

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **719 472 B9**

(51) Int. Cl.: **G04B** **17/28** (2006.01)
G04B **13/00** (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(15) Information de correction:
Version corrigée no 1
Dessins

(21) Numéro de la demande: 000224/2022

(22) Date de dépôt: 04.03.2022

(43) Demande publiée: 15.09.2023

(24) Brevet délivré: 31.07.2024

(45) Fascicule du brevet publié: 31.07.2024

(48) Correction publiée: 30.09.2024

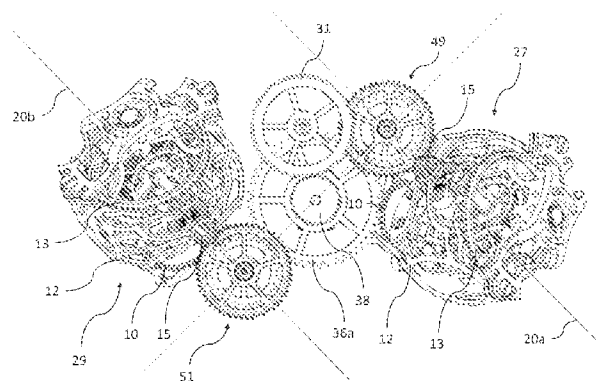
(73) Titulaire(s):
RICHEMONT INTERNATIONAL SA,
10, Route des Biches
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(72) Inventeur(s):
Edoardo Raino, 39220 Les Rousses (FR)
Mathieu Barraud, 39460 Foncine le haut (FR)
Yoann Barbe, 39400 Morbier (FR)
Edouard Prost, 39310 Lajoux (FR)

(74) Mandataire:
MICHELI & CIE SA, 122, Rue de Genève Case postale 61
1226 Thônex (CH)

(54) **Mouvement d'horlogerie à tourbillon.**

(57) Le mouvement horloger mécanique comporte un bâti, un barillet, un rouage de finissage (31), deux mécanismes à tourbillon (27, 29), et un engrenage différentiel (36a, 38, 49, 51) par l'intermédiaire duquel les deux mécanismes à tourbillon sont reliés au rouage de finissage. Chacun des mécanismes à tourbillon (27, 29) comprend un balancier-spiral, une ancre, un mobile d'échappement, un organe support porte-balancier sur lequel l'ancre, le mobile d'échappement et le balancier-spiral sont montés, et un organe support principal (12) sur lequel l'organe support porte-balancier est monté rotatif autour d'un premier axe, l'organe support principal étant lui-même monté sur le bâti rotatif autour d'un deuxième axe (20a, 20b) qui n'est ni coaxial, ni parallèle au premier axe, et le premier axe lui-même n'étant ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation du balancier.



Description

[0001] La présente invention concerne un mouvement horloger mécanique comportant un bâti, un barillet, un rouage de finissage et un mécanisme à tourbillon relié au rouage de finissage, le mécanisme à tourbillon comprenant un balancier-spiral, une ancre, un mobile d'échappement, un organe support porte-balancier sur lequel l'ancre, le mobile d'échappement et le balancier-spiral sont montés, et un organe support principal sur lequel l'organe support porte-balancier est monté rotatif autour d'un premier axe, l'organe support principal étant lui-même monté sur le bâti rotatif autour d'un deuxième axe qui n'est ni coaxial, ni parallèle au premier axe, et le premier axe lui-même n'étant ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation du balancier.

ART ANTERIEUR

[0002] Dans une montre idéale, le système balancier-spiral devrait être parfaitement équilibré en ce sens que son centre de gravité serait centré sur l'axe de rotation du balancier et s'y maintiendrait en permanence pendant les oscillations. Lorsque le comportement réel du système balancier-spiral ne se conforme pas à cet idéal, on observe des écarts de marche qui dépendent de l'orientation de la montre relativement à la verticale. En effet, l'attraction terrestre a pour effet de rappeler le centre de gravité du système balancier-spiral vers le bas. Ainsi, lorsque l'axe du balancier n'est pas en position verticale, la force de gravitation produit un couple variable qui agit sur le balancier et s'ajoute à l'intensité du couple engendré par l'élasticité du spiral. Ce phénomène est la cause essentielle des écarts de marche entre positions verticales de la montre.

[0003] Une solution connue pour neutraliser les écarts de marche dans les positions verticales est d'utiliser un mécanisme à tourbillon. Le tourbillon est un mécanisme qui a été inventé il y a plus de deux siècles par Abraham-Louis Breguet. Ce mécanisme horloger comprend une cage rotative qui porte le balancier-spiral et l'échappement d'un mouvement de montre. La cage est agencée pour tourner autour d'un axe qui est parallèle à l'axe de l'ensemble balancier-spiral. Dans ces conditions, on comprendra que la composante de la gravité qui s'exerce dans le plan perpendiculaire à ces axes effectue une rotation continue par rapport à ces organes, de sorte que chaque tour de la cage conduit à une compensation des effets des déséquilibres dans ce plan et améliore donc la régularité de marche de la montre au porter.

[0004] L'axe de rotation de la cage d'un mécanisme à tourbillon traditionnelle étant parallèle ou colinéaire à l'axe de pivotement de l'ensemble balancier-spiral, la rotation du tourbillon n'a pas d'effet sur l'orientation dans l'espace du balancier, seule son orientation autour de son axe varie. La fonction d'un tourbillon traditionnel n'est d'ailleurs pas de faire varier l'orientation du balancier dans plusieurs dimensions, mais bien de compenser les écarts de marche dans les positions verticales (de la montre). On rappellera à cet égard qu'il n'a pas toujours été possible d'usiner des composants horlogers avec une précision comparable à celle dont on a l'habitude aujourd'hui. C'est la raison pour laquelle les systèmes balancier-spiral des montres d'il y a deux siècles pouvaient être affectés d'un balourd non négligeable. Il en résultait des écarts de marche entre positions verticales souvent plus importants qu'aujourd'hui.

[0005] On sait de plus qu'à l'époque, on portait sa montre dans la poche de sorte qu'elle était maintenue verticale la plus grande partie du temps. L'efficacité d'un tourbillon n'est pas aussi évidente dans le cas d'une montre portée au poignet à la manière d'aujourd'hui. En effet, les orientations possibles d'une montre-bracelet sont déterminées par le vaste éventail de mouvements que peut effectuer le bras du porteur de la montre, de sorte qu'une compensation adéquate des différences de marche doit s'appliquer à l'ensemble de ces orientations possibles.

[0006] C'est ainsi que, dans le cas d'une montre bracelet, on aimerait pouvoir compenser non seulement les écarts de marche entre positions verticales de la montre, mais également les écarts de marche entre inclinaisons différentes, par rapport à l'horizontale, de l'axe du système balancier-spiral. On sait en particulier que l'intensité des frottements des pivots à l'intérieur des paliers augmente à mesure que l'orientation du balancier s'écarte de la verticale, les frottements étant ainsi considérablement plus forts en position verticale de la montre qu'en position horizontale.

[0007] Dans le but de remédier à ce problème additionnel, le document de brevet CH 694 598 A5, au nom de la demanderesse, propose de remplacer le mécanisme à tourbillon traditionnel par un mécanisme à tourbillon comportant une cage porte-balancier montée rotative autour d'un premier axe solidaire d'une cage principale, la cage principale étant elle-même montée rotative autour d'un deuxième axe solidaire du bâti, le deuxième axe n'étant ni coaxial, ni parallèle au premier axe, et le premier axe lui-même n'étant ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation du balancier. Un avantage du mécanisme à tourbillon qui vient d'être décrit est qu'il permet potentiellement de faire prendre n'importe quelle orientation au balancier.

[0008] Bien que l'utilisation d'un mécanisme à tourbillon du type susmentionné permette d'améliorer considérablement l'isochronisme, et même si cette solution connue constitue un progrès considérable, elle ne s'avère pas toujours entièrement satisfaisante. En effet, les deux cages sont nécessairement entraînées en rotation à partir du même rouage. Dans ces conditions, aussi complexe que soit le mécanisme d'entraînement, la position angulaire du balancier par rapport au premier axe n'est pas indépendante de la position angulaire du balancier par rapport au deuxième axe. En résumé, en raison de la présence de liaisons mécaniques, chaque valeur de l'angle que fait le balancier par rapport au premier axe ne peut être associée qu'à un nombre réduit de valeurs de l'angle que fait le balancier par rapport au deuxième axe (ou inversement).

[0009] On connaît également des mécanismes à tourbillon qui comportent trois axes. Toutefois, il s'avère que l'ajout d'un troisième axe s'accompagne généralement d'un prix à payer en termes d'isochronisme et de précision. En effet, les cages des mécanismes à tourbillon doivent être pivotées chacune entre une paire de paliers (ou alternativement sur un palier unique). Comme le sait bien l'homme du métier, le pivotement d'une cage présente inévitablement un certain jeu, tant axial que radial (s'y ajoute encore un jeu angulaire lorsque la cage est pivotée sur un palier unique). Dans le cas d'un tourbillon multi-axes, les jeux des pivotements des différentes cages s'additionnent. Ces jeux peuvent rapidement devenir assez importants pour faire varier significativement l'entraxe entre pignons et roues fixes, ce qui entraîne des fluctuations de l'énergie transmise au système réglant. On peut noter en outre que dans les réalisations connues, le troisième axe est généralement coaxial ou parallèle à l'axe du balancier, de sorte que, comme on l'a vu, il n'a pas d'influence sur l'orientation de ce dernier.

[0010] De plus, la troisième cage d'un tourbillon à trois axes est entraînée à partir du même rouage que les deux premières. Dans ces conditions, la position angulaire du balancier par rapport au troisième axe n'est pas non plus indépendante de la position angulaire du balancier par rapport au premier et au deuxième axe. En définitive, on peut dire qu'aussi complexe que soit la rotation d'un mécanisme à tourbillon multi-axes, le balancier-spiral revient périodiquement dans la même orientation, et la gamme des positions atteintes en chemin est toujours assez limitée.

BREF EXPOSE DE L'INVENTION

[0011] Un but de la présente invention est de remédier aux inconvénients de l'art antérieur qui viennent d'être expliqués. La présente invention atteint ce but ainsi que d'autres en fournissant un mouvement horloger mécanique qui est conforme à la revendication 1 annexée.

[0012] Conformément à l'invention, le mouvement horloger comporte un deuxième mécanisme à tourbillon et un engrenage différentiel par l'intermédiaire duquel le premier et le deuxième mécanisme à tourbillon sont chacun reliés au rouage de finissage. A l'instar du premier mécanisme à tourbillon, le deuxième mécanisme à tourbillon comprend un balancier-spiral, une ancre, un mobile d'échappement, un organe support porte-balancier sur lequel l'ancre, le mobile d'échappement et le balancier-spiral sont montés, et un organe support principal sur lequel l'organe support porte-balancier est monté rotatif autour d'un premier axe, l'organe support principal étant lui-même monté sur le bâti rotatif autour d'un deuxième axe qui n'est ni coaxial, ni parallèle au premier axe, et le premier axe lui-même n'étant ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation du balancier.

[0013] On comprendra que l'engrenage différentiel remplit la double fonction de distribuer l'énergie mécanique emmagasinée dans le barillet aux deux mécanismes à tourbillon, et de moyenner la vitesse de ces derniers de façon à réguler la vitesse du rouage de finissage. D'autre part, chacun des mécanismes à tourbillon possède son propre organe régulateur (balancier-spiral) et son propre échappement, et on peut raisonnablement exclure l'existence d'un couplage significatif entre les deux organes régulateurs. Ainsi, en raison même de la présence inévitable d'écarts de marche entre les deux organes régulateurs, les vitesses des deux mécanismes à tourbillon sont au moins partiellement indépendantes l'une de l'autre. Dans ces conditions, même si la présence de liaisons mécaniques à l'intérieur de chacun des mécanismes à tourbillon réduit l'éventail des orientations possibles pour un balancier-spiral considéré individuellement, l'éventail des couples formés, instant après instant, par les orientations concomitantes des deux balanciers-spiraux est sans limite.

[0014] Un autre avantage est que chacun des mécanismes à tourbillon possède deux axes. La demanderesse a constaté que deux axes était le nombre optimum pour chacun des deux mécanismes à tourbillon. En effet, on a vu qu'un mécanisme à tourbillon bi-axes qui comprend un premier axe qui n'est ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation du balancier, et un deuxième axe qui n'est ni coaxial, ni parallèle au premier axe, permet déjà potentiellement de faire prendre n'importe quelle orientation au balancier. De plus, la limitation à deux du nombre d'axes de chaque mécanisme à tourbillon, permet de limiter efficacement les fluctuations de l'énergie transmise au système réglant.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue partielle en plan du côté fond d'un mouvement horloger qui est conforme à un mode de réalisation particulier de l'invention, le mouvement horloger comprenant deux mécanismes à tourbillon couplés au rouage de finissage par un engrenage différentiel ;
- la figure 2 est une vue partielle de côté du mouvement horloger de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue partielle en perspective depuis le côté cadran du mouvement horloger des figures 1 et 2 ;
- la figure 4 est une vue éclatée de l'engrenage différentiel du mouvement horloger des figures 1, 2 et 3 ;
- les figures 5a, 5b, 5c et 5d sont différentes vues de l'ensemble formé par la première et la deuxième cage d'un des mécanismes à tourbillon que comporte le mouvement horloger des figures 1 à 4 ;

- la figure 6 est une vue éclatée de la première cage de l'ensemble illustré dans les figures 5a, 5b, 5c et 5d ;
- les figures 7a et 7b sont deux vues en projection orthogonale de la première cage déjà illustrée dans les figures 5a, 5b, 5c, 5d et 6 ;
- la figure 8 est une vue éclatée de la deuxième cage de l'ensemble illustré dans les figures 5a, 5b, 5c et 5d ;
- les figures 9a, 9b, 9c et 9d sont différentes vues de la deuxième cage déjà illustrée dans les figures 5a, 5b, 5c, 5d et 8.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0016] On se réfère tout d'abord aux figures 1, 2, 3 et 4. Les figures 1, 2 et 3 sont trois vues partielles qui montrent les deux mécanismes à tourbillon (respectivement référencés 27 et 29) et l'engrenage différentiel d'un mouvement horloger qui est conforme à un mode de réalisation exemplaire de l'invention. La figure 4, quant à elle, est une vue éclatée du dit engrenage différentiel. Ce dernier comporte un arbre central 33, un porte-satellite 34 qui est chassé sur l'arbre central, et sur lequel sont montés deux pignons satellites 35 à dentures coniques, un premier 36 et un second 37 mobile planétaire pivotés coaxialement sur le porte-satellite 34 et formés chacun d'une roue planétaire (respectivement référencées 36a et 37a) et d'un pignon planétaire (respectivement référencés 36b et 37b), et un pignon central 38 muni d'un manchon 44. Comme le montre la figure 4, les pignons planétaires 36b et 37b sont munis de dentures coniques agencées pour coopérer avec les dentures coniques des deux pignons satellites 35. On peut voir encore qu'une extrémité de l'arbre central 33 porte une bague d'assemblage 39 qui est destinée à empêcher que le premier mobile planétaire 36 ne se dégage du porte-satellite 34, alors que l'autre extrémité de l'arbre central est conformée de manière à permettre de la chasser à frottement gras dans le manchon 44 du pignon central 38. La figure 4 montre également deux pierres 40 et 41 qui sont solidaires du bâti et qui remplissent la fonction de palier pour le porte-satellite 34. L'extrémité de l'arbre central 33 qui porte la bague d'assemblage porte d'ailleurs encore un pivot 42 qui est agencé pour tourner dans la pierre 40.

[0017] Le porte-satellite 34 est de forme généralement tubulaire avec une paroi extérieure étagée et un trou central cylindrique. Ce dernier est prévu pour recevoir l'arbre central 33 de manière à rendre ce dernier solide du porte-satellite. On peut voir également que la paroi extérieure du porte satellite 34 comprend un étage médian 45 de diamètre réduit qui est percé de deux trous 46 agencés dans des positions diamétralement opposées et orientés perpendiculairement à l'axe de rotation de l'arbre central 33. Les deux trous 46 sont destinés à recevoir les pivots 47 des pignons satellites 35. Enfin, les pignons satellites et les pivots sont maintenus en place dans les trous 46 au moyen de deux vis 48.

[0018] En revenant maintenant aux figures 1 à 3, on peut voir que l'engrenage différentiel du présent exemple comporte encore un premier et un second mobile de sortie (respectivement référencés 49 et 51) qui comprennent chacun une roue à denture conique (respectivement référencées 49a et 51a) et un pignon (respectivement référencés 49b et 51b). Les pignons du premier et du second mobile de sortie 49, 51 viennent respectivement en prise avec les roues 36a et 37a du premier et du second mobile planétaire, et les deux roues à denture conique 49a, 51a viennent respectivement en prise avec les pignons d'entrée (référéncés 15) des deux mécanismes à tourbillons 27, 29.

[0019] En se référant toujours aux mêmes figures, on peut voir enfin qu'une roue dentée (référéncée 31) engrène avec le pignon central 38 de l'engrenage différentiel. La roue dentée 31 et son pignon font partie du rouage de finissage du mouvement horloger qui fait l'objet du présent exemple. On comprendra que les autres mobiles du rouage de finissage ne sont pas représentés dans les figures. Pour fixer les idées, la roue dentée 31 pourrait par exemple être la roue de moyenne.

[0020] Le principe de fonctionnement des mécanismes à tourbillon 27 et 29 va maintenant être expliqué. La rotation du premier mobile planétaire 36 de l'engrenage différentiel provoque la rotation du premier mécanisme à tourbillon 27 autour d'un axe référencé 20a. De même, la rotation du deuxième mobile planétaire 37 provoque la rotation du deuxième mécanisme à tourbillon 29 autour d'un axe référencé 20b. La coopération entre l'engrenage différentiel et les deux mécanismes à tourbillon est réalisée par l'engrènement des pignons 15 des deux mécanismes à tourbillon avec les roues à denture conique 49a et 51a des deux mobiles de sortie 49 et 51.

[0021] En se référant également aux figures 5 à 9, on peut voir que chacun des mécanismes à tourbillon comprend un organe support principal constitué par une première cage 12 et un organe support porte-balancier constitué par une deuxième cage 18 qui est montée rotative dans la première cage autour d'un axe (référéncé 17 dans la figure 6). On peut voir que dans le mode de réalisation qui fait l'objet du présent exemple, l'axe de rotation 17 de la deuxième cage 18 est perpendiculaire à l'axe de rotation de la première cage 12 et de son pignon 15 (ce dernier axe est référencé 20a (ou alternativement 20b) dans les figures 1 et 2). Cet arrangement maximise le positionnement variable du balancier 2. On comprendra toutefois que l'angle entre l'axe 17 et l'axe 20a ou 20b pourrait être choisi différent de 90°.

[0022] La première cage 12 et la deuxième cage 18 présentent chacune une roue d'entraînement, dites respectivement roue d'entraînement 13 de la première cage (ou première roue d'entraînement) et roue d'entraînement 10 de la deuxième cage (ou deuxième roue d'entraînement). Les roues d'entraînement 13 et 10 sont toutes les deux agencées concentriquement à l'axe 17. Chacun des mécanismes à tourbillon 27, 29 comporte également une roue fixe 21 de forme annulaire qui est fixée au bâti concentriquement à l'axe de rotation 20a, 20b autour duquel le mécanisme à tourbillon est agencé

pour tourner (les roues fixes 21 des deux mécanismes à tourbillon sont montrées dans la figure 3 uniquement). La roue d'entraînement 10 de la deuxième cage 18 est constamment en prise avec la roue fixe 21. Dans ces conditions, lorsque la première cage 12 est animée d'un mouvement de rotation autour de son axe (respectivement 20a et 20b), la coopération de la roue d'entraînement 10 avec la roue fixe entraîne la deuxième cage en rotation autour de l'axe 17.

[0023] Un mobile d'échappement 7 comportant une roue et un pignon d'échappement 7a est agencé dans la deuxième cage 18 de manière que le pignon d'échappement 7a engrène avec la roue d'entraînement 13 de la première cage 12. La rotation de la deuxième cage 18 autour de l'axe 17 entraîne ainsi le mobile d'échappement 7. La roue d'échappement coopère au moyen d'une ancre 8 avec un balancier-spiral référencé 2 dans les figures 8, 9A, 9B, 9C et 9D (on notera que seul le balancier est visible dans ces figures, le spiral ayant été omis pour ne pas surcharger le dessin). On comprendra de ce qui précède que le système réglant de chacun des mécanismes à tourbillon est agencé pour régler la vitesse de rotation de la deuxième cage 18 relativement à la première cage 12. De plus, la vitesse de rotation de la deuxième cage autour de l'axe 17 détermine celle de la première cage 12 autour de son axe. Et le rapport entre les vitesses angulaires des deux cages dépend naturellement des rapports d'engrenage choisis. Dans l'exemple illustré, les vitesses angulaires sont d'un tour/minute pour la première cage 12 et de trois tours/minute pour la deuxième cage 18.

[0024] De manière classique, les balanciers-spiraux des deux mécanismes à tourbillon 27, 29 peuvent se présenter chacun sous la forme d'un volant d'inertie (le balancier) sur lequel est fixé un ressort enroulé (le spiral). De manière générale, un spiral comprend une pluralité de spires successives qui sont intercalées entre deux extrémités libres. Ces dernières sont attachées respectivement au balancier et au bâti. Les spiraux connus sont habituellement plats (c.-à-d. les spires forment une spirale), mais il en existe également dans lesquels les spires enroulées forment une sphère, une demi-sphère, un cône, un cylindre (c.-à-d. les spires forment une hélice circulaire), etc.

[0025] La masse des spiraux n'étant pas nulle, ils subissent inévitablement des déformations dues à la gravité terrestre. On comprendra de plus que ces déformations vont dépendre non seulement de l'orientation du balancier-spiral par rapport à la verticale, mais également de la forme du spiral. Cela revient à dire notamment que les orientations d'un balancier-spiral qui sont associées aux écarts de marche les plus importants ne sont pas les mêmes selon que le spiral qui est couplé au balancier est de forme plane, sphérique, hémisphérique, conique, cylindrique, etc. Selon une variante avantageuse de la présente invention, les deux mécanismes à tourbillon sont équipés de spiraux de formes différentes, de manière à contribuer ainsi à la compensation des effets de la gravité sur les ressorts-spiraux.

[0026] En se référant à nouveau aux figures 1 et 2, on peut voir que les axes de rotation 20a et 20b des deux mécanismes à tourbillon y sont représentés par des droites en traits mixtes. En se référant d'abord à la vue en plan de la figure 1, on peut voir que, dans le mode de réalisation qui fait l'objet du présent exemple, les projections des axes de rotation du premier et du deuxième mécanisme à tourbillon 27, 29 sur un plan horizontal sont sensiblement parallèles l'une de l'autre, les deux mécanismes à tourbillon étant toutefois orientés en sens contraires. Le fait que les projections des deux axes 20a et 20b sur le plan horizontal sont parallèles indique que les axes sont eux-mêmes contenus dans deux plans verticaux qui sont parallèles également. En se référant maintenant à la vue de côté de la figure 2, on peut voir que les deux mécanismes à tourbillon sont tous deux inclinés et orientés avec leur pignon 15 en direction du haut. De plus, l'inclinaison des axes 20a et 20b des deux mécanismes à tourbillon par rapport à l'horizontale semble être sensiblement la même. Ce qui est effectivement le cas. Toutefois, les deux plans verticaux (déjà mentionnés) qui contiennent respectivement les axes 20a et 20b ne sont pas parallèles au plan du dessin de la figure 2, de sorte que l'inclinaison des axes 20a et 20b apparaît plus forte dans cette figure que ce qu'elle est réellement. Dans la figure 2, l'inclinaison apparente des axes 20a et 20b par rapport à l'horizontale est égale à 50°, alors que l'inclinaison réelle des axes 20a et 20b dans l'exemple illustré est de 37,5°. L'encombrement réduit dû à l'inclinaison de l'axe de rotation de la première cage par rapport au plan du bâti permet de réduire de façon appréciable l'épaisseur du mouvement horloger, ce qui favorise l'intégration des mécanismes à tourbillon dans une pièce d'horlogerie, et notamment dans une montre bracelet. On rappellera toutefois que, selon l'invention, les axes 20a et 20b peuvent être inclinés à des degrés quelconques. Ils peuvent même être horizontaux ou verticaux.

[0027] Comme le montre la figure 6, la première cage 12 peut être formée par l'assemblage d'une partie inférieure 12a et d'une partie supérieure 12b qui sont, par exemple, vissées l'une à l'autre. Des logements munis de blocs pare-chocs (dont un est référencé 14) définissent l'axe de rotation 17 de la deuxième cage 18. Comme déjà mentionné, la partie supérieure 12b comporte une roue d'entraînement 13 qui est solidaire de la première cage 12. Les figures 7A et 7B montrent la première cage 12 respectivement de côté et de dessus, permettant de détailler la conception et la disposition des différents éléments de celle-ci.

[0028] La figure 8 en une vue éclatée de la deuxième cage 18. Comme on peut le voir, la deuxième cage peut également être formée par l'assemblage d'une partie inférieure 9 et d'une partie supérieure 1. De nouveau, ces parties peuvent être vissées l'une à l'autre ou assemblées d'une autre manière. Des logements munis de blocs pare-chocs (également référencés 14) sont agencés dans les parties inférieures et supérieures de la deuxième cage, et définissent l'axe de rotation 25 du balancier 2. Celui-ci est monté à l'intérieur de la deuxième cage 18 de manière à pouvoir pivoter autour de l'axe 25, comme il ressort soit de la figure 8, soit des figures 9A, 9B, 9C et 9D qui sont des vues de dessus, des deux côtés, ainsi qu'une vue en perspective de la cage assemblée.

[0029] En se référant encore à la figure 8, on peut voir que la deuxième cage 18 comprend un premier pilier 4 et un deuxième pilier 11 qui sont montés entre la partie inférieure 9 et la partie supérieure 1 de la deuxième cage, par exemple de

nouveau à l'aide des vis. Ces piliers 4, 11 comportent également des logements qui reçoivent les pivots 5 de la deuxième cage 18 et permettent à celle-ci de pivoter à l'intérieur de la première cage 12 autour de l'axe de rotation 17. Comme déjà mentionné, la roue d'entraînement 10 de la deuxième cage 18 est agencée concentriquement à l'axe de rotation 17. On peut voir que la roue d'entraînement 10 de la deuxième cage est fixée au deuxième pilier 11.

[0030] Dans le mode de réalisation illustré, un pont d'échappement 3 et un pont d'ancre 6 sont placés sur la partie inférieure 9 de la deuxième cage 18, ces constituants pouvant de nouveau être vissés sur la cage 18 et comportant des logements afin de recevoir le mobile d'échappement 7 et l'ancre 8. Les éléments 7 et 8 peuvent pivoter dans leurs logements, leur axe de pivotement étant parallèle à l'axe de rotation 25 du balancier 2. Une extrémité du pignon d'échappement 7a dépasse de la partie inférieure 9 de la deuxième cage 18. La roue d'échappement et l'ancre 8 sont agencés de manière à coopérer de façon traditionnelle. Comme déjà mentionné, le pignon d'échappement 7a engrène avec la roue d'entraînement 13 de la première cage 12, et la roue d'entraînement 10 de la deuxième cage 18 engrène avec la roue fixe 21 qui est solidaire du bâti. La deuxième cage 18 peut ainsi être entraînée en rotation autour de son axe de rotation 17 lors de la rotation de la première cage 12 autour de son axe de rotation 20. Comme on l'a vu précédemment, la première cage 12 est en outre en relation cinétique avec l'engrenage différentiel et le rouage de finissage par l'intermédiaire du pignon 15.

[0031] Il est à remarquer que dans le mode de réalisation illustré, l'axe de rotation 17 de la deuxième cage 18 forme un angle droit avec l'axe de rotation 25 du balancier. Cet angle droit est particulièrement bien adapté afin de pouvoir assurer le plus grand nombre d'orientations du balancier 2 par rapport à un système de coordonnées fixe. On comprendra toutefois que l'angle que définissent les axes 17 et 25 pourrait être différent de 90°, pour autant que les deux axes ne soient ni parallèles, ni coaxiaux.

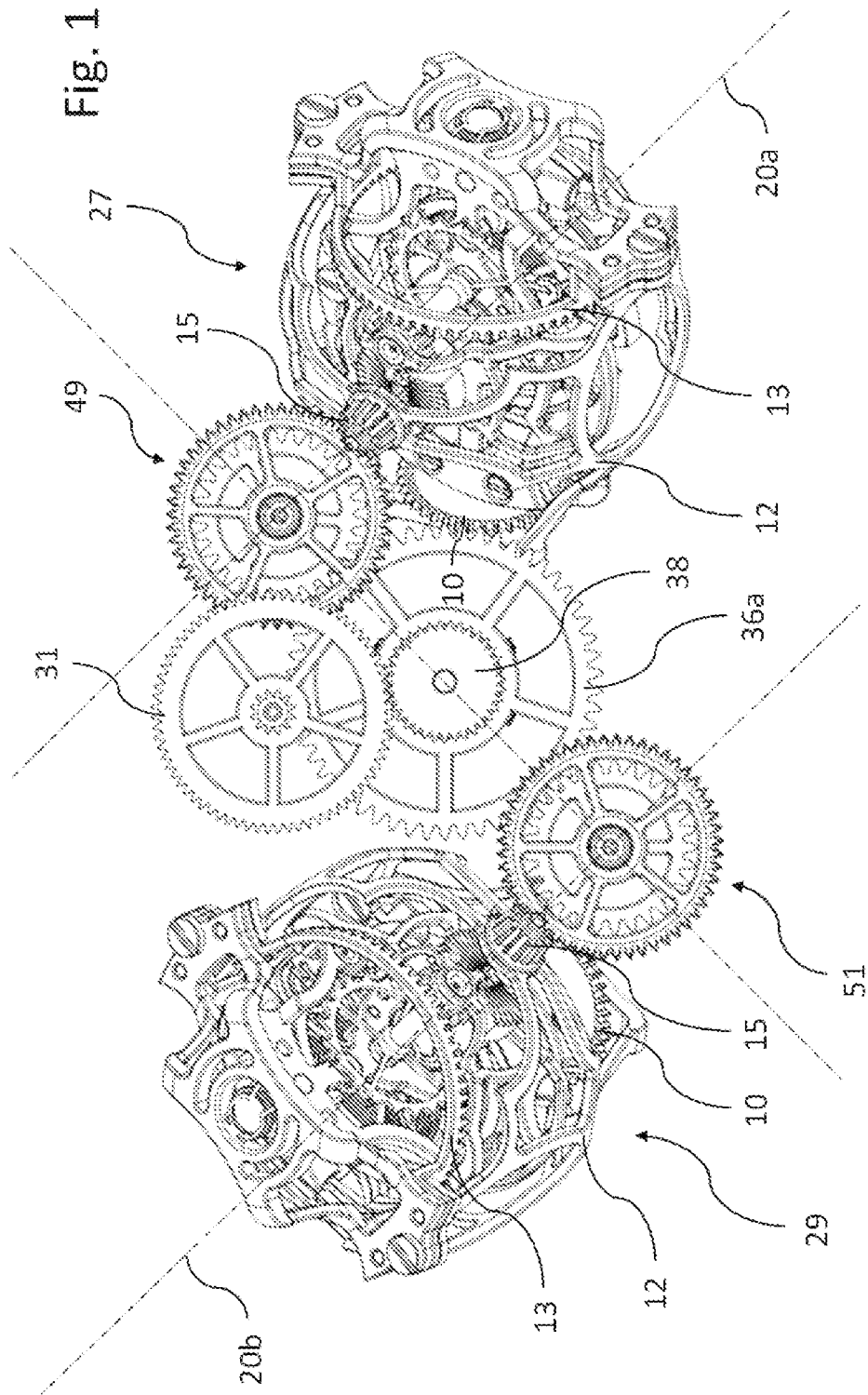
[0032] Bien évidemment, les différents éléments du mécanisme à tourbillon décrits ci-dessus pourraient aussi être arrangés de façon différente que montré ici, notamment en ce qui concerne les moyens de fixation par des vis ou les moyens de pivotement comme les blocs pare-chocs. Ceci s'applique également à la forme et l'arrangement des parties des cages 12 et 18 ainsi qu'à la disposition du mobile d'échappement 7 et de l'ancre 8. Le rapport entre les vitesses avec lesquelles les cages tournent les unes par rapport aux autres peut être modifié en changeant les rapports d'engrenage entre les roues d'entraînement. Toutes les fournitures peuvent être fabriquées dans des matériaux différents, notamment des matériaux légers afin de diminuer l'inertie du mécanisme.

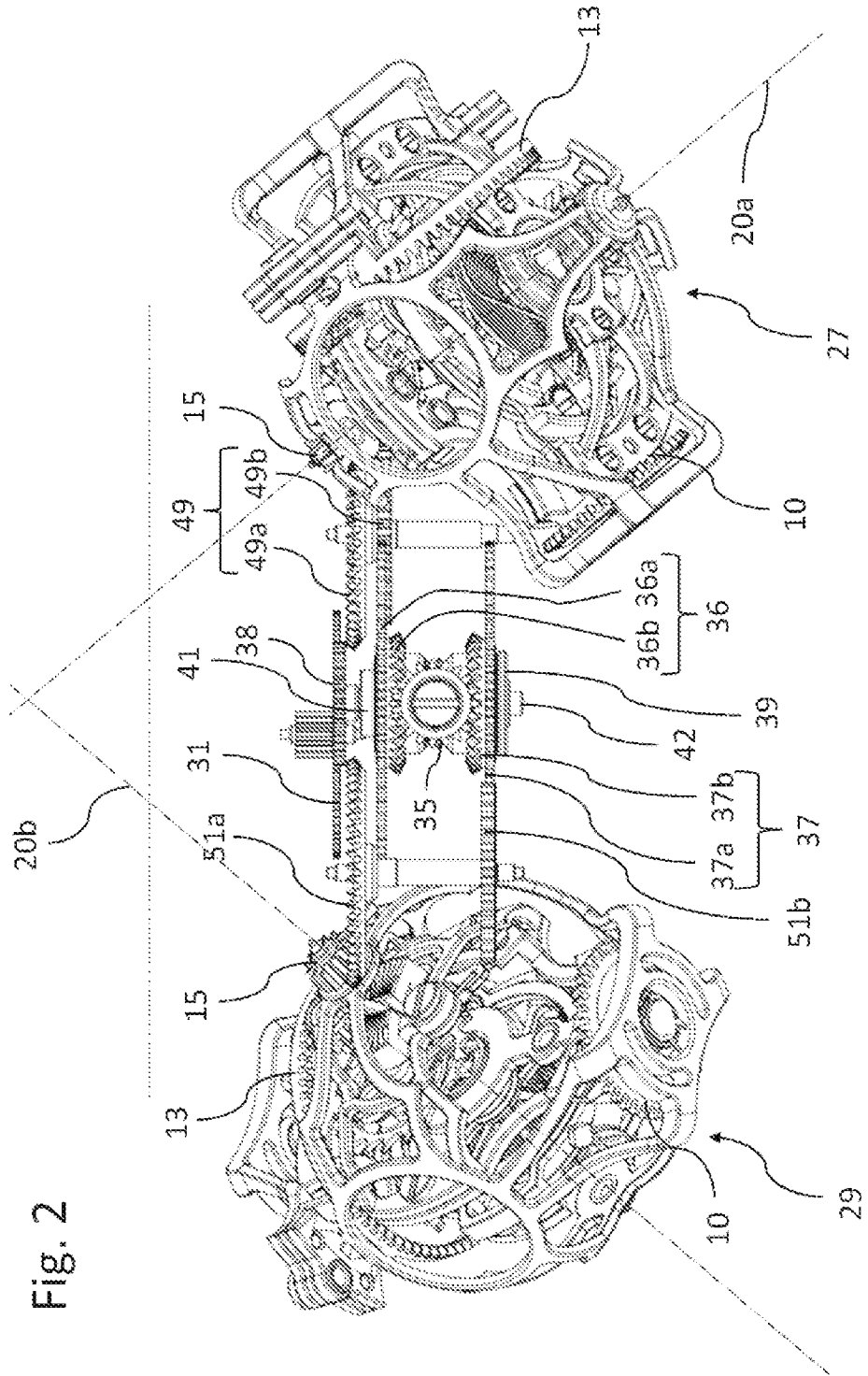
[0033] On comprendra en outre que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour un homme du métier peuvent être apportées au mode de réalisation qui fait l'objet de la présente description sans sortir du cadre de la présente invention définie par les revendications annexées. En particulier, la rotation des deux mécanismes à tourbillon n'a pas besoin d'être synchrone. Un déphasage peut par exemple exister entre les deux mécanismes à tourbillon 27 et 29. Dans ce cas, la roue d'entraînement 10 de la deuxième cage 18 d'un des mécanismes à tourbillon passe toujours à la verticale de l'axe de rotation de ce dernier quelques instants avant que la roue d'entraînement 10 de la deuxième cage 18 de l'autre mécanisme à tourbillon ne fasse la même chose dans l'autre mécanisme à tourbillon. Il se peut également que les premières cages 12 des deux mécanismes à tourbillon 27, 29 soient agencées pour tourner autour de leur axe 20a, 20b à des vitesses différentes. Ou que les deuxièmes cages 18 des deux mécanismes à tourbillon 27, 29 soient agencées pour tourner à des vitesses différentes relativement à la première cage 12 sur laquelle chacune d'elle est montée. Enfin, il se pourrait que les fréquences avec lesquelles les balanciers-spiraux 2 des deux mécanismes à tourbillon 27, 29 sont agencés pour osciller soient différentes.

Revendications

1. Mouvement horloger mécanique comportant :
 - un bâti,
 - un barillet,
 - un rouage finissage (31),
 - un premier mécanisme à tourbillon (27) relié au rouage de finissage et comprenant un balancier-spiral (2), une ancre (8), un mobile d'échappement (7), un organe support porte-balancier (18) sur lequel l'ancre (8), le mobile d'échappement (7) et le balancier-spiral (2) sont montés, un organe support principal (12) sur lequel l'organe support porte-balancier (18) est monté rotatif autour d'un premier axe (17), l'organe support principal (12) étant lui-même monté sur le bâti rotatif autour d'un deuxième axe (20a) qui n'est ni coaxial ni parallèle au premier axe, et le premier axe (17) n'étant ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation (25) du balancier ;
 - caractérisé en ce qu'il comporte :
 - un deuxième mécanisme à tourbillon (29) comprenant un balancier-spiral (2), une ancre (8), un mobile d'échappement (7), un organe support porte-balancier (18) sur lequel l'ancre (8), le mobile d'échappement (7) et le balancier-spiral (2) sont montés, un organe support principal (12) sur lequel l'organe support porte-balancier (18) est monté rotatif autour d'un premier axe (17), l'organe support principal (12) étant lui-même monté sur le bâti rotatif autour d'un deuxième axe (20b) qui n'est ni coaxial ni parallèle au premier axe, et le premier axe (17) n'étant ni coaxial, ni parallèle à l'axe de rotation (25) du balancier ;
 - un engrenage différentiel (21, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 49, 51) par l'intermédiaire duquel le premier et le deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) sont chacun reliés au rouage de finissage (31).

2. Mouvement horloger selon la revendication 1, caractérisé en ce que les organes supports principaux (12) des deux mécanismes à tourbillon (27, 29) sont agencés pour tourner autour des deuxièmes axes (20a, 20b) à des vitesses qui ne sont pas égales.
3. Mouvement horloger selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les organes supports porte-balancier (18) des deux mécanismes à tourbillon (27, 29) sont agencés pour tourner relativement aux organes support principaux (12) autour des premiers axes (17) à des vitesses qui ne sont pas égales.
4. Mouvement horloger selon l'une des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que les balanciers-spiraux (2) des deux mécanismes à tourbillon (27, 29) sont agencés pour osciller à des fréquences qui ne sont pas égales.
5. Mouvement horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte deux roues fixes (21) qui sont solidaires du bâti, les deux roues fixes étant respectivement associées au premier et au deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) et agencées concentriquement aux deuxièmes axes (20a, 20b) des deux mécanismes à tourbillon, et en ce que le premier et le deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) comportent chacun un organe denté rotatif (10) relié cinématiquement au mobile d'échappement (7) et agencé de manière à engrener en permanence avec la roue fixe (21) associée au mécanisme à tourbillon, de sorte que les mobiles d'échappements (7) des mécanismes à tourbillon (27, 29) commandent les vitesses du rotation respectives de ces derniers autour de leur deuxième axe (20a, 20b).
6. Mouvement horloger selon la revendication 5, caractérisé en ce que les organes support principaux (12) du premier et du deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) portent chacun une première roue d'entraînement (13) agencée concentriquement au premier axe (17), en ce que les organes support porte-balancier (18) du premier et du deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) portent chacun une deuxième roue d'entraînement (10) agencée concentriquement au premier axe (17), en ce que les mobiles d'échappement (7) du premier et du deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) comportent chacun un pignon d'échappement (7a) agencé pour engrener en permanence avec la première roue d'entraînement (13), et en ce que les organes dentés rotatifs du premier et du deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) sont constitués par les deuxièmes roues d'entraînement (10).
7. Mouvement horloger selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le premier et le deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) sont agencés pour être déphasés, de sorte que le passage de l'organe denté rotatif (10) du premier mécanisme à tourbillon (27) à la verticale, par rapport au plan du bâti, du deuxième axe (20a) soit décalé temporellement par rapport au passage de l'organe denté rotatif (10) du deuxième mécanisme à tourbillon (29) à la, par rapport au plan du bâti, verticale du deuxième axe (20b).
8. Mouvement horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les organes support principaux (12) du premier et du deuxième mécanisme à tourbillon (27, 29) sont agencés pour tourner à des vitesses angulaires différentes de celles des organes support porte-balancier (18).
9. Mouvement horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'engrenage différentiel comporte un arbre central (33) agencé pour tourner autour de son axe longitudinal, un premier et un second mobile planétaire (36, 37) formés chacun d'une roue (36a, 37a) et d'un pignon (36b, 37b) et montés pivotant sur l'arbre central en positions coaxiales, et au moins un pignon satellite (35) monté rotatif sur l'arbre central (33) autour d'un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'arbre central et agencé pour engrener avec les pignons du premier et du deuxième mobile planétaire (36, 37), et comportant en outre un pignon central (38) monté fixe sur l'arbre central (33) en position coaxiale.
10. Mouvement horloger selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit au moins un pignon satellite (35) et les pignons (36a, 36b) du premier et du deuxième mobile planétaire ont des dentures coniques.





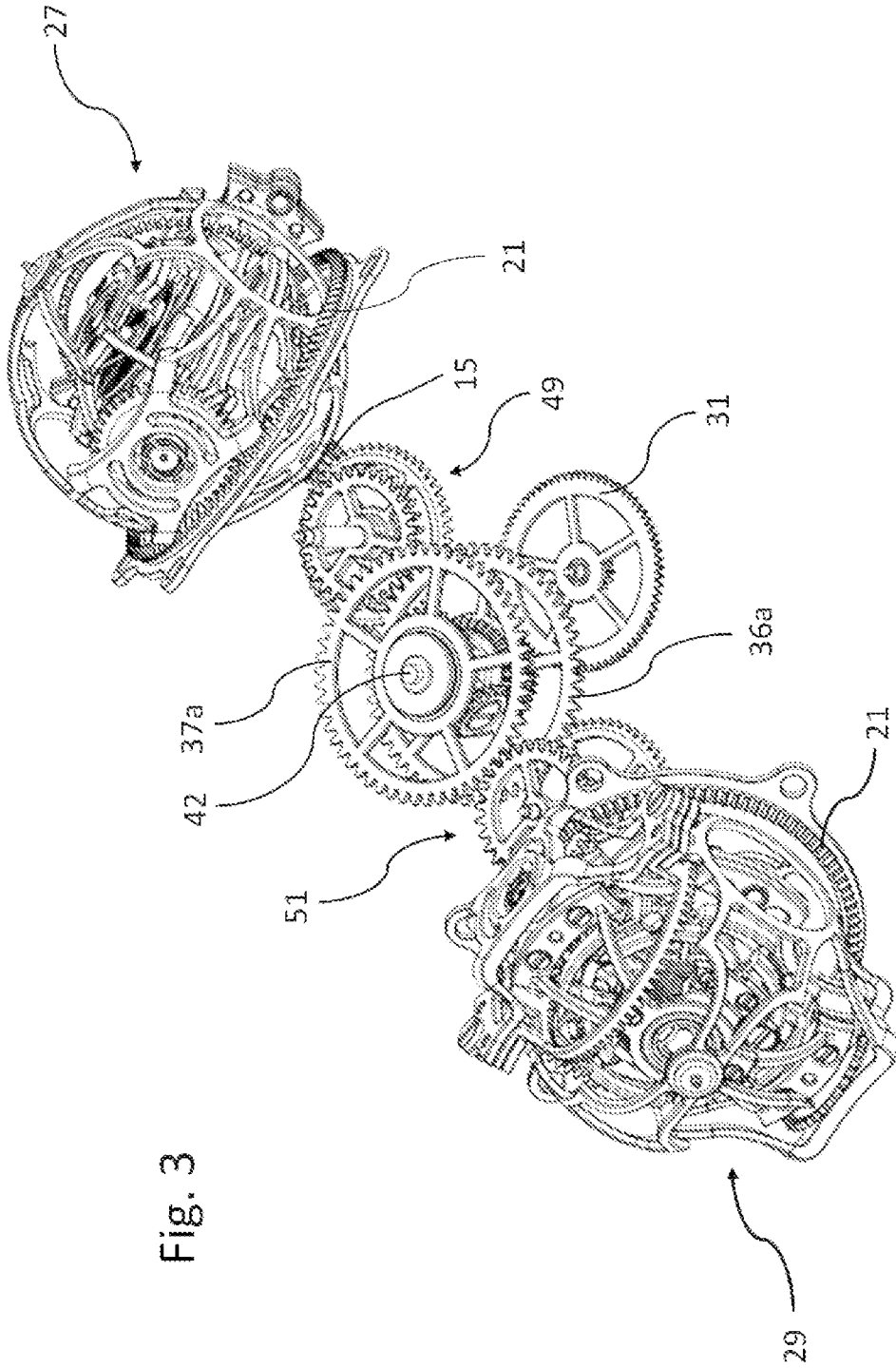


Fig. 3

Fig. 4

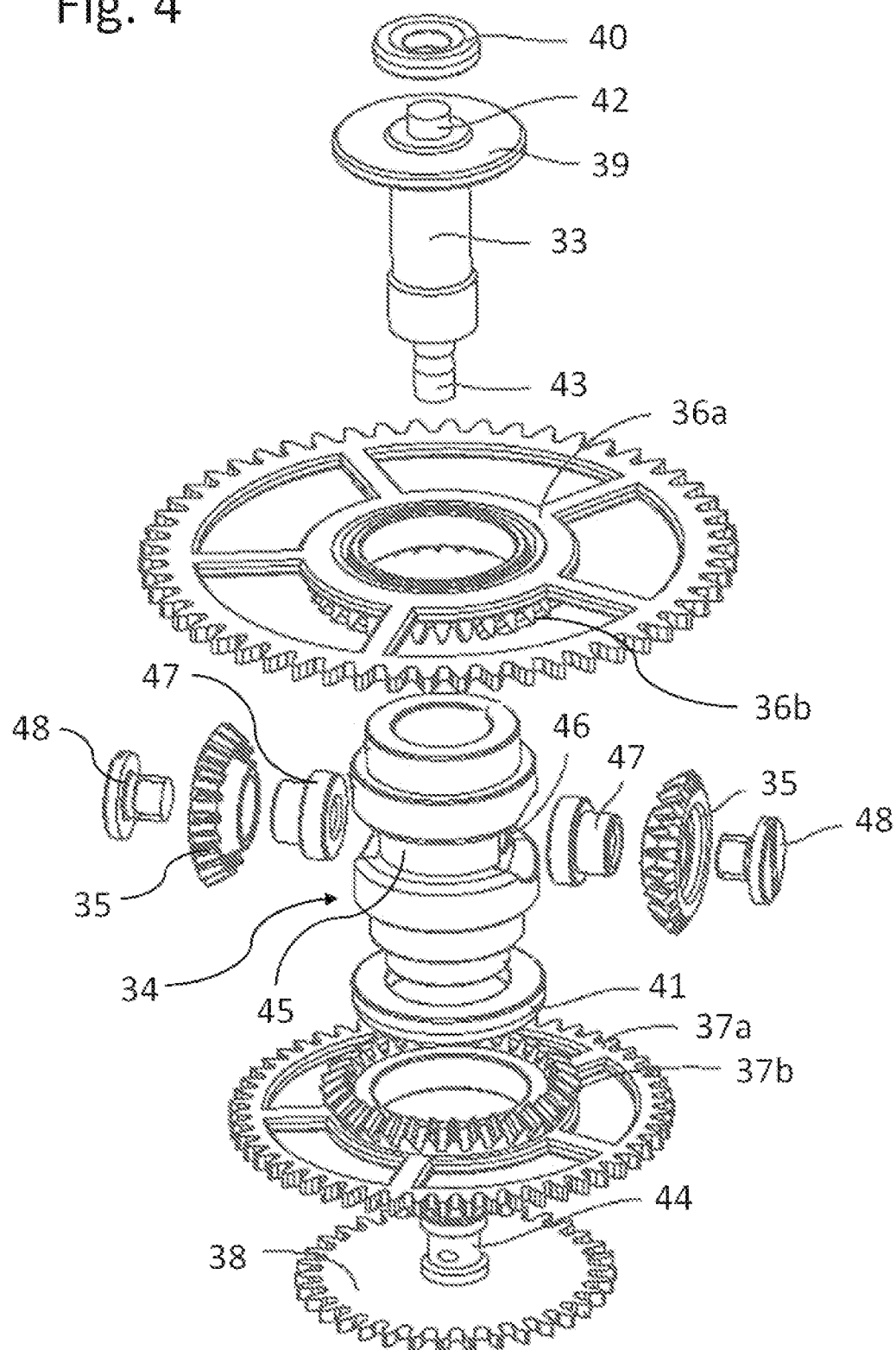


Fig. 5A

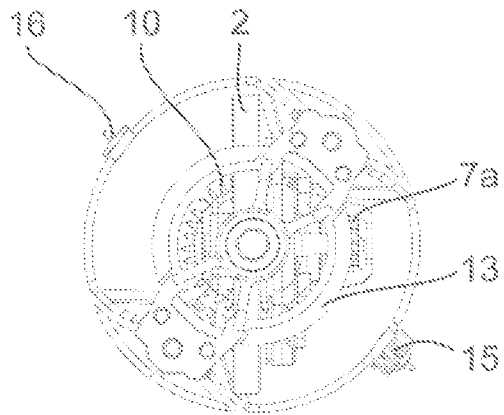


Fig. 5B

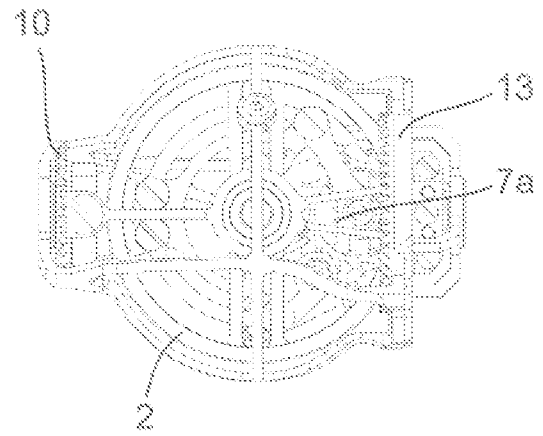


Fig. 5C

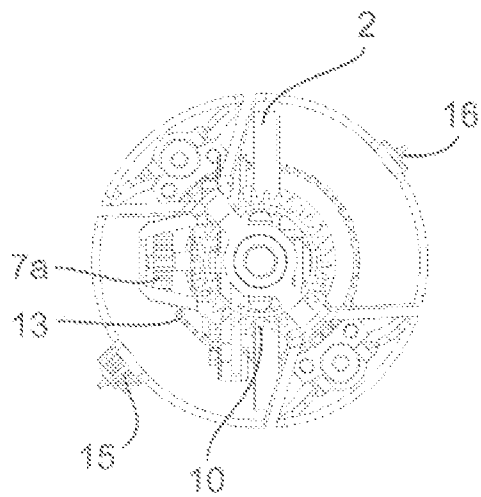


Fig. 5D

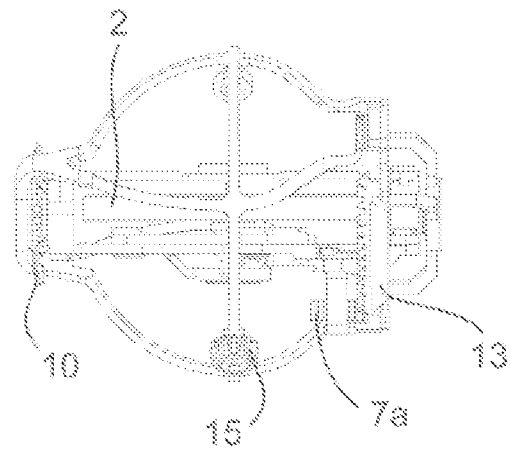


Fig. 6

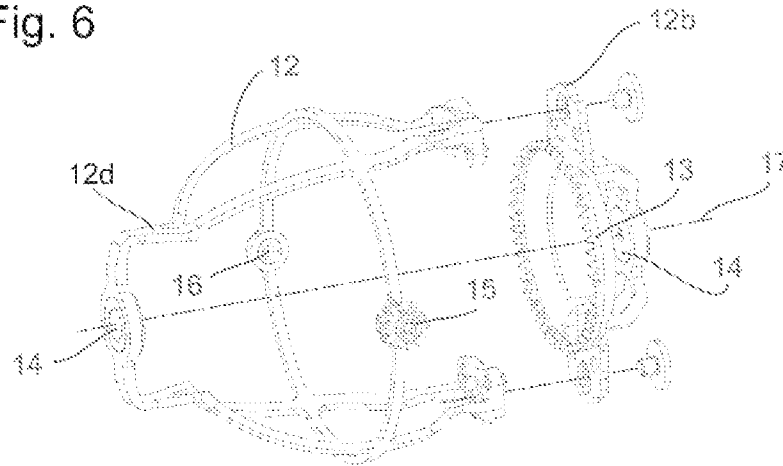


Fig. 7A

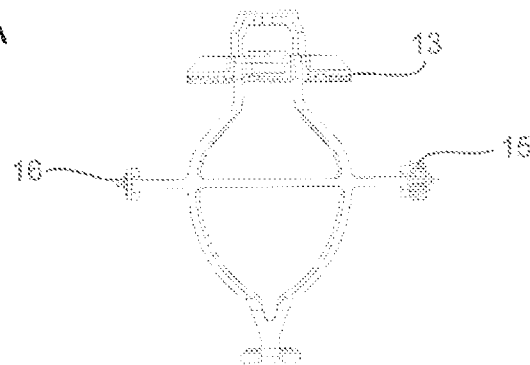


Fig. 7B

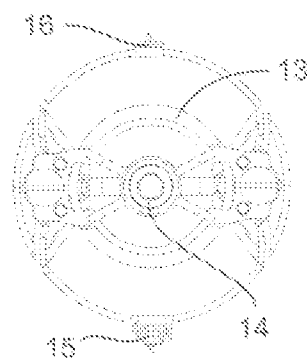


Fig. 8

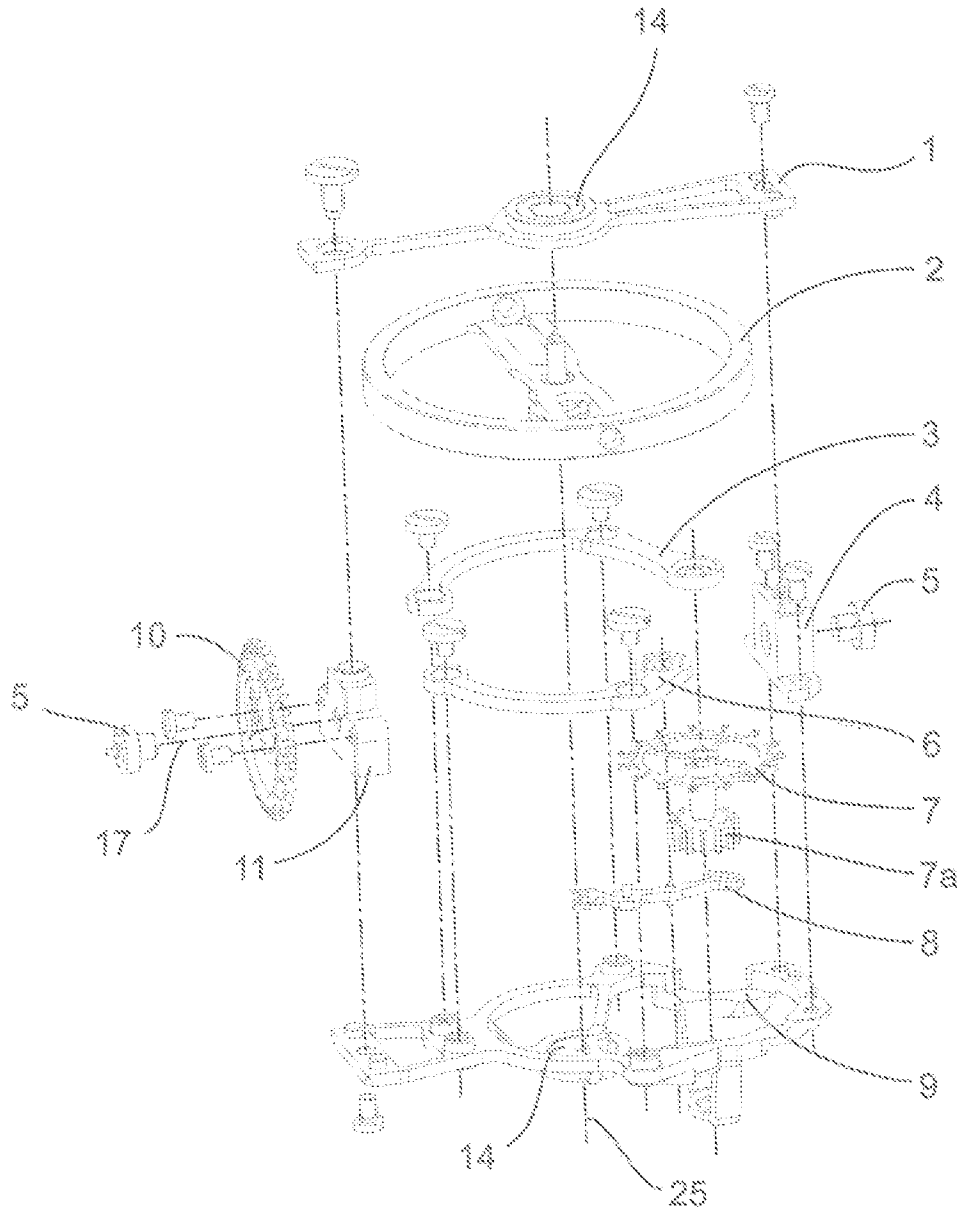


Fig. 9A

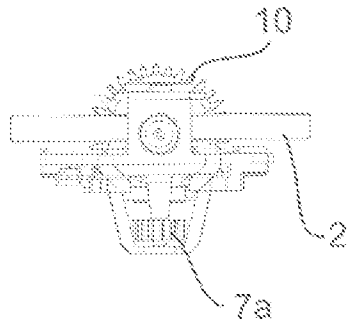


Fig. 9B

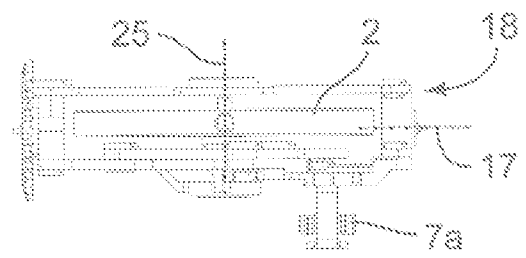


Fig. 9C

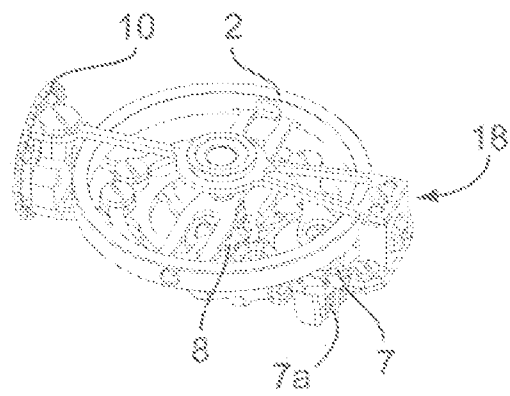


Fig. 9D

