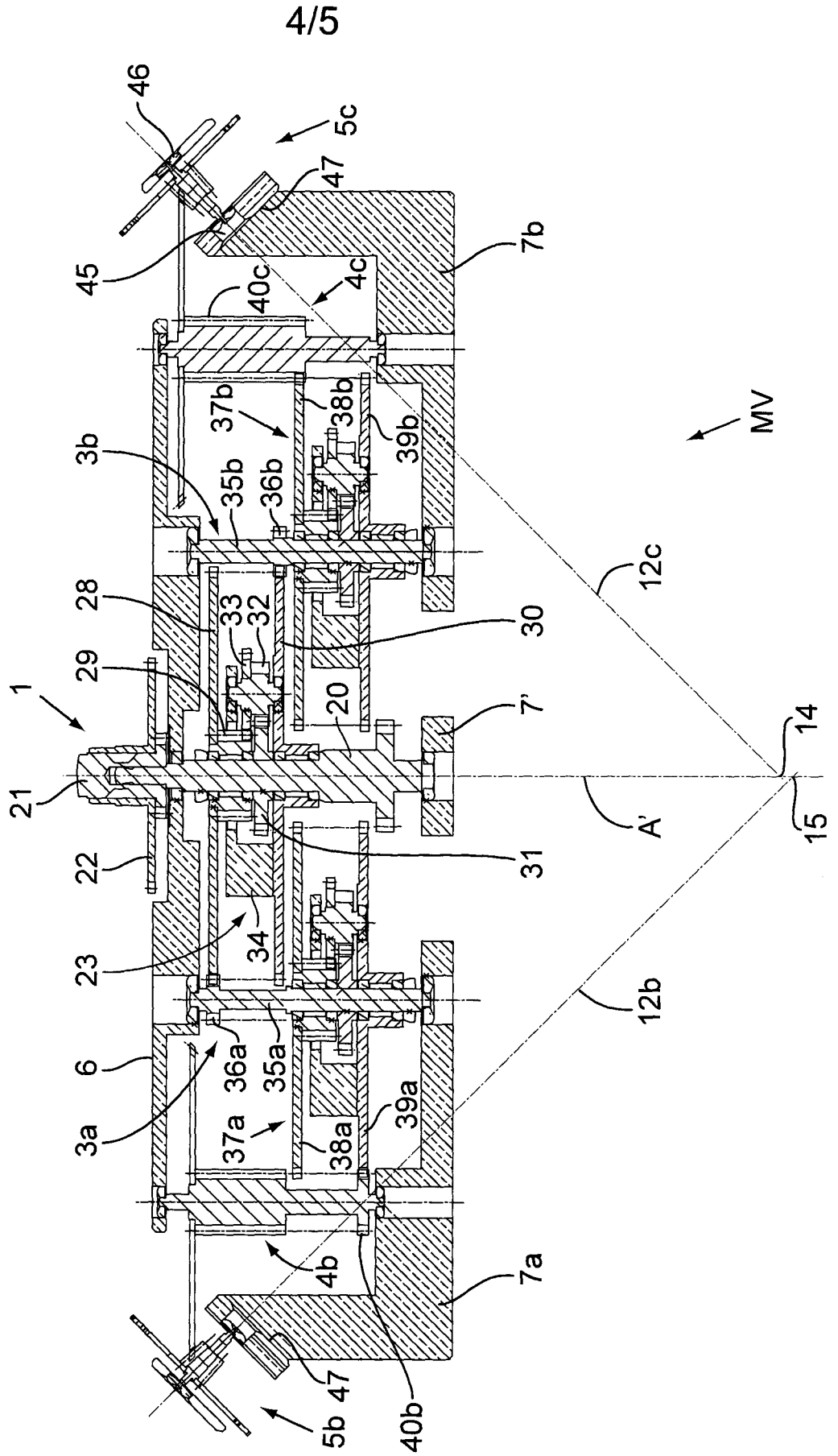


Fig.7

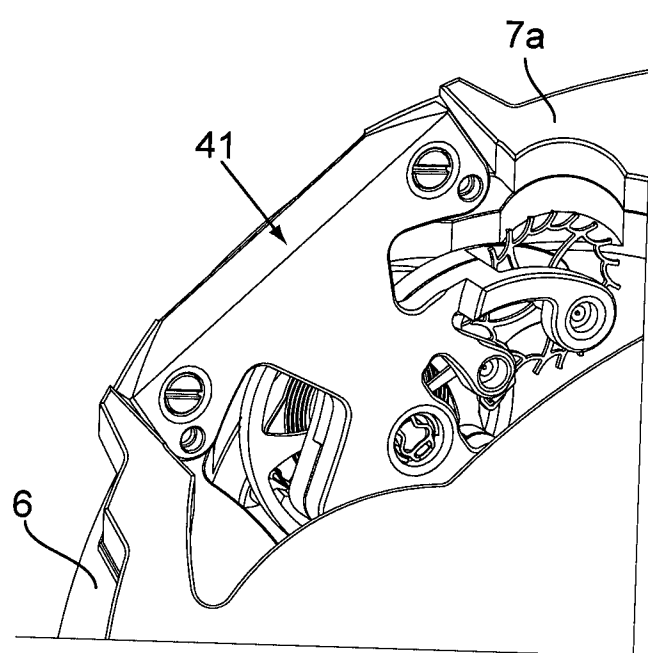
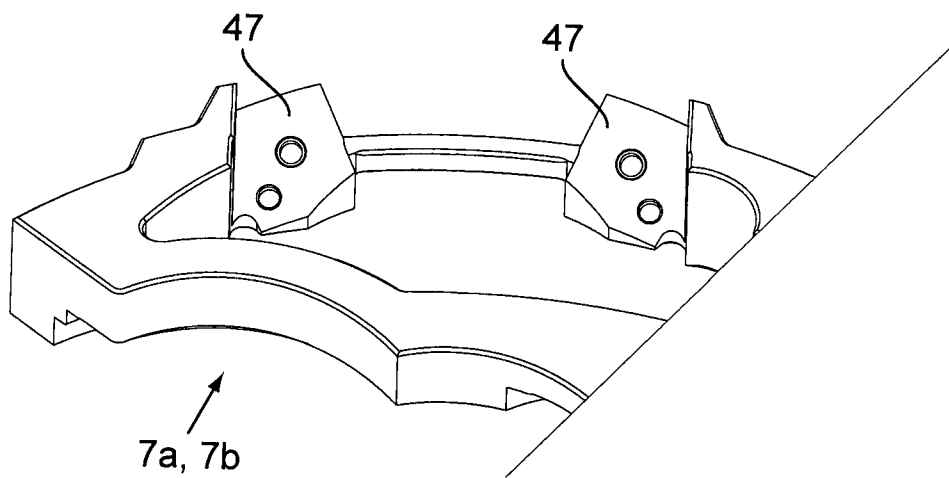


Fig.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2012/002548

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G04B17/06 G04B17/28
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/058157 A1 (COMPLITIME SA [CH]; FORSEY STEPHEN [CH]; GREUBEL ROBERT [CH]; PERRET L) 19 May 2011 (2011-05-19) paragraph [0008] - paragraph [0009] -----	1-12
A	CH 700 747 A1 (RUDIS SYLVA S A [CH]) 15 October 2010 (2010-10-15) paragraph [0004] paragraph [0007] -----	1
A	WO 2008/101802 A2 (COMPLITIME SA [CH]; GREUBEL ROBERT [CH]; FORSEY STEPHEN [CH]) 28 August 2008 (2008-08-28) paragraph [0043] - paragraph [0044] -----	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 17 April 2013	Date of mailing of the international search report 24/04/2013
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Lupo, Angelo
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2012/002548

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2011058157	A1	19-05-2011	CH 702294 A1	31-05-2011
			EP 2502118 A1	26-09-2012
			WO 2011058157 A1	19-05-2011

CH 700747	A1	15-10-2010	NONE	

WO 2008101802	A2	28-08-2008	AT 487964 T	15-11-2010
			CN 101606108 A	16-12-2009
			EP 2115536 A2	11-11-2009
			EP 2275879 A1	19-01-2011
			EP 2275880 A1	19-01-2011
			HK 1133093 A1	04-03-2011
			JP 5048082 B2	17-10-2012
			JP 2010518387 A	27-05-2010
			RU 2009133467 A	20-03-2011
			US 2010097899 A1	22-04-2010
			WO 2008101802 A2	28-08-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/IB2012/002548

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G04B17/06 G04B17/28
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 G04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2011/058157 A1 (COMPLITIME SA [CH]; FORSEY STEPHEN [CH]; GREUBEL ROBERT [CH]; PERRET L) 19 mai 2011 (2011-05-19) alinéa [0008] - alinéa [0009] -----	1-12
A	CH 700 747 A1 (RUDIS SYLVA S A [CH]) 15 octobre 2010 (2010-10-15) alinéa [0004] alinéa [0007] -----	1
A	WO 2008/101802 A2 (COMPLITIME SA [CH]; GREUBEL ROBERT [CH]; FORSEY STEPHEN [CH]) 28 août 2008 (2008-08-28) alinéa [0043] - alinéa [0044] -----	1

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents
 Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
---	--

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 17 avril 2013	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 24/04/2013
---	---

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Lupo, Angelo
--	---

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/IB2012/002548

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2011058157	A1	19-05-2011	CH 702294 A1 31-05-2011
			EP 2502118 A1 26-09-2012
			WO 2011058157 A1 19-05-2011

CH 700747	A1	15-10-2010	AUCUN

WO 2008101802	A2	28-08-2008	AT 487964 T 15-11-2010
			CN 101606108 A 16-12-2009
			EP 2115536 A2 11-11-2009
			EP 2275879 A1 19-01-2011
			EP 2275880 A1 19-01-2011
			HK 1133093 A1 04-03-2011
			JP 5048082 B2 17-10-2012
			JP 2010518387 A 27-05-2010
			RU 2009133467 A 20-03-2011
			US 2010097899 A1 22-04-2010
			WO 2008101802 A2 28-08-2008
