



(11) **EP 3 054 356 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.12.2017 Bulletin 2017/50

(51) Int Cl.:
G04B 17/10 (2006.01) **G04B 17/04** (2006.01)
G04B 17/28 (2006.01) **G04C 3/10** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15153656.2**

(22) Date de dépôt: **03.02.2015**

(54) **Résonateur isochrone d'horlogerie**

Isochroner Resonator für Uhr

Isochronous clock resonator

(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**

(43) Date de publication de la demande:
10.08.2016 Bulletin 2016/32

(60) Demande divisionnaire:
17152205.5 / 3 206 091

(73) Titulaire: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse
2540 Grenchen (CH)**

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

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

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

(56) Documents cités:
**CH-A- 451 021 CH-A- 466 993
DE-B- 1 023 417 FR-A- 1 605 076
GB-A- 1 293 159**

EP 3 054 356 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

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme oscillateur isochrone d'horlogerie de type diapason, comportant un support fixe et une traverse porteuse d'une pluralité de résonateurs primaires comportant chacun au moins une masse portée par une lame flexible élastique constituant un moyen de rappel élastique et qui est agencée pour travailler en flexion et qui est encastrée dans ladite traverse.

[0002] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme oscillateur isochrone.

[0003] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

[0004] L'invention concerne le domaine des mécanismes oscillateurs et régulateurs d'horlogerie, en particulier pour des mouvements mécaniques.

Arrière-plan de l'invention

[0005] Dans une montre mécanique classique, les frottements de l'air sur le balancier, les frottements des pivots dans leurs paliers et les réactions du piton, limitent le facteur de qualité du résonateur. On cherche à supprimer les frottements des pivots et les réactions de l'encastrement.

[0006] Pour une montre, l'isochronisme du mouvement doit être optimal dans toutes les positions dans l'espace, ce qui implique la conception de mouvements aptes à compenser les effets de la gravitation sur leurs constituants.

[0007] Des documents anciens décrivent des oscillateurs comportant plusieurs résonateurs primaires comportant des branches flexibles, agencés les uns par rapport aux autres de façon à moyenniser leurs erreurs.

[0008] Un premier type d'oscillateur à résonateurs primaires couplés est connu sous la forme d'un diapason en U dont chaque branche est formée par un résonateur primaire ; toutefois, un tel système est très sensible aux variations de position dans l'espace.

[0009] Le brevet CH 451021 au nom de Ebauches SA décrit ainsi un oscillateur symétrique en U dont les deux branches flexibles vibrent en mode diapason, chacune étant reliée à un bras rigide formant contrepoids, et chaque résonateur primaire ainsi constitué est agencé de façon à ce que le centre instantané de rotation coïncide avec le centre de gravité, de façon à ce que la fréquence de l'oscillateur ne varie pratiquement pas lors des changements de position du centre de gravité.

Le passage à une architecture en forme de U à branches prolongées se révèle meilleure que la forme en U de l'art antérieur.

[0010] Le brevet CH 466 993 également au nom de Ebauches SA est une variante du précédent, comportant un dispositif de comptage transformant les mouvements

oscillants d'un des deux résonateurs en mouvements rotatifs d'une roue de comptage, ce dispositif de comptage étant attaché à l'un de ces bras rigides, de manière à ce que le dispositif de comptage soit peu sensible aux accélérations et notamment aux chocs.

[0011] Le brevet GB 1293159 au nom de SEIKO décrit également un oscillateur en forme de U à branches prolongées et minimise l'erreur de position pour l'ensemble de toutes les positions verticales de façon empirique, en déplaçant le centre de rotation de chaque résonateur primaire de sa position théoriquement idéale.

Résumé de l'invention

[0012] L'invention se propose de résoudre conjointement le problème de l'isochronisme et celui de l'obtention du meilleur facteur de qualité possible. Il s'agit, en quelque sorte, de cumuler les avantages respectifs propres aux mécanismes connus utilisant comme résonateur, ou bien un ensemble balancier-spiral relativement peu sensible aux différences de position dans l'espace dans ses développements et ses montages les plus évolués mais dont le facteur de qualité est fortement limité par les pivotements et les différentes pertes, ou bien un diapason à lames parallèles qui, s'affranchissant des pivotements, a un facteur de qualité meilleur qu'un balancier-spiral mais est très sensible à la position dans l'espace.

[0013] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme oscillateur isochrone d'horlogerie de type diapason, selon la revendication 1.

[0014] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme oscillateur isochrone.

[0015] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un mécanisme oscillateur isochrone d'horlogerie selon l'invention, de type diapason, comportant un support fixe qui porte, par une liaison élastique principale, une traverse porteuse de deux résonateurs primaires plans, symétriques par rapport à un plan de symétrie, et comportant chacun une masse portée par une lame flexible élastique agencée pour travailler en flexion et encastrée dans la traverse ;
- la figure 2 simule, de façon schématisée :
 - l'influence de la gravité sur une première masse suspendue vers le haut par l'intermédiaire d'une lame flexible, et le diagramme de marche

- correspondant à un retard d'une certaine valeur,
- l'influence de la gravité sur une deuxième masse identique suspendue vers le bas par l'intermédiaire d'une lame flexible identique, et le diagramme de marche correspondant à une avance d'une certaine valeur,
 - l'influence de la gravité sur un mécanisme selon l'invention qui combine les deux précédents, et le diagramme de marche correspondant à un défaut quasiment nul ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un mode préféré de réalisation de diapason selon l'invention, dit « diapason en H » dans une version simplifiée ;
 - la figure 4 représente, de façon schématisée et en perspective, une variante plus élaborée de diapason en H, représentée en figure 5 en éclaté ;
 - la figure 6 illustre en éclaté, et avec un détail local, un diapason en H dans une configuration voisine de celle des figures 4 et 5, sans axes, et les figures 7A à 7H représentent les composants et l'assemblage de ce diapason en H de la figure 6 ;
 - les figures 8 et 9 représentent, de façon schématisée et en vue en plan, un deuxième type de réalisation voisin de l'invention, comportant un diapason, dit « diapason en cornes de bouc » dans des versions simplifiées ;
 - la figure 10 représente, de façon schématisée et en perspective, et avec un détail local, une variante plus élaborée de diapason en cornes de bouc, voisin de l'invention ;
 - la figure 11 illustre en éclaté un diapason en cornes de bouc dans une configuration voisine de celle de la figure 10, sans axes, et les figures 12A à 12H représentent les composants et l'assemblage de ce diapason en H de la figure 11 ;
 - les figures 13 et 14 représentent, en perspective et en vue en plan, un diapason de torsion qui comporte des bras, chacun muni d'une masse à son extrémité distale, et oscillant dans des plans parallèles et de façon symétrique par rapport à un axe parallèle à ces deux plans ;
 - la figure 15 illustre une autre variante de diapason voisin de l'invention avec deux résonateurs, chacun comportant un ressort-spiral encastré à une première extrémité sur une traverse commune et comportant une masse à une deuxième extrémité distale, ces deux résonateurs s'étendant selon deux plans parallèles et étant, en projection sur l'un de ces plans, symétrique par rapport à un plan de symétrie lequel est perpendiculaire à ces deux plans ;
 - la figure 16 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un mécanisme voisin du diapason en cornes de bouc de la figure 8, qui comporte, à chaque extrémité de la traverse, une paire de spiraux tous deux liés à la même masse respective au niveau de leur spire interne, et attachés à la traverse respective

de part et d'autre de cette masse ;

- les figures 17 et 18 sont des croquis illustrant des surfaces coopérant en frottement en cas de dérive, ce frottement augmentant avec l'amplitude dans le cas de la figure 18 ;
- la figure 19 représente, de façon schématisée et en perspective, et avec un détail local, une variante où la traverse constitue un cadre entourant les résonateurs primaires, dans un exemple d'application à quatre résonateurs ;
- la figure 20 représente, de façon schématisée et en plan, une autre variante de traverse formée par un cadre, dans un oscillateur à lames droites, constituant le pendant du diapason en H ;
- la figure 21 représente, de façon schématisée et en plan, une autre variante de traverse formée par un cadre, voisine de l'invention, dans un oscillateur à spiraux, constituant le pendant du diapason en cornes de bouc ;
- la figure 22 est un schéma-blocs représentant une montre comportant un mouvement incorporant un mécanisme oscillateur isochrone selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation référés

- [0017]** L'invention se propose de réaliser un mécanisme résonateur avec le moins possible de pertes, et qui soit le moins sensible chronométriquement à son orientation dans le champ de gravité.
- [0018]** L'invention s'attache à réduire les pertes, notamment dues à des frottements de pivots, et aux déplacements de l'encastrement.
- [0019]** La démarche inventive consiste à supprimer les pivots traditionnels, tout en minimisant les déplacements du centre de masse et les réactions du support.
- [0020]** Un résonateur mécanique comporte nécessairement au moins un élément élastique et un élément inertiel.
- [0021]** Il est avantageux d'utiliser alors un élément élastique pour assurer la fonction de guidage. Cet élément élastique est alors avantageusement plus haut, plus épais, et plus rigide qu'un élément élastique usuel tel qu'un ressort spiral ou similaire, ce qui conduit à privilégier l'utilisation de lames flexibles.
- [0022]** Il est avantageux d'utiliser des résonateurs rotatifs, dont le centre de masse est confondu avec le centre de rotation, ce qui réduit l'influence de la gravité, et des chocs en translation, sur la précision du résonateur.
- [0023]** La recherche d'un facteur de qualité élevé incite à mettre en oeuvre une structure de type diapason.
- [0024]** Il convient toutefois de minimiser les pertes : en effet, quand un résonateur à lame flexible fonctionne, le facteur de qualité est bon lors du mouvement de va-et-vient, mais le couple de réaction à l'encastrement se traduit par des pertes.
- [0025]** Aussi, la démarche inventive consiste à réaliser un résonateur isochrone de type diapason, avec une pluralité de résonateurs primaires disposés selon une géo-

métrie en symétrie par rapport à un axe, et constituant ensemble un diapason.

[0026] L'invention est plus particulièrement décrite ci-après, de façon non limitative, sous la forme préférée d'un diapason avec deux résonateurs primaires symétriques par rapport à un plan de symétrie, ce qui constitue un cas particulier avantageux en raison de sa simplicité. Mais l'invention est applicable à tout nombre de résonateurs : trois, quatre, ou davantage, pourvu que la symétrie de leur disposition relative et leur déphasage temporel relatif permettent de compenser les effets des couples de réaction à l'encastrement.

[0027] Le montage de ces résonateurs primaires est réalisé de telle manière qu'ils aient au moins un mode de résonance identique, et que la résultante des efforts et des couples à l'encastrement soit nulle.

[0028] Ainsi, l'invention concerne un mécanisme oscillateur isochrone 1 d'horlogerie de type diapason, comportant un support fixe 2 et une traverse 4 porteuse d'une pluralité de résonateurs primaires 10.

[0029] Les résonateurs primaires 10 constituent l'équivalent des bras que comporte un diapason à fourche classique, et la traverse 4 l'équivalent de la partie commune du diapason dont saillent ces bras.

[0030] Chaque résonateur primaire 10 comporte chacun au moins une masse 5 portée par une lame flexible élastique 6 agencée pour travailler en flexion et encastree dans la traverse 4.

[0031] Selon l'invention, ces résonateurs primaires 10 ont au moins un mode de résonance identique, ils sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur $2\pi/n$, où n est leur nombre, et sont agencés selon une symétrie dans l'espace telle que la résultante des efforts et des couples appliqués par les résonateurs primaires 10 sur la traverse 4 est nulle.

[0032] Les figures 1 à 17 illustrent des exemples à deux résonateurs primaires, la figure 19 illustre un exemple à quatre résonateurs primaires.

[0033] Et cette traverse 4 est fixée au support fixe 2 par une liaison élastique principale 3, dont la rigidité est supérieure à la rigidité de chaque lame flexible élastique 6. Cette caractéristique assure un couplage entre les résonateurs primaires 10.

[0034] Dans une réalisation particulière avantageuse, la rigidité de la liaison élastique principale 3 est supérieure au total des rigidités de toutes les lames flexibles élastiques 6 que comportent les résonateurs primaires 10.

[0035] De façon avantageuse, l'amortissement de la liaison élastique principale 3 est supérieur à l'amortissement de chaque lame flexible élastique 6, et, plus particulièrement, l'amortissement de la liaison élastique principale 3 est supérieur au total des amortissements de toutes les lames flexibles élastiques 6 que comportent les résonateurs primaires 10.

[0036] Les résonateurs primaires 10 sont agencés dans l'espace de manière à ce que la résultante de leurs erreurs de marche dues à la gravitation soit nulle.

[0037] De préférence, les résonateurs primaires 10 sont rotatifs, ce qui rend le mécanisme oscillateur isochrone 1 selon l'invention peu sensible à la gravitation.

[0038] Ainsi, chaque résonateur primaire 10 forme un résonateur rotatif, dont le centre de masse se trouve sur le lieu dont les translations sont minimales durant la rotation. Cela afin de minimiser les déplacements du centre de masse dans le champ de gravité ou sous l'effet de chocs, et, partant, d'améliorer la chronométrie du système.

[0039] Cette liaison élastique principale 3 est de préférence constituée par une lame élastique, elle ne bouge pratiquement pas quand le mécanisme oscillateur isochrone 1 oscille en mode diapason. En effet, les branches du diapason constituées par les résonateurs primaires 10 s'échangent de l'énergie du mouvement au travers de la traverse 4, mais les mouvements de la traverse 4 sont infimes.

[0040] La direction selon laquelle sont mobiles les centres de masse CM des résonateurs primaires 10 est appelée direction longitudinale X. Une direction transversale Y est sensiblement perpendiculaire à cette direction longitudinale X. Une direction Z complète le trièdre direct.

[0041] Dans les variantes illustrées aux figures 1 à 17, la traverse 4 est droite et s'étend selon la direction longitudinale X.

[0042] Dans une réalisation avantageuse, mais non limitative, qui correspond aux variantes illustrées par les figures, tout ou partie du mécanisme oscillateur isochrone 1 est agencé de façon symétrique par rapport à un plan de symétrie PS qui s'étendant parallèlement à la direction transversale Y.

[0043] La liaison élastique principale 3 s'étend entre la traverse 4 et le support fixe 2. De préférence, mais non obligatoirement, cette liaison élastique principale 3 s'étend selon la direction principale Y, tel que visible sur les exemples des figures.

[0044] De préférence, la direction primaire qui relie le point d'encastrement sur la traverse 4 d'une lame flexible élastique 6 au centre de masse CM du résonateur primaire 10 correspondant, quand ce dernier est au repos est parallèle à la direction longitudinale X.

[0045] La figure 1 illustre une réalisation simplifiée d'un mécanisme oscillateur isochrone 1 d'horlogerie selon l'invention, de type diapason, comportant un support fixe 2 qui porte, par une liaison élastique principale 3, réalisée sous forme d'une lame flexible, une traverse 4 porteuse de deux résonateurs primaires plans 10A, 10B, symétriques par rapport à un plan de symétrie PS, et comportant chacun une masse, respectivement 5A, 5B, portée par une lame flexible élastique, respectivement 6A, 6B, agencée pour travailler en flexion et encastree dans la traverse 4, symétriquement par rapport au plan de symétrie PS.

[0046] Le choix d'une symétrie géométrique de construction facilite la mise au point. Néanmoins un tel mécanisme oscillateur isochrone 1 peut aussi être réalisé avec des résonateurs primaires non symétriques, et

fonctionner de façon correcte.

[0047] Dans les variantes illustrées par les figures 1, 3, 6, 8 à 11, non limitatives de l'invention, les directions primaires des différents résonateurs primaires 10 qui constituent ce mécanisme oscillateur isochrone 1 sont parallèles à la direction longitudinale X, ou confondues.

[0048] Pour une efficacité maximale, les lames flexibles élastiques 6 sont agencées de façon à ce que le déplacement de chaque centre de masse CM de résonateur primaire 10 donné soit minimal selon la direction transversale Y où il n'est pas prévu de compensation, et de façon à ce que les déplacements des différents centres de masses CM des résonateurs primaires 10 donnés soit compensés les uns par rapport aux autres dans la direction longitudinale X : si, comme dans le cas des figures, le mécanisme oscillateur isochrone 1 comporte deux résonateurs primaires 10A et 10B disposés dos à dos de part et d'autre de la traverse 4, leurs centres de masse respectifs CMA et CMB se déplacent essentiellement selon la direction longitudinale X, mais avec des déplacements de même valeur mais de sens opposés.

[0049] L'avantage d'un agencement selon l'invention est d'avoir des lames élastiques travaillant en flexion quasi-pure, ce qui permet l'obtention d'un résonateur isochrone. Le couple est proportionnel à l'angle α dont la masse 5 correspondante pivote. La fréquence est donc indépendante de l'amplitude de l'oscillation.

[0050] De façon préférée, la distance entre l'encastrement de la lame flexible élastique 6 dans la traverse 4 et le centre de masse CM, est égale à la distance entre le centre de masse CM et l'encastrement de la lame flexible élastique 6 dans la masse 5 associée, tel que visible sur la figure 1. Le centre de masse CM reste ainsi sur l'axe X, ou au voisinage immédiat de l'axe X, c'est-à-dire à une distance de quelques micromètres.

[0051] Dans une réalisation particulière, qui autorise une fabrication économique, notamment par la mise en oeuvre de matériaux micro-usinables selon les procédés « MEMS », « LIGA », ou similaires, chaque résonateur primaire 10 est agencé pour osciller dans un plan.

[0052] Dans une réalisation particulière, chaque résonateur primaire 10 est monolithique.

[0053] Dans une réalisation particulière, la traverse 4 et les lames flexibles élastiques 6 des résonateurs primaires 10 forment un ensemble monolithique.

[0054] Dans une réalisation particulière, le support fixe 2, la liaison élastique principale 3, la traverse 4, et les lames flexibles élastiques 6 des résonateurs primaires 10, forment un ensemble monolithique.

[0055] Dans une réalisation particulière, le support fixe 2, la liaison élastique principale 3, la traverse 4, et les lames flexibles élastiques 6 des résonateurs primaires 10, forment un ensemble monolithique.

[0056] Un tel mode de réalisation permet d'obtenir des lames élastiques 6 dites « en feuille haute », qui ont une hauteur très grande par rapport à leur épaisseur, notamment au moins cinq fois plus hautes qu'épaisseurs, et plus particulièrement au moins dix fois plus hautes qu'épais-

ses. De telles lames en feuille haute permettent d'assurer la fonction de guidage, et de s'affranchir de pivots traditionnels, ce qui permet une augmentation importante du facteur de qualité.

[0057] L'architecture en forme de diapason, selon l'invention, permet de compenser toutes les réactions aux encastrements, ce qui augmente encore très sensiblement le facteur de qualité.

[0058] Dans les modes de réalisation illustrés par les figures, les masses 5, 51, 52, des résonateurs primaires 10 sont soumises essentiellement à un mouvement de pivotement. La lame flexible élastique 6 correspondante assure la fonction de guidage en pivotement.

[0059] L'invention est illustrée ici dans des variantes où, à chaque fois, une seule lame flexible élastique 6 maintient la masse 5 respective par rapport à la traverse 4. On peut imaginer d'autres variantes où ces lames 6 seraient doublées ou multipliées pour assurer un guidage encore meilleur. Toutefois l'avantage de la lame unique est de travailler en flexion pure, ce qui élimine les contraintes de cisaillement, ou de forces transverses, qui sont défavorables pour l'isochronisme, ce qui explique la préférence pour une lame flexible 6 unique, qui assure donc une meilleure chronométrie d'une montre incorporant un oscillateur 1 selon l'invention.

[0060] Dans le cas de variantes, telles qu'illustrées par les figures, où chaque résonateur primaire 10 est agencé pour osciller dans un plan, tous les résonateurs primaires 10 sont agencés pour osciller dans des plans parallèles entre eux, ou bien dans un même plan.

[0061] Plus particulièrement, tous ces résonateurs primaires 10 sont agencés pour osciller dans un même plan, par exemple sur les réalisations illustrées aux figures 1 à 12.

[0062] Dans des réalisations particulières voisines de l'invention, tel que visible sur les figures 13 à 16, ces résonateurs primaires 10 s'étendent chacun dans un plan distinct.

[0063] Il est néanmoins possible de mettre en oeuvre l'invention avec des résonateurs primaires 10 disposés différemment dans l'espace.

[0064] Les figures 1 à 12 illustrent un mécanisme oscillateur isochrone 1, dont tous les résonateurs primaires 10 sont identiques, en nombre pair, et agencés en symétrie par rapport à un plan de symétrie PS s'étendant parallèlement à une direction transversale Y qui est celle de la liaison élastique principale 3 et perpendiculairement à une direction longitudinale X selon laquelle sont mobiles les centres de masse CM des résonateurs primaires 10.

[0065] Au sein de chaque paire, les résonateurs primaires 10 oscillent alors en opposition de phase, ce qui garantit la compensation des mouvements des centres de masse CM selon la direction longitudinale X.

[0066] De préférence, la liaison élastique principale 3 est droite.

[0067] Sur les variantes des figures 1 à 8, selon l'invention, et un mode préféré de réalisation détaillé ci-

après, les lames flexibles élastiques 6 sont droites, selon la direction longitudinale X. Les centres de masse CM des résonateurs primaires 10 considérés sont dans leur alignement au repos. Cette disposition garantit l'insensibilité aux positions du mécanisme oscillateur isochrone 1 selon l'invention, contrairement à un diapason de type classique à branches parallèles qui est beaucoup trop sensible aux positions dans l'espace s'il est incorporé dans une montre, et qui ne peut convenir qu'à une pièce de pendulerie.

[0068] Les croquis de la figure 2 permettent de comprendre l'influence de la gravité $\vec{g}$:

- sur le croquis supérieur, sur une première masse suspendue vers le haut par l'intermédiaire d'une lame flexible, le diagramme de marche montre un retard d'une certaine valeur R,
- sur le croquis médian, sur une deuxième masse identique suspendue vers le bas par l'intermédiaire d'une lame flexible identique, et le diagramme de marche correspondant à une avance de la même valeur R,
- sur le croquis inférieur, sur un mécanisme selon l'invention qui combine les deux précédents, et le diagramme de marche correspondant qui montre une avance ou un retard proche de zéro, grâce à l'alignement en sens contraire, ce qui permet un équilibrage, par le moyennage des avance/retard des deux résonateurs qui le composent, rendant ainsi le mécanisme insensible aux positions dans l'espace.

[0069] Le défaut résiduel après compensation des déplacements des centre de masse en X est de très faible valeur, du même ordre de grandeur que le défaut dû aux déplacements des centres de masse en Y, lequel est limité à 3 ou 4 micromètres, pour une lame de de longueur 1 millimètre, le défaut cumulé reste ainsi inférieur à 6 secondes par jour.

[0070] La compensation due à la géométrie du mécanisme oscillateur isochrone 1 selon l'invention, en particulier dans une exécution entièrement symétrique, renforce donc le caractère d'insensibilité à la gravitation dû au fonctionnement rotatif des résonateurs primaires 10. La symétrie compense ainsi toute erreur de marche résiduelle.

[0071] De plus, la compensation des efforts et des couples à l'encastrement permet aux résonateurs primaires 10 d'osciller très longtemps sans s'amortir.

[0072] Dans une variante particulière de ce mode préféré, les lames flexibles élastiques 6 que comportent les résonateurs primaires 10 sont droites et alignées deux à deux.

[0073] Sur les variantes des figures 9 à 12, selon un deuxième type de réalisation voisine de l'invention, détaillée ci-après, les lames flexibles élastiques 6 sont en spirales, enroulées autour des centres de masse CM des résonateurs primaires 10 considérés.

[0074] Une variante illustrée sur les figures 13 et 14

représente un diapason de torsion qui comporte des bras 51 et 52, chacun muni d'une masse à son extrémité distale, et oscillant dans des plans parallèles P1 et P2 et de façon symétrique par rapport à un axe A parallèle à ces deux plans P1 et P2.

[0075] Une autre variante de diapason illustrée par la figure 15 comporte deux résonateurs, chacun comportant un ressort-spiral encastré à une première extrémité sur une traverse commune et comportant une masse à une deuxième extrémité distale, ces deux résonateurs s'étendant selon deux plans parallèles et étant, en projection sur l'un de ces plans, symétrique par rapport à un plan de symétrie PS lequel est perpendiculaire à ces deux plans. Le couple résultant est bien nul à l'encastrement au niveau de la traverse 4.

[0076] On comprend que l'invention autorise aussi une grande variété d'architectures géométriques.

[0077] Les difficultés pratiques ne manquent pas, car il est difficile d'assurer la limitation en déplacement des centres de masse CM des résonateurs primaires 10 selon la direction transversale Y.

[0078] De plus, les mécanismes doivent être utilisables dans une montre, et incorporer des sécurités, notamment antichoc.

[0079] Deux réalisations particulières, géométriquement assez différentes, sont présentées ci-après : un mode préféré de diapason « en H » selon l'invention, et un deuxième type de diapason « cornes de bouc » voisin de l'invention.

[0080] Le mode préféré de diapason en H, est représenté sur les figures 1 à 7. Le support fixe 2, la liaison élastique principale 3, la traverse 4, et les lames flexibles élastiques 6 des résonateurs primaires 10, forment ensemble une structure monolithique plane, en silicium, ou silicium oxydé, ou quartz, ou DLC, ou similaire, qui, dans la position de repos du mécanisme oscillateur isochrone 1, est symétrique par rapport à un plan de symétrie PS, et comporte une traverse 4 longiligne qui s'étend selon la direction longitudinale X, perpendiculairement à la liaison élastique principale 3, qui s'étend selon la direction transversale Y, et qui maintient la traverse 4 sur le support fixe 2.

[0081] Cette traverse 4 porte une paire de masses 5 repérées 51 et 52, montées de façon symétrique de part et d'autre du support fixe 2 et de la première liaison élastique 3.

[0082] Ces masses 51, 52, s'étendent sensiblement selon la direction transversale Y, formant les barres latérales d'un H dont la traverse 4 constitue la barre horizontale. De préférence chacune d'elles comporte un bras relié en son milieu à la lame flexible 6 correspondante, ce bras s'étendant sensiblement parallèlement selon la direction transversale Y, et étant, soit un bras massif comme sur la figure 3, soit un bras comportant des masselottes inertielles à ses extrémités opposées, soit sensiblement ponctuelles comme sur la figure 1, soit sous forme de secteurs annulaires, tel que visible sur les figures 2, et 4 à 7.

[0083] Chacune de ces masses 51, 52 est montée de façon oscillante autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à la traverse 4, et rappelée par une lame flexible élastique 6, repérée respectivement 61, 62, qui constitue des moyens de rappel élastique et qui est solidaire d'une extrémité 41, 42, de la traverse 4, les deux extrémités 41 et 42 étant opposées et de part et d'autre de la traverse 4. Ces lames flexibles 61, 62, s'étendent de préférence linéairement dans le prolongement et de part et d'autre de la traverse 4.

[0084] Chaque axe de pivotement virtuel est, en position de repos du mécanisme oscillateur isochrone 1, confondu avec le centre de masse CM1, CM2, de la masse respective 51, 52.

[0085] Ces lames flexibles élastiques 61, 62, sont agencées pour limiter le déplacement des centres de masse CM1, CM2, à une course transversale par rapport à la traverse 4, aussi réduite que possible dans la direction transversale Y, et à une course longitudinale selon la direction longitudinale X supérieure à cette course transversale.

[0086] Du fait de la symétrie, et de l'alignement, la disposition longitudinale des lames flexibles élastiques 61, 62, permet de compenser la direction de plus grand déplacement des centres de masse CM1 et CM2, qui se déplacent de façon symétrique par rapport au plan de symétrie PS.

[0087] Le mécanisme oscillateur isochrone 1 selon l'invention comporte avantageusement des butées en rotation, ou/et des butées de limitation de translation selon les directions X et Y, ou/et des butées de limitation en translation en Z. Ces moyens de limitation de course peuvent être intégrés, faire partie d'une construction monobloc, ou/et être rapportés.

[0088] Les masses 51, 52, comportent, avantageusement, des moyens de butée 7, repérés 71, 72, qui sont agencés pour coopérer avec des moyens de butée complémentaire 73, 74, que comporte la traverse 4, et limiter le déplacement des lames flexibles élastiques 61, 62, par rapport à la traverse 4, en cas de chocs ou d'accéléérations similaires.

[0089] Dans le cas où une masse 5 n'est pas directement portée par la lame flexible 6, celle-ci comporte, de l'autre côté par rapport au corps principal de la traverse 4, une plaque d'extrémité 45, qui est agencée pour recevoir, directement ou indirectement, cette masse 6. Par exemple, l'exécution des figures 4 et 5 de l'invention, comme la variante du deuxième type des figures 11 et 12 voisine de l'invention, comporte des embouts 53, 54, agencés pour être rapportés sur une telle plaque d'extrémité 45 et recevoir une masse 51 ou 52. La variante du mode préféré des figures 6 et 7 comporte une douille 55 agencée pour remplir la même fonction.

[0090] Sur la variante du mode préféré de réalisation des figures 4 et 5, les extrémités de la traverse 4 comportent chacune deux surfaces d'appui de butée 42, qui sont agencées chacune pour arrêter une surface oblique 74 que comporte la plaque d'extrémité 45, de façon à

limiter l'angle de déformation α (défini en figure 1) que peut prendre la lame flexible 6 par rapport à son encastrement dans la traverse 4, et constituant ainsi des butées en rotation. L'extrémité correspondante de la traverse 4 comporte encore un logement 79, notamment ici un alésage, agencé pour servir de butée de limitation au pourtour 48 de la plaque d'extrémité 45 sensiblement circulaire, pour limiter les translations en X et en Y. Grâce à ces différentes butées, qui limitent les translations en X et en Y, on limite l'influence possible des chocs, on protège la lame flexible 6, et on préserve cette lame flexible 6 contre toute déformation excessive. Et on limite bien sûr le déplacement possible des centres de masse CM.

[0091] Des butées en Z sont prévues principalement en cas d'utilisation d'embouts 53, 54, de douilles 55, ou similaires ; par exemple la figure 5 illustre des embouts 53, 54, qui, ou bien comportent des alésages alignés avec des tourillons 56 portés par une platine, ou bien comportent des portées alignées avec des alésages d'une platine, les paliers ainsi constitués étant sans contact en régime de fonctionnement normal, et étant agencés pour reprendre les efforts, notamment en Z, en cas de choc.

[0092] Le détail de la figure 6 montre, en ce qui concerne la variante avec la réception d'une douille 55, un agencement similaire en ce qui concerne les butées. La plaque d'extrémité 45 comporte encore un ergot avec des surfaces d'arrêt 76 agencées pour coopérer en appui de butée avec des surfaces complémentaires 78 de la traverse 4, pour limiter les translations. La douille 55 comporte une jupe 57 chassée sur la plaque d'extrémité 45 mais le pourtour 59 de cette douille 55 reste à distance de l'alésage 79 de la traverse 4, et assurer alors avec lui la sécurité en translation en X et en Y.

[0093] Des épaulements en Z peuvent, encore, être ménagés sur certaines surfaces pour constituer des surfaces de butée de limitation en Z.

[0094] Naturellement, ces agencements de butée, de limitation du débattement de la lame flexible 6 comme de sécurité antichoc sont réalisables dans des variantes sans pièce intermédiaire. Et en particulier dans le cas où le support fixe 2, la liaison élastique principale 3, la traverse 4, et les résonateurs primaires 10, y compris les masses 5, forment un ensemble monolithique.

[0095] En l'absence d'accéléérations inopinées telles que des chocs, les surfaces complémentaires des butées ne doivent pas être en contact entre elles, de façon à éviter tout frottement inutile préjudiciable au facteur de qualité.

[0096] Certains moyens de limitation de course peuvent être utilisés pour remplir des fonctions d'amortissement de modes de vibrations non désirés.

[0097] Les illustrations du mode préféré de réalisation selon l'invention, et du deuxième type voisin de l'invention, montrent ainsi le support fixe 2 et la traverse 4 qui ne sont séparés que par une étroite rainure 30, dite ici « rainure à miel », autour de la liaison élastique principale 3, laquelle est conçue pour autoriser le couplage en mode

diapason. La rainure 30 permet de limiter le mouvement angulaire de la traverse 4, qui est insignifiant en régime normal, mais qui peut se produire en cas de choc. Avantageusement, cette rainure est remplie d'un produit visqueux ou pâteux, qui permet la dissipation d'énergie en cas de débattement trop important.

[0098] En particulier il s'agit de prévenir, ou du moins d'en limiter la durée, un mode de fonctionnement de type « essuie-glace » dans lequel les résonateurs primaires 10 oscillent, non plus en opposition de phase, mais en phase, car on comprend que la compensation des mouvements des centres de masse n'est alors plus assurée dans ce régime d'oscillation en phase, qui ne permet plus à l'oscillateur d'être isochrone.

[0099] En variante, ou en complément, il est possible de rajouter des surfaces coopérant en Z avec un frottement solide, ou visqueux, ou pâteux, et de préférence qui augmente avec la vitesse ou/et avec l'amplitude, par exemple avec des surfaces coniques ou faisant coin, tel que visible sur les croquis des figures 17 et 18.

[0100] De préférence, selon l'invention, les lames flexibles élastiques 61, 62, qui s'étendent sensiblement selon la direction longitudinale X, sont des lames courtes, c'est-à-dire d'une longueur inférieure à la plus petite valeur entre quatre fois leur hauteur ou trente fois leur épaisseur. C'est cette caractéristique de lame courte qui permet de limiter les déplacements du centre de masse CM concerné.

[0101] En fonctionnement normal, il n'y a pas de frottement. Les modes d'oscillation en translation, et les déplacements en cas de chocs sont limités mécaniquement par des axes ou similaire.

[0102] Dans cette configuration, le centre de masse CM de chaque résonateur primaire 10 ne bouge pratiquement pas selon la direction transversale Y : il effectue un mouvement de rebroussement, de part et d'autre d'un axe moyen parallèle à la direction longitudinale X, autour d'un point situé sur cet axe moyen.

[0103] C'est pour compenser ce déplacement du centre de masse CM selon X que, selon l'invention, les lames flexibles élastiques 61 et 62 sont de préférence alignées, ces lames étant de préférence droites.

[0104] Le deuxième type de diapason en cornes de bouc, voisin de l'invention, est représenté sur les figures 8 à 12. Le support fixe 2, la liaison élastique principale 3, la traverse 4, les lames flexibles élastiques 6, et les plaques d'extrémité 45 des résonateurs primaires 10, forment ensemble une structure monolithique plane, en silicium, ou silicium oxydé, ou quartz, ou DLC, ou similaire, qui, dans la position de repos du mécanisme oscillateur isochrone 1, est symétrique par rapport à un plan de symétrie PS, et comporte une traverse 4 longiligne qui s'étend selon la direction longitudinale X, perpendiculairement à la liaison élastique principale 3, qui s'étend selon la direction transversale Y, et qui maintient la traverse 4 sur le support fixe 2.

[0105] De façon analogue au mode préféré, cette traverse 4 porte une paire de masses 5 repérées 51 et 52,

montées de façon symétrique de part et d'autre du support fixe 2 et de la première liaison élastique 3. Chacune de ces masses 51, 52 est montée de façon oscillante et rappelée par une lame flexible élastique 6 repérée respectivement 61, 62, qui est un spiral 8, respectivement 81, 82, ou encore un assemblage de spiraux. Un premier spiral 81 et un deuxième spiral 82 sont, chacun, lié au niveau de sa spire interne à une plaque d'extrémité 45 destinée à recevoir une masse 51, 52, et attachés à l'extrémité 41, 42 respective de la traverse 4 par sa spire externe.

[0106] Les masses 51 et 52 pivotent chacune autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à la traverse 4.

[0107] Chaque axe de pivotement virtuel est, en position de repos du mécanisme oscillateur isochrone 1, confondu avec le centre de masse CM1, CM2, de la masse respective 51, 52.

[0108] De la même façon que pour le mode préféré, les masses 51, 52, s'étendent sensiblement selon la direction transversale Y. De préférence chacune d'elles comporte un bras relié en son milieu à la lame flexible 6 correspondante, ce bras s'étendant sensiblement parallèlement selon la direction transversale Y, et étant, soit un bras massif comme sur la figure 3, soit un bras comportant des masselottes inertielles à ses extrémités opposées, soit sensiblement ponctuelles comme sur la figure 8, soit sous forme de secteurs annulaires, tel que visible sur les figures 9 à 12 voisines de l'invention.

[0109] Pour limiter le déplacement des centres de masse CM1, CM2, à une course transversale par rapport à la traverse 4, aussi réduite que possible dans la direction transversale Y, et à une course longitudinale selon la direction longitudinale X supérieure à cette course transversale, chaque spiral 81, 82, est à section ou courbure variable le long de son développement.

[0110] La version illustrée par les figures est une variante à épaisseur variable, optimisée pour limiter les déplacements du centre de masse CM. La masse 5 en balancier est suspendue de préférence par une spire plus épaisse que le reste du spiral.

[0111] De préférence, le développement du spiral est supérieur à un tour, et notamment supérieur à 1,5 tour, ce qui s'avère plus aisé pour minimiser le déplacement du centre de masse. Par exemple, une diminution régulière d'épaisseur sur 270°, suivie d'une croissance d'épaisseur peut permettre de limiter le déplacement du centre de masse CM à 3 micromètres en Y et 4 micromètres en X. La raideur élémentaire polaire passe avantageusement par un extremum, par exemple un mini entre deux maxi, ou l'inverse.

[0112] Une simulation satisfaisante consiste, encore, à donner au spiral une raideur supérieure dans sa partie 89 qui est au-delà du centre de masse vers l'extérieur, que dans sa partie 88 qui est comprise entre les deux centres de masse CM1 et CM2.

[0113] On remarque ainsi que les déplacements en X des centres de masse CM sont moindres dans ce deuxième

me type à spirale que dans le mode préféré à lame droite.

[0114] On peut, bien sûr, jouer sur la hauteur au lieu de l'épaisseur pour obtenir une section variable : le choix de l'épaisseur variable correspond à une élaboration MEMS plus facile.

[0115] En somme, on peut faire une analogie entre ce spirale à caractéristiques variables et une courbe terminale Breguet ou Grossmann d'un spirale d'ensemble balancier-spirale.

[0116] Une fois le déplacement du centre de masse minimisé, le montage en symétrie par rapport au plan de symétrie PS permet d'obtenir un excellent isochronisme.

[0117] En fonctionnement normal, il n'y a pas de frottement : Les modes d'oscillation en translation et les déplacements en cas de chocs sont de préférence limités mécaniquement par des axes, ou par des embouts 53, 54, ou des douilles 55.

[0118] De préférence, le premier spirale 81 et le deuxième spirale 82 sont attachés aux extrémités 41, 42, en alignement avec leur axe de pivotement virtuel respectif, en position de repos du mécanisme oscillateur isochrone 1.

[0119] La figure 16 illustre une autre réalisation voisine de l'invention, où ce schéma de figure du deuxième type est extrapolé en suspendant chaque masse, non pas à un spirale unique, mais à couples de spirales 81, 810, respectivement 82, 820, attachés à la traverse 4, de part et d'autre des centres de masse selon la direction Y. Cette réalisation très robuste est toutefois plus proche d'un système à lames flexibles croisées que du principe de la présente invention.

[0120] La figure 19 illustre une variante où la traverse 4 constitue un cadre entourant les résonateurs primaires 10, dans un exemple d'application à quatre résonateurs 10A, 10B, 10C, 10D. On comprend que cette architecture inverse des exemples précédents est également utilisable pour la mise en oeuvre de l'invention, dans toutes ses variantes exposées ci-dessus, et qui ne sont donc pas détaillées davantage ici.

[0121] La figure 20 illustre, dans cette variante de traverse 4 formée par un cadre, le pendant du diapason en H. La traverse 4 porte une paire 51, 52, de masses 5, montées de façon symétrique à l'intérieur de la traverse 4 qui forme un cadre suspendu par la première liaison élastique 3 à la structure fixe 2, les masses 51, 52 s'étendant sensiblement selon la direction transversale Y. Chacune des masses 51, 52, est montée de façon oscillante autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à la traverse 4, et rappelée par une lame flexible élastique 6, respectivement 61, 62, qui est solidaire d'un côté du cadre formant la traverse 4, les lames flexibles 61, 62, s'étendant linéairement à l'intérieur du cadre.

[0122] De façon similaire, la figure 21 illustre, dans cette variante de traverse 4 formée par un cadre, voisine de l'invention, le pendant du diapason en cornes de bouc. La traverse 4 porte une paire 51, 52, de masses 5, montées de façon symétrique à l'intérieur de la traverse 4 qui

forme un cadre suspendu par la première liaison élastique 3 à la structure fixe 2, et sensiblement selon une direction transversale Y perpendiculaire à la direction longitudinale X selon laquelle sont mobiles les centres de masse CM des résonateurs primaires 10. Chacune des masses 51, 52, est montée de façon oscillante autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à la traverse 4, et rappelée par un spirale 8, respectivement 81, 82, qui est solidaire d'un côté du cadre formant la traverse 4, ces spirales 81, 82, s'étendant à l'intérieur du cadre.

[0123] Dans les réalisations illustrées les masses 5, 5A, 5B, 51, 52, forment des balanciers.

[0124] Avantagusement, dans tout mode de réalisation, les masses 51, 52, comportent, aux fins de réglage d'équilibrage, d'inertie et d'ajustement de fréquence d'oscillation, des masselottes 91, 92, ou/et des logements 93 pour recevoir de telles masselottes, de préférence dans les zones les plus éloignées des extrémités 41, 42 de la traverse 4. De telles masselottes comportent avantagusement un insert excentré, par exemple en platine, pour faciliter le réglage par pivotement de l'insert. Naturellement, des zones particulières de ces masses 5 peuvent être dévolues à une ablation laser, ou, à l'inverse, à un rechargement par plasma, jet d'encre ou similaire, pour assurer ces réglages.

[0125] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 100, notamment mécanique, comportant un tel mécanisme oscillateur isochrone 1.

[0126] L'invention concerne encore une montre 200 comportant un tel mouvement mécanique 100.

[0127] En somme, dans sa version totalement symétrique, l'oscillateur selon l'invention constitue un diapason composé de deux résonateurs, de préférence rotatifs, à lames en flexion, montés sur une traverse reliée, de préférence visco-élastiquement, à la platine.

[0128] Les éléments élastiques de chaque résonateur primaire 10 sont conçus pour minimiser le déplacement du centre de masse CM dans la direction transversale Y du plan de symétrie PS du diapason.

[0129] Le plan de symétrie PS du diapason est choisi de manière à ce que les erreurs de marche dues aux positions selon la direction longitudinale X perpendiculaire à la direction transversale Y, s'annulent entre les deux branches du diapason constituées par les résonateurs primaires 10, de part et d'autre de la traverse 4.

[0130] L'utilisation de résonateurs primaires rotatifs permet de limiter l'effet d'accélération en translation (chocs et orientation dans le champ de gravité) sur le rythme du résonateur.

[0131] L'architecture de type diapason permet de limiter l'effet des réactions aux encastresments.

[0132] Pour rendre le mouvement de la montre insensible aux positions, l'invention minimise le déplacement du centre de masse CM de chaque résonateur primaire 10.

[0133] Pour le deuxième type de réalisation de diapason en corne de bouc, voisin de l'invention, les avantages

sont :

- lames en flexion pure, d'où isochronisme ;
- architecture de type diapason, donc des réactions nulles à l'encastrement, et donc un meilleur facteur de qualité ;
- l'élément élastique constitué par la lame flexible joue également le rôle de guidage, il n'est donc pas besoin de pivots, il n'y a donc pas de frottements, et on obtient donc un meilleur facteur de qualité ;
- épaisseur de la lame en forme de spire variable et optimisée pour limiter les déplacements parasites du centre de masse dans la direction Y, d'où une faible erreur de marche en position verticale de la montre ;
- lames orientées de manière à ce que l'erreur de marche résiduelle (due aux positions verticales selon la direction longitudinale X) s'annule entre les deux lames du diapason ;
- limitation des courses intégrées, ce qui procure une grande robustesse, et évite la rupture des lames en cas de chocs en X, Y, Z, ou α ;
- rainure à miel, permettant un amortissement du mode d'oscillation en « essuie-glace » susceptible de survenir lors d'un choc.

[0134] Pour le mode préféré de réalisation de l'invention dit diapason en H, les caractéristiques principales sont similaires, sauf en ce qui concerne :

- longueur de la lame minimisée pour limiter les déplacements parasites du centre de masse selon les directions X et Y, ce qui procure donc une faible erreur de marche en position verticale
- lames flexibles rectilignes orientées selon un axe perpendiculaire au plan de symétrie du diapason, de manière à ce que l'erreur due aux positions verticales selon la direction longitudinale X, qui est plus importante que l'erreur selon la direction transversale Y dans ce cas, s'annule entre les deux lames du diapason.

[0135] En résumé, l'invention permet d'obtenir un oscillateur parfaitement isochrone, très compact, ne nécessitant pas d'autre réglage que l'inertie des masses, et d'assemblage très aisé.

Revendications

1. Mécanisme oscillateur isochrone (1) d'horlogerie de type diapason, comportant un support fixe (2) et une traverse (4) porteuse d'une pluralité de résonateurs primaires (10) comportant chacun au moins une masse (5) portée par une lame flexible élastique (6) constituant un moyen de rappel élastique et qui est agencée pour travailler en flexion et qui est encastree dans ladite traverse (4), où lesdits résonateurs

primaires (10) ont au moins un mode de résonance identique, et sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur $2\pi/n$, où n est le nombre desdits résonateurs primaires (10), et sont agencés selon une symétrie dans l'espace telle que la résultante des efforts et des couples appliqués par lesdits résonateurs primaires (10) sur ladite traverse (4) est nulle, et où ladite traverse (4) est fixée audit support fixe (2) par une liaison élastique principale (3), dont la rigidité est supérieure à la rigidité de chaque dite lame flexible élastique (6), et où lesdits résonateurs primaires (10) sont agencés dans l'espace de manière à ce que la résultante de leurs erreurs de marche dues à la gravitation soit nulle, où lesdites lames flexibles élastiques (6) qu'il comporte sont des lames droites (61, 62) qui s'étendent sensiblement selon une direction longitudinale selon laquelle sont mobiles les centres de masse desdits résonateurs primaires, et **caractérisé en ce que** lesdites lames flexibles élastiques (6) sont des lames courtes (61, 62) d'une longueur inférieure à la plus petite valeur entre quatre fois leur hauteur ou trente fois leur épaisseur.

2. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) sont rotatifs.

3. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la rigidité de ladite liaison élastique principale (3) est supérieure au total des rigidités de toutes les dites lames flexibles élastiques (6).

4. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** chaque dit résonateur primaire (10) est agencé pour osciller dans un plan.

5. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** tous les dits résonateurs primaires (10) sont agencés pour osciller dans des plans parallèles entre eux ou confondus.

6. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** tous les dits résonateurs primaires (10) sont agencés pour osciller dans un même plan.

7. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** tous les dits résonateurs primaires (10) sont plans.

8. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** tous les dits résonateurs primaires (10) sont identiques, en nombre pair, et agencés en symétrie par rapport

à un plan de symétrie (PS) s'étendant parallèlement à une direction transversale (Y) perpendiculaire à ladite direction longitudinale (X).

9. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ladite liaison élastique principale (3) s'étend selon ladite direction transversale (Y).
10. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les dits résonateurs primaires (10) sont en nombre pair, et **en ce que** lesdites lames flexibles élastiques (61, 62) qu'ils comportent sont droites et alignées deux à deux.
11. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les extrémités opposées (41, 42) de ladite traverse (4) comportent l'une et l'autre des moyens de butée (78) en rotation limitant la course angulaire de ladite lame courte (61, 62) respective.
12. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les extrémités opposées (41, 42) de ladite traverse (4) comportent l'une et l'autre des moyens de butée (78) en translation limitant le déplacement selon ladite direction longitudinale (X) et selon ladite direction transversale (Y) des centres de masse (CM) desdites masses (5) respectives.
13. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les extrémités opposées (41, 42) de ladite traverse (4) comportent l'une et l'autre des moyens de butée (78) en translation limitant le déplacement selon une direction (Z), orthogonale à ladite direction longitudinale (X) et à ladite direction transversale (Y), des centres de masse (CM) desdites masses (5) respectives.
14. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** ladite traverse (4) porte une paire (51, 52) de dites masses (5), montées de façon symétrique de part et d'autre dudit support fixe (2) et de ladite première liaison élastique (3), lesdites masses (51, 52) s'étendant sensiblement selon une direction transversale (Y) perpendiculaire à une direction longitudinale (X) selon laquelle sont mobiles les centres de masse (CM) desdits résonateurs primaires (10), et formant les barres latérales d'un H dont ladite traverse (4) constitue la barre horizontale, chacune desdites masses (51, 52) étant montée de façon oscillante autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à ladite traverse (4) et rappelée par une dite lame flexible élastique (6) qui est solidaire d'une ex-

trémité (41, 42) de ladite traverse (4), lesdites lames flexibles (6) s'étendant linéairement dans le prolongement et de part et d'autre de ladite traverse (4).

15. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** ladite traverse (4) porte une paire (51, 52) de dites masses (5), montées de façon symétrique à l'intérieur de ladite traverse (4) qui forme un cadre suspendu par ladite première liaison élastique (3) à ladite structure fixe (2), lesdites masses (51, 52) s'étendant sensiblement selon une direction transversale (Y) perpendiculaire à une direction longitudinale (X) selon laquelle sont mobiles les centres de masse (CM) desdits résonateurs primaires (10), chacune desdites masses (51, 52) étant montée de façon oscillante autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à ladite traverse (4) et rappelée par une dite lame flexible élastique (6) qui est solidaire d'un côté dudit cadre formant ladite traverse (4), lesdites lames flexibles (6) s'étendant linéairement à l'intérieur dudit cadre.
16. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** ledit support fixe (2) et ladite traverse (4) sont séparés par une étroite rainure (30), autour de ladite liaison élastique principale (3) laquelle assure le couplage en mode diapason, ladite rainure (30) étant agencée pour limiter le mouvement angulaire de ladite traverse (4), et étant remplie d'un produit visqueux ou pâteux, agencé pour assurer la dissipation d'énergie en cas de débattement trop important.
17. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** lesdites masses (51, 52) sont des balanciers.
18. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** ladite traverse (4) est droite et s'étend selon ladite direction longitudinale (X).
19. Mécanisme oscillateur isochrone (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** lesdites masses (51, 52) sont des barres comportant des masselottes d'extrémité aux points les plus éloignés d'extrémités opposées (41, 42) de ladite traverse (4) laquelle s'étend selon une direction longitudinale (X) selon laquelle sont mobiles les centres de masse (CM) desdits résonateurs primaires (10), lesdites masses (51, 52) s'étendant essentiellement selon une direction transversale (Y) perpendiculaire à ladite direction longitudinale (X).
20. Mouvement (100) d'horlogerie comportant au moins un mécanisme oscillateur isochrone (1) selon l'une des revendications 1 à 19.

21. Montre (200) comportant au moins un mouvement (100) selon la revendication 20.

Patentansprüche

1. Isochroneur Uhren-Oszillatormechanismus (1) des Stimmgabeltyps, umfassend einen festen Träger (2) und einen Querträger (4), der eine Mehrzahl von primären Resonatoren (10) trägt, wovon jeder mindestens eine Masse (5) aufweist, die von einem elastischen biegsamen Plättchen (6) getragen wird, das ein elastisches Rückstellmittel bildet und das dafür ausgelegt ist, durch Biegung zu arbeiten, und das in den Querträger (4) eingelassen ist, wobei die primären Resonatoren (10) mindestens eine gleiche Resonanzbetriebsart besitzen und dafür ausgelegt sind, mit einer gegenseitigen Phasenverschiebung von $2\pi/n$ zu schwingen, wobei n die Anzahl der primären Resonatoren (10) ist, und in einer Symmetrie im Raum angeordnet sind, derart, dass die Resultierende der Kräfte und der Drehmomente, die durch die primären Resonatoren (10) auf den Querträger (4) ausgeübt werden, null ist, und wobei der Querträger (4) an dem festen Träger (2) durch eine elastische Hauptverbindung (3) befestigt ist, deren Starrheit größer als die Starrheit jedes der elastischen biegsamen Plättchen (6) ist, und wobei die primären Resonatoren (10) im Raum in einer Weise angeordnet sind, dass die Resultierende ihrer Gangabweichung aufgrund der Schwerkraft null ist, wobei die elastischen biegsamen Plättchen (6), die er aufweist, geradlinige Plättchen (61, 62) sind, die sich im Wesentlichen in einer Längsrichtung erstrecken, in der die Massenschwerpunkte der primären Resonatoren bewegbar sind, und **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastischen biegsamen Plättchen (6) kurze Plättchen (61, 62) mit einer Länge sind, die kleiner als der kleinste Wert aus ihrer vierfachen Höhe und ihrer dreißigfachen Dicke ist.
2. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die primären Resonatoren (10) drehbar sind.
3. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Starrheit der elastischen Hauptverbindung (3) größer als die Starrheit sämtlicher elastischer biegsamer Plättchen (6) zusammengekommen ist.
4. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder primäre Resonator (10) dafür ausgelegt ist, in einer Ebene zu oszillieren.
5. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**

dass alle primären Resonatoren (10) dafür ausgelegt sind, in zueinander parallelen oder deckungsgleichen Ebenen zu oszillieren.

- 5 6. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle primären Resonatoren (10) dafür ausgelegt sind, in derselben Ebene zu oszillieren.
- 10 7. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle primären Resonatoren (10) eben sind.
- 15 8. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle primären Resonatoren (10) gleich sind, in gerader Anzahl vorhanden sind und symmetrisch in Bezug auf eine Symmetrieebene (PS) angeordnet sind, die sich parallel zu einer Querrichtung (Y) erstreckt, die zu der Längsrichtung (X) senkrecht ist.
- 20 9. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die elastische Hauptverbindung (3) in der Querrichtung (Y) erstreckt.
- 25 10. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die primären Resonatoren (10) in gerader Anzahl vorhanden sind und dass die elastischen biegsamen Plättchen (61, 62), die sie aufweisen, geradlinig und paarweise aufeinander ausgerichtet sind.
- 30 11. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gegenüberliegenden Enden (41, 42) des Querträgers (4) jeweils Drehanschlagmittel (78) aufweisen, die die Winkelbahn des jeweiligen kurzen Plättchens (61, 62) begrenzen.
- 35 12. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gegenüberliegenden Enden (41, 42) des Querträgers (4) jeweils Translationsanschlagmittel (78) aufweisen, die die Verlagerung in der Längsrichtung (X) und in der Querrichtung (Y) der Massenschwerpunkte (CM) der jeweiligen Massen (5) begrenzen.
- 40 13. Isochroneur Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gegenüberliegenden Enden (41, 42) des Querträgers (4) jeweils Translationsanschlagmittel (78) aufweisen, die die Verlagerung in einer Richtung (Z) senkrecht zu der Längsrichtung (X) und zu der Querrichtung (Y) der Massenschwerpunkte (CM) der jeweiligen Massen (5) begrenzen.
- 45 50 55

14. Isochroner Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querträger (4) ein Paar (51, 52) der Massen (5) trägt, die symmetrisch auf beiden Seiten des festen Trägers (2) und der ersten elastischen Verbindung (3) montiert sind, wobei sich die Massen (51, 52) im Wesentlichen in einer Querrichtung (Y) senkrecht zu der Längsrichtung (X), in der die Massenschwerpunkte (CM) der primären Resonatoren (10) bewegbar sind, erstrecken und die Seitenschenkel eines H bilden, dessen Querlinie (4) den horizontalen Schenkel bildet, wobei jede der Massen (51, 52) oszillierend um eine virtuelle Drehachse mit gegebener Position in Bezug auf den Querträger (4) montiert ist und durch ein elastisches biegsames Plättchen (6) zurückgestellt wird, das mit einem Ende (41, 42) des Querträgers (4) fest verbunden ist, wobei sich die biegsamen Plättchen (6) geradlinig in der Verlängerung und auf beiden Seiten des Querträgers (4) erstrecken.

15. Isochroner Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querträger (4) ein Paar (51, 52) der Massen (5) trägt, die symmetrisch in dem Querträger (4) montiert sind, der einen durch die erste elastische Verbindung (3) an der festen Struktur (2) aufgehängten Rahmen bildet, wobei sich die Massen (51, 52) im Wesentlichen in einer Querrichtung (Y) senkrecht zu einer Längsrichtung (X) erstrecken, in der die Massenschwerpunkte (CM) der primären Resonatoren (10) bewegbar sind, wobei jede der Massen (51, 52) oszillierend um eine virtuelle Drehachse mit gegebener Position in Bezug auf den Querträger (4) montiert ist und durch ein elastisches biegsames Plättchen (6) zurückgestellt wird, das mit einer Seite des den Querträger (4) bildenden Rahmens fest verbunden ist, wobei sich die biegsamen Plättchen (6) geradlinig in dem Rahmen erstrecken.

16. Isochroner Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der feste Träger (2) und der Querträger (4) durch einen schmalen Schlitz (30) um die elastische Hauptverbindung (3) getrennt sind, die die Kopplung im Stimmgabelmodus sicherstellt, wobei der Schlitz (30) dafür ausgelegt ist, die Winkelbewegung des Querträgers (4) zu begrenzen, und mit einem viskosen oder pastösen Produkt gefüllt ist, das dafür ausgelegt ist, die Abführung von Energie im Fall eines zu großen Ausschlags sicherzustellen.

17. Isochroner Oszillatormechanismus (17) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Massen (51, 52) Unruhen sind.

18. Isochroner Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet,**

dass der Querträger (4) geradlinig ist und sich in der Längsrichtung (X) erstreckt.

19. Isochroner Oszillatormechanismus (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Massen (51, 52) Stäbe sind, die Endgewichtchen an den von den gegenüberliegenden Enden (41, 42) des Querträgers (4) am weitesten entfernten Punkten aufweisen, wobei sich der Querträger (4) in einer Längsrichtung (X) erstreckt, in der die Massenschwerpunkte (CM) der primären Resonatoren (10) bewegbar sind, wobei sich die Massen (51, 52) im Wesentlichen in einer Querrichtung (Y) senkrecht zu der Längsrichtung (X) erstrecken.

20. Uhrwerk (100), umfassend mindestens einen isochronen Oszillatormechanismus (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19.

21. Uhr (200), umfassend mindestens ein Werk (100) nach Anspruch 20.

Claims

1. Isochronous timepiece oscillator mechanism (1) of the tuning fork type, comprising a fixed support (2) and a crosspiece (4) carrying a plurality of primary resonators (10) each including at least one weight (5) carried by a flexible elastic strip (6) constituting an elastic return means and that is arranged such that it can flex and that is embedded in said crosspiece (4), where said primary resonators (10) have at least one identical resonance mode, and are arranged such that they vibrate according to a phase shift therebetween of the value $2\pi/n$, where n is the number of said primary resonators (10), and are arranged according to a spatial symmetry such that the resultant of the forces and torques applied by said primary resonators (10) on said crosspiece (4) is zero, and where said crosspiece (4) is fixed to said fixed support (2) by a resilient main connection (3), whose stiffness is greater than the stiffness of each said flexible elastic strip (6), and wherein said primary resonators (10) are spatially arranged such that the resultant of the working errors thereof caused by gravitation is zero, wherein said flexible elastic strips (6) that it includes are straight strips (61, 62) that extend substantially in a longitudinal direction along which the centres of mass of said primary resonators are capable of moving, and **characterized in that** said flexible elastic strips (6) are short strips (61, 62), the length of which is less than the smallest value of either four times the height thereof or thirty times the thickness thereof.

2. Isochronous oscillator mechanism (1) according to claim 1, **characterized in that** said primary resona-

tors (10) are capable of rotating.

3. Isochronous oscillator mechanism (1) according to either claim 1 or claim 2, **characterized in that** the stiffness of said resilient main connection (3) is greater than the total stiffnesses of all of said flexible elastic strips (6). 5
4. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** each said primary resonator (10) is arranged such that it oscillates in a plane. 10
5. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** all of said primary resonators (10) are arranged such that they oscillate in planes that are parallel to each other or that coincide. 15
6. Isochronous oscillator mechanism (1) according to claim 5, **characterized in that** all of said primary resonators (10) are arranged such that they oscillate in the same plane. 20
7. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** all of said primary resonators (10) are planar. 25
8. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 7, **characterized in that** all of said primary resonators (10) are identical, present in an even number, and arranged symmetrically relative to a plane of symmetry (PS) extending parallel to a transverse direction (Y) perpendicular to said longitudinal direction (X). 30
9. Isochronous oscillator mechanism (1) according to claim 8, **characterized in that** said resilient main connection (3) extends in said transverse direction (Y). 35
10. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 9, **characterized in that** the number of said primary resonators (10) is an even number, and **in that** said flexible elastic strips (61, 62) that they include are straight and aligned in pairs. 40
11. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 10, **characterized in that** the opposite ends (41, 42) of said crosspiece (4) both include rotational abutment means (78) limiting the angular travel of said respective short strip (61, 62). 45
12. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 11, **characterized in that** the opposite ends (41, 42) of said crosspiece (4) both include translational abutment means (78) limiting the movement in said longitudinal direction (X) and in 50

said transverse direction (Y) of the centres of mass (CM) of said respective weights (5).

13. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 12, **characterized in that** the opposite ends (41, 42) of said crosspiece (4) both include translational abutment means (78) limiting the movement in a direction (Z) that is orthogonal to said longitudinal direction (X) and to said transverse direction (Y), of the centres of mass (CM) of said respective weights (5). 5
14. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 13, **characterized in that** said crosspiece (4) carries a pair (51, 52) of said weights (5), mounted in a symmetrical manner on either side of said fixed support (2) and of said first resilient connection (3), said weights (51, 52) extending substantially in a transverse direction (Y) perpendicular to a longitudinal direction (X) along which the centres of mass (CM) of said primary resonators (10) are capable of moving, and forming the side bars of a H, the horizontal bar of which is constituted by said crosspiece (4), each of said weights (51, 52) being mounted so as to oscillate about a virtual pivot axis, the position of which is determined relative to said crosspiece (4) and returned by one said flexible elastic strip (6) which is secured to one end (41, 42) of said crosspiece (4), said flexible strips (6) extending linearly in the extension and on either side of said crosspiece (4). 10
15. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 13, **characterized in that** said crosspiece (4) carries a pair (51, 52) of said weights (5), mounted in a symmetrical manner inside said crosspiece (4), which forms a frame suspended by said first resilient connection (3) from said fixed support (2), said weights (51, 52) extending substantially in a transverse direction (Y) perpendicular to a longitudinal direction (X) along which the centres of mass (CM) of said primary resonators (10) are capable of moving, each of said weights (51, 52) being mounted so as to oscillate about a virtual pivot axis, the position of which is determined relative to said crosspiece (4) and returned by one said flexible elastic strip (6) which is secured to one side of said frame forming said crosspiece (4), said flexible strips (6) extending linearly inside said frame. 15
16. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 15, **characterized in that** said fixed support (2) and said crosspiece (4) are separated by a narrow groove (30) about said resilient main connection (3), which ensures coupling in tuning fork mode, said groove (30) being arranged so as to limit the angular movement of said crosspiece (4), and being filled with a viscous or doughy product, 20

arranged so as to ensure the dissipation of energy in the event of a too great a movement.

17. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 16, **characterized in that** said weights (51, 52) are balances. 5
18. Isochronous oscillator mechanism (1) according to one of claims 1 to 17, **characterized in that** said crosspiece (4) is straight and extends in said longitudinal direction (X). 10
19. Isochronous oscillator mechanism (1) according to claim 14, **characterized in that** said weights (51, 52) are bars including end inertia blocks at the most distant points of the opposite ends (41, 42) of said crosspiece (4), which extends in a longitudinal direction (X) along which the centres of mass (CM) of said primary resonators (10) are capable of moving, said weights (51, 52) essentially extending in a transverse direction (Y) perpendicular to said longitudinal direction (X). 15 20
20. Timepiece movement (100) including at least one isochronous oscillator mechanism (1) according to any of claims 1 to 19. 25
21. Watch (200) including at least one movement (100) according to claim 20. 30

30

35

40

45

50

55

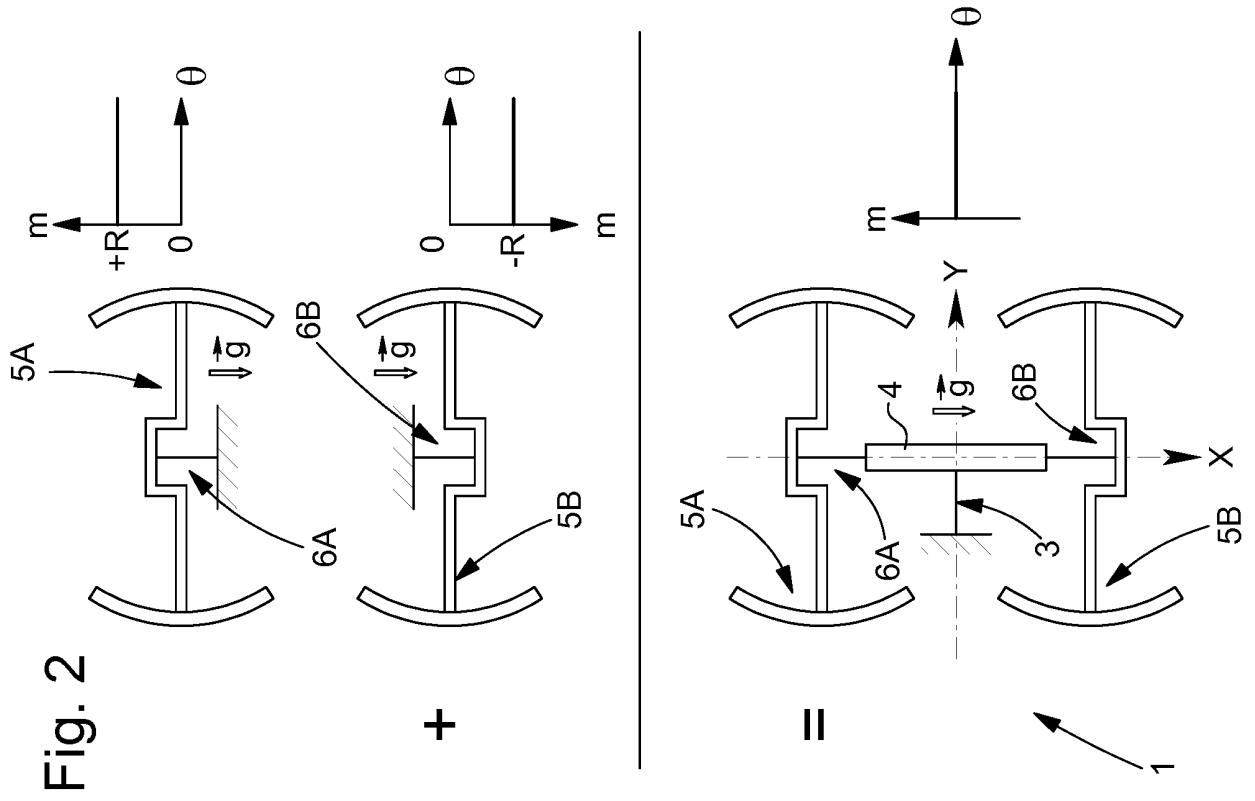
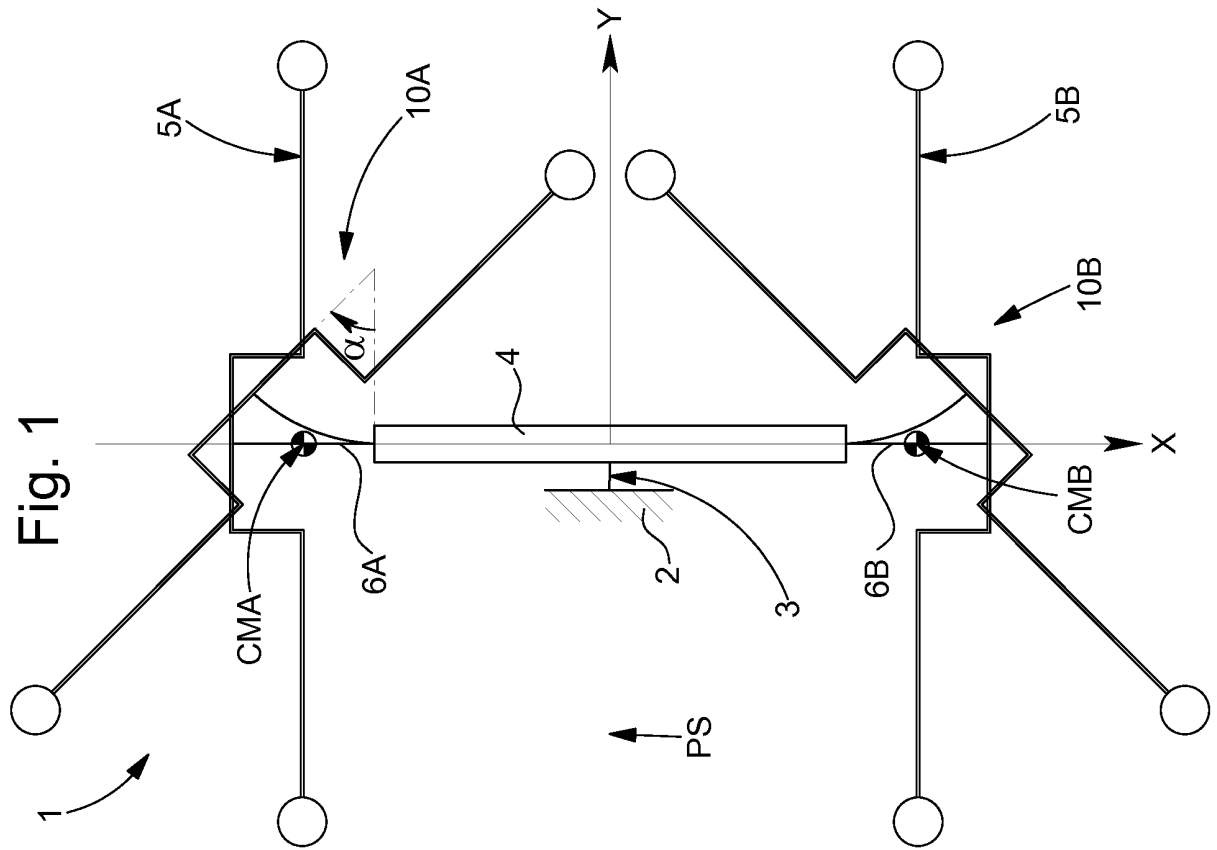
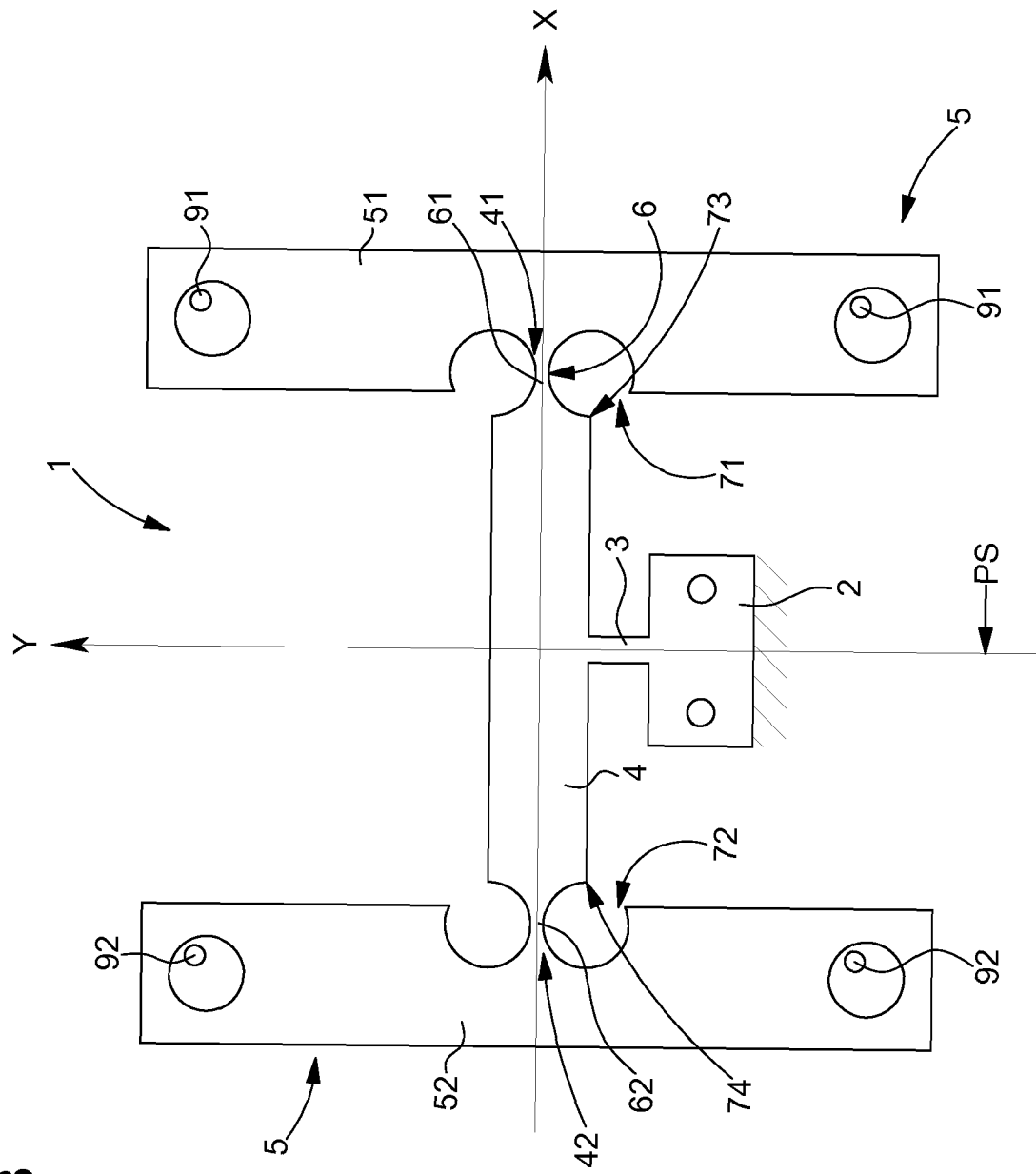


Fig. 3



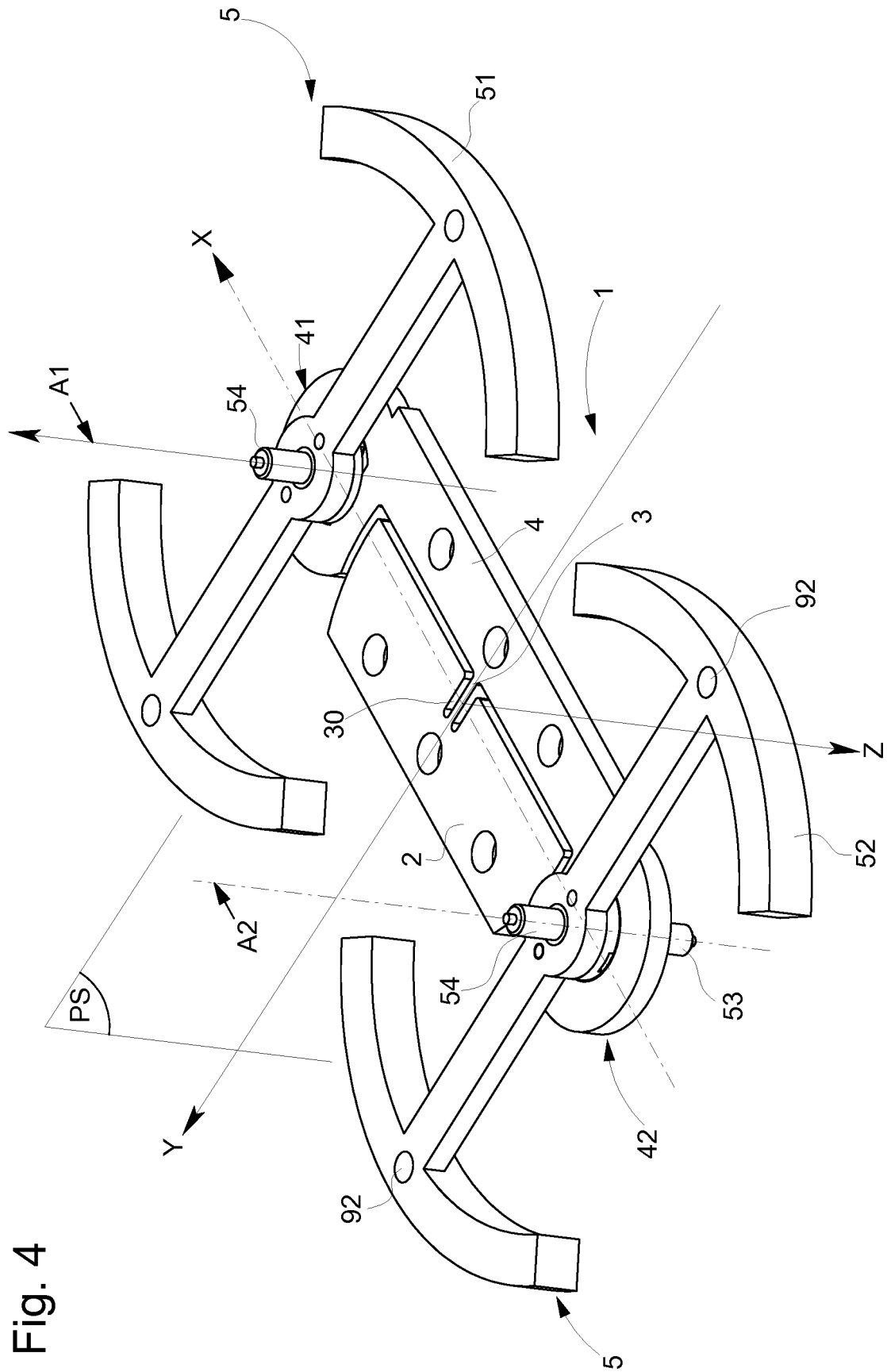


Fig. 4

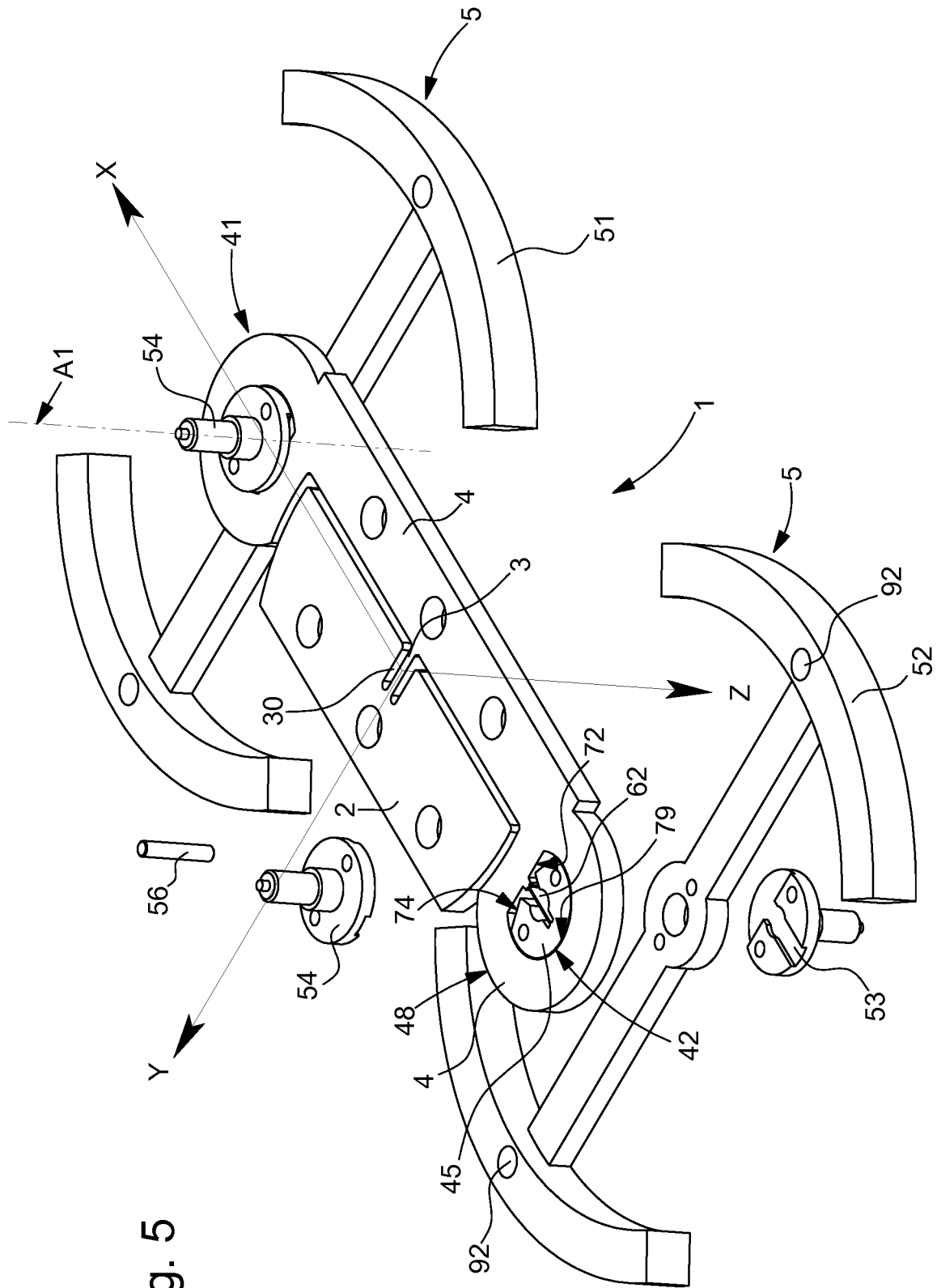
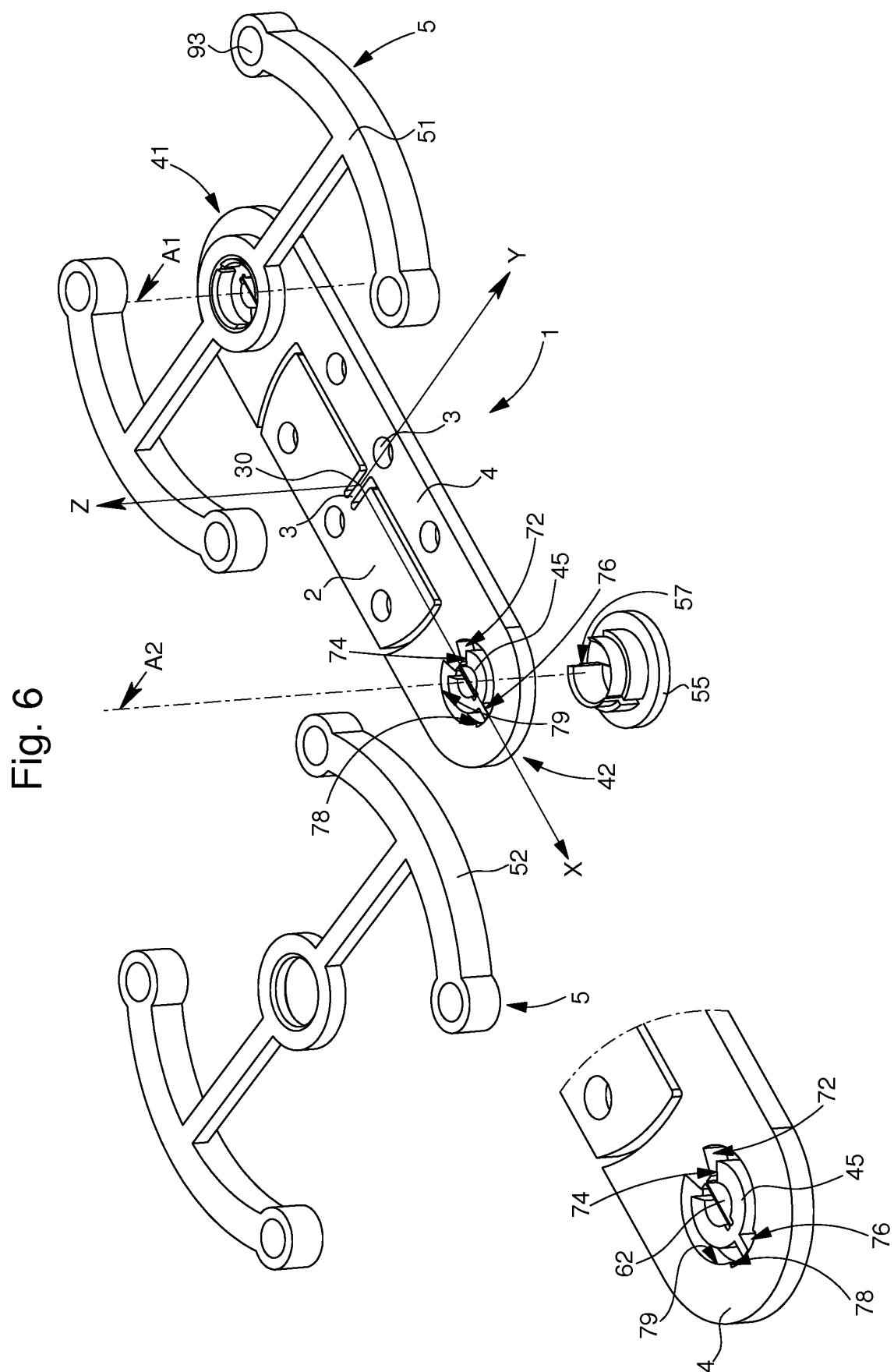
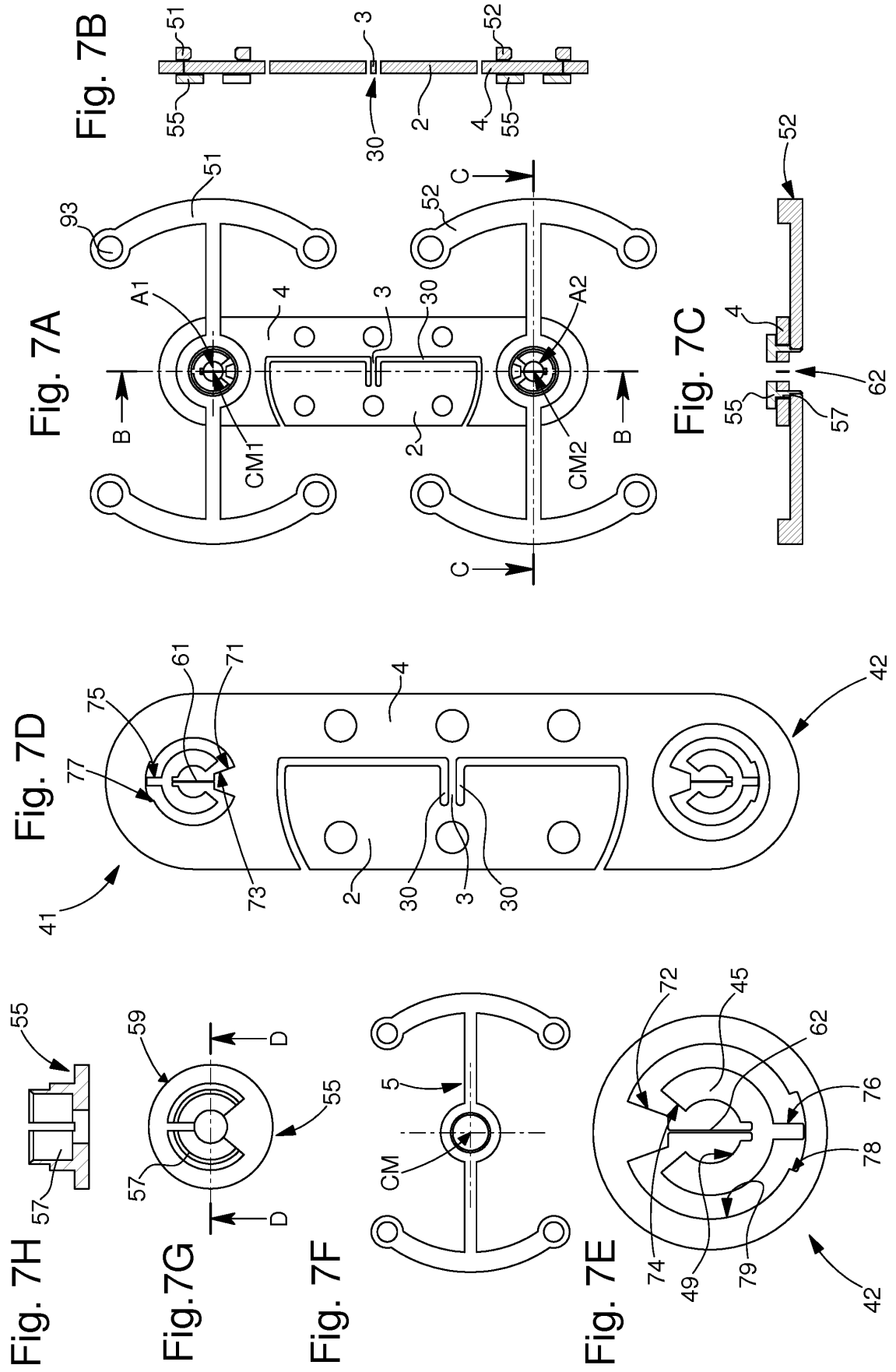


Fig. 5





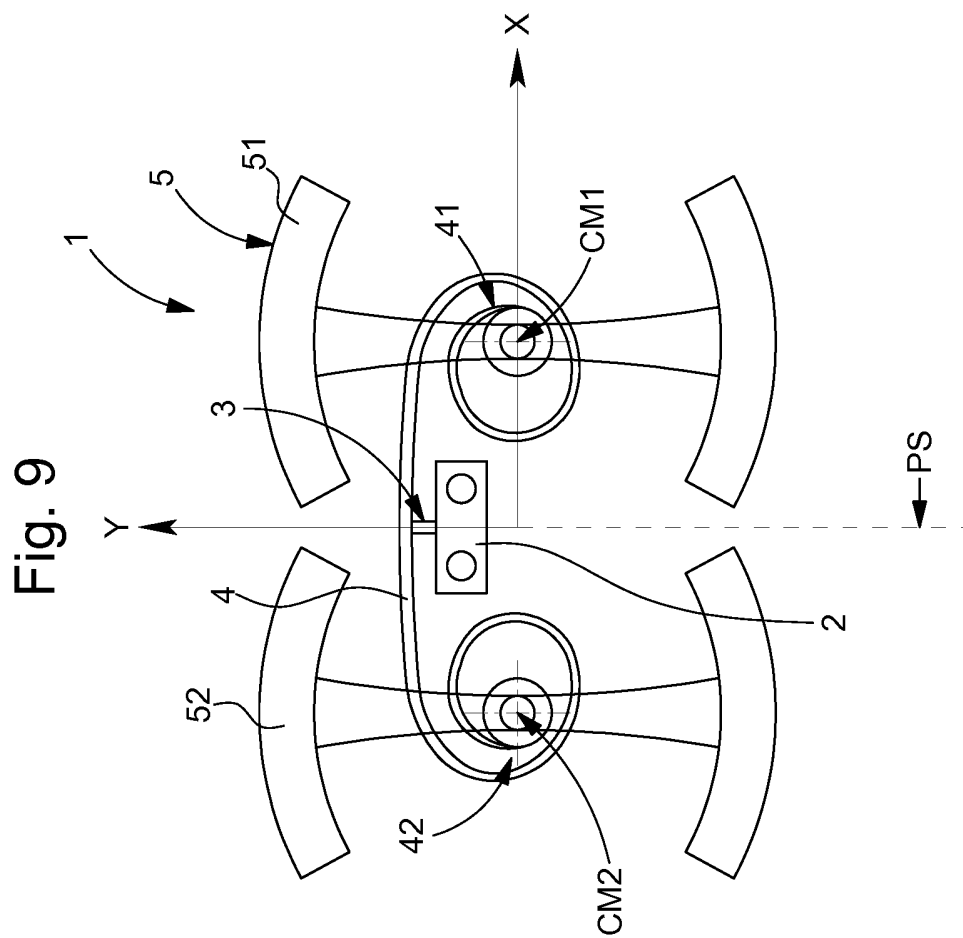


Fig. 9

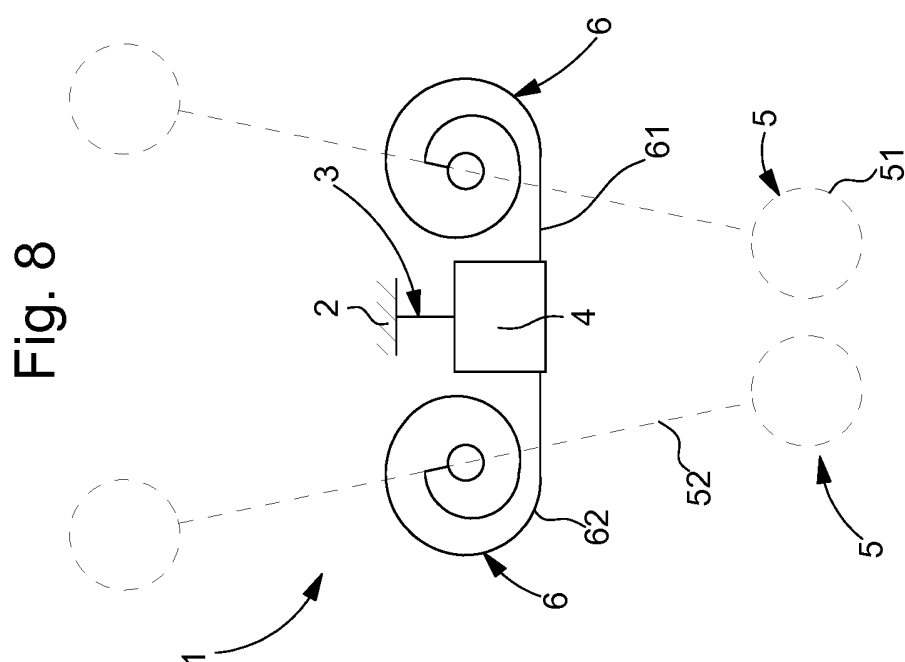
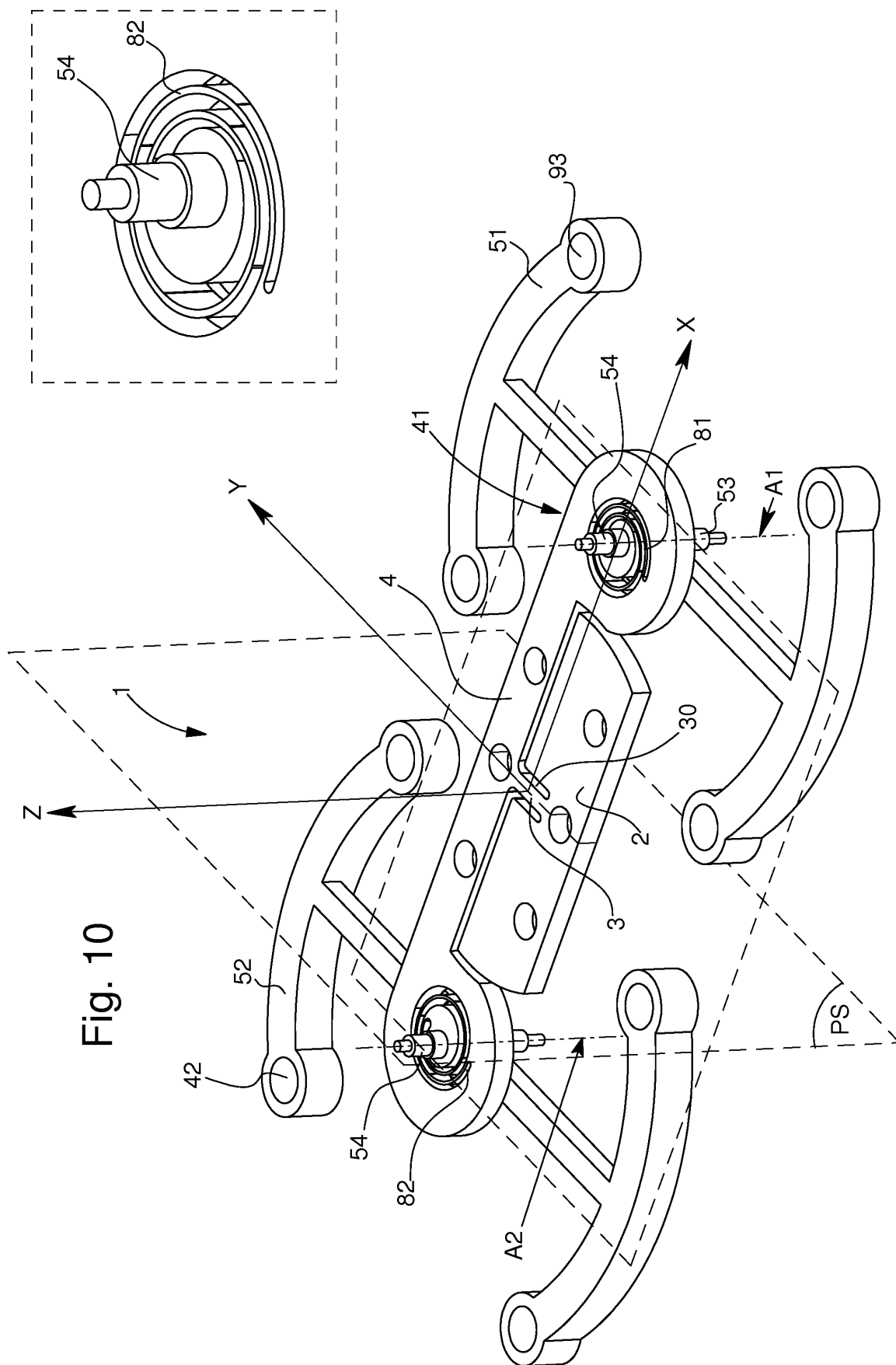


Fig. 8



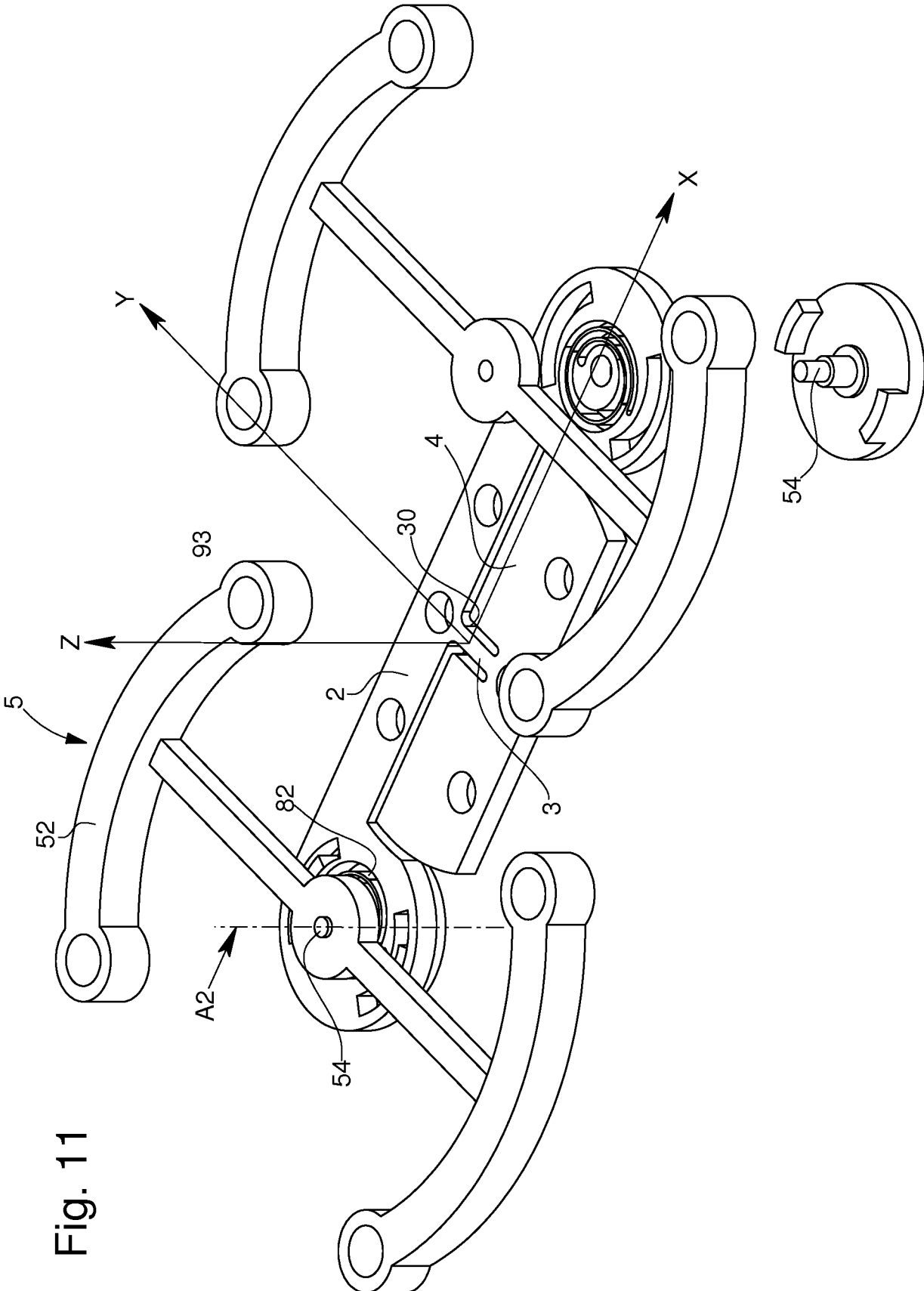


Fig. 11

Fig. 12B

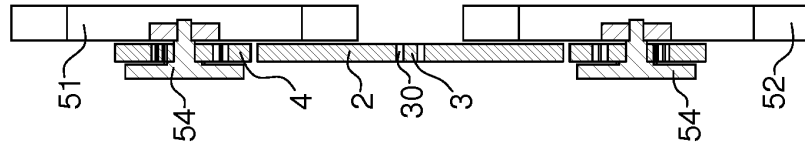


Fig. 12A

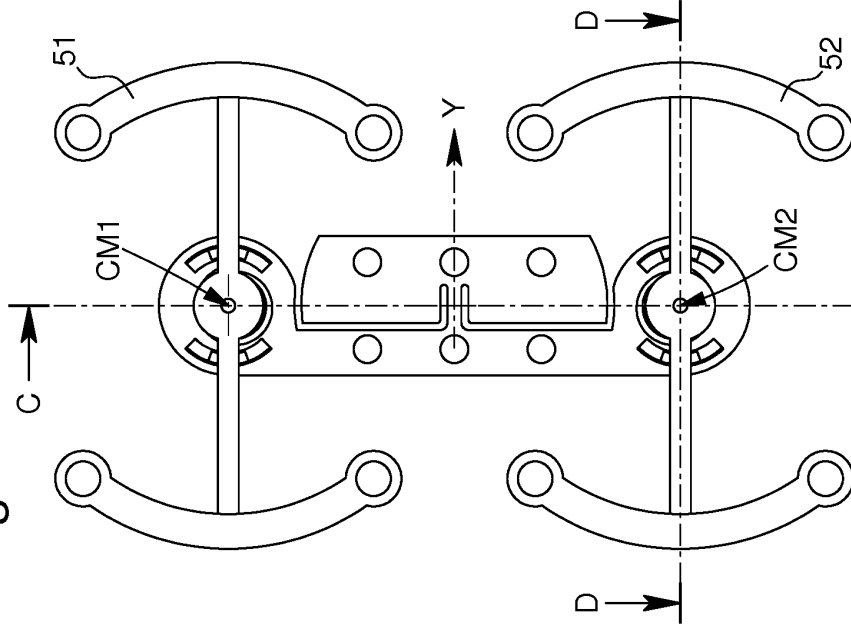


Fig. 12C

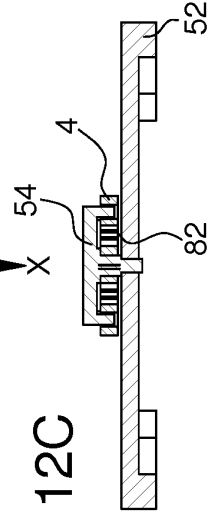


Fig. 12D

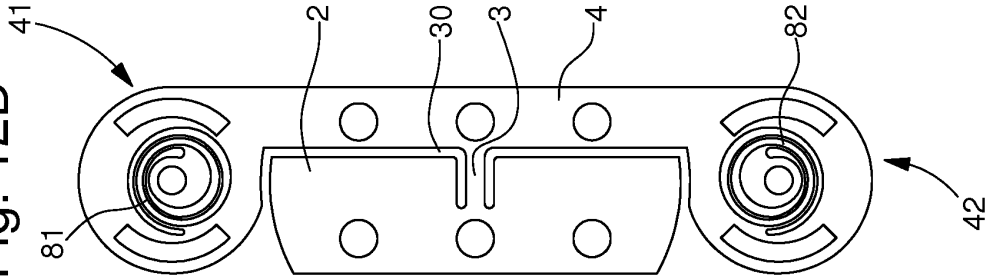


Fig. 12H



Fig. 12G

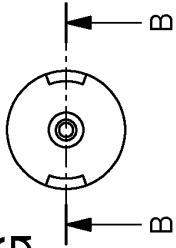


Fig. 12F

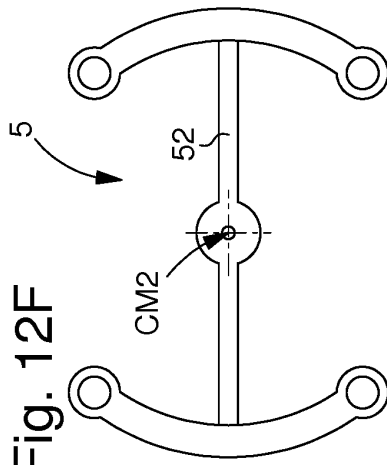


Fig. 12E

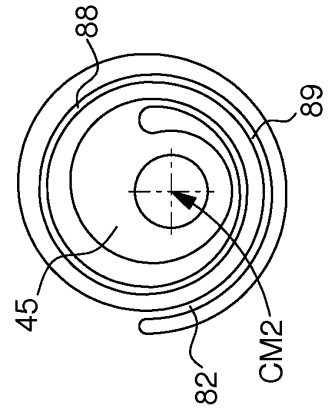


Fig. 13

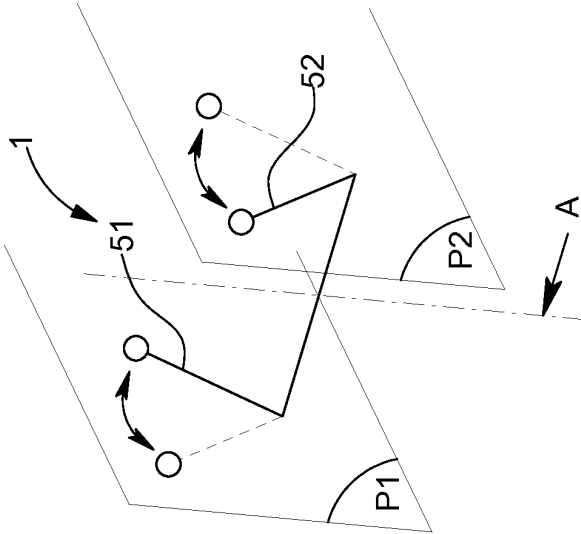


Fig. 15

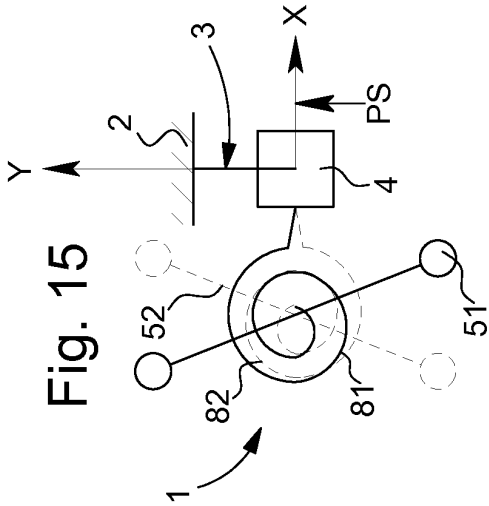


Fig. 17

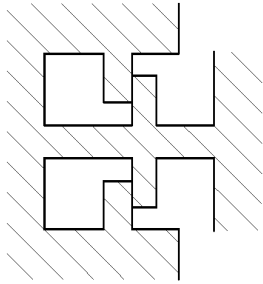


Fig. 18

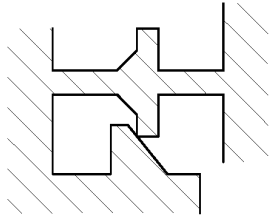


Fig. 16

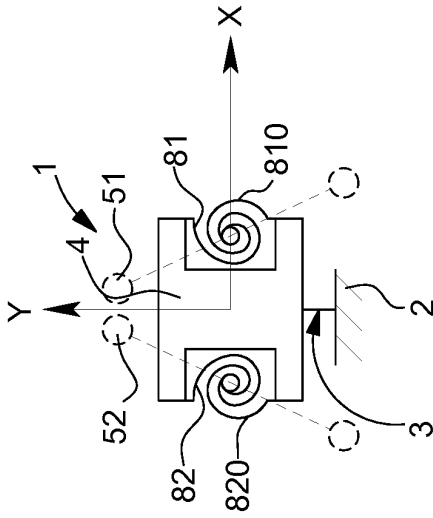


Fig. 22

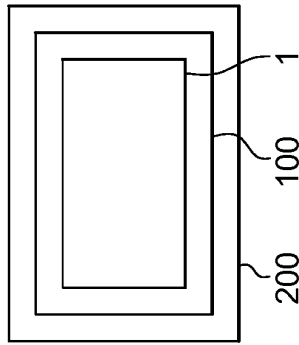
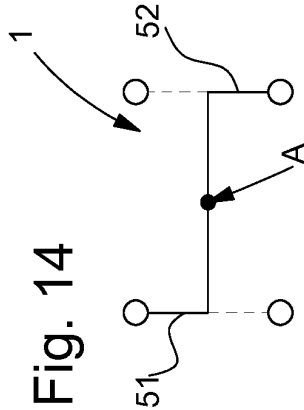
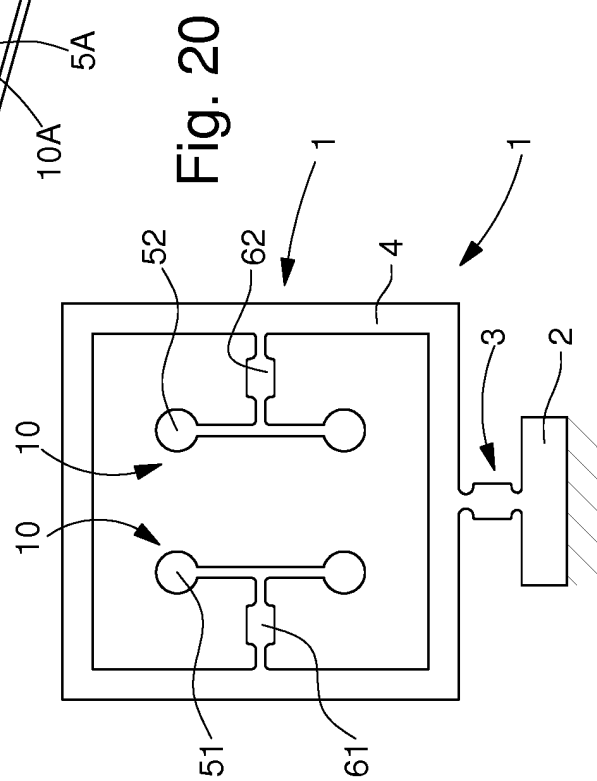
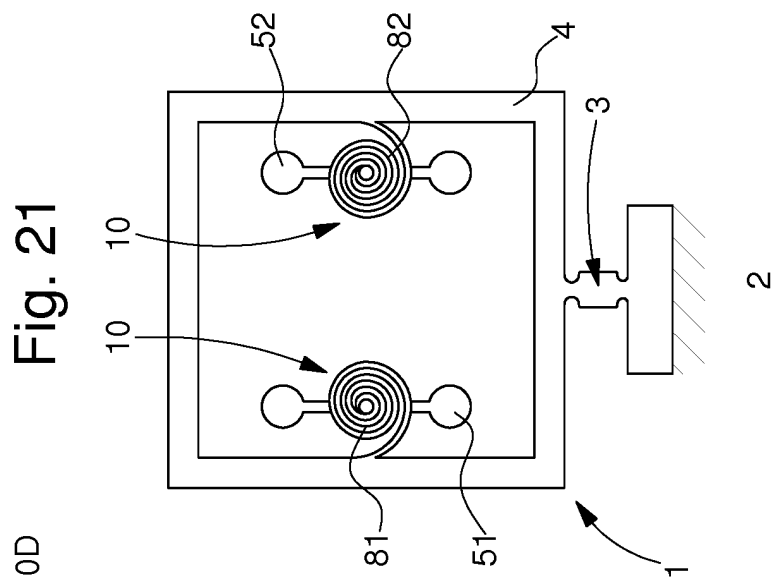
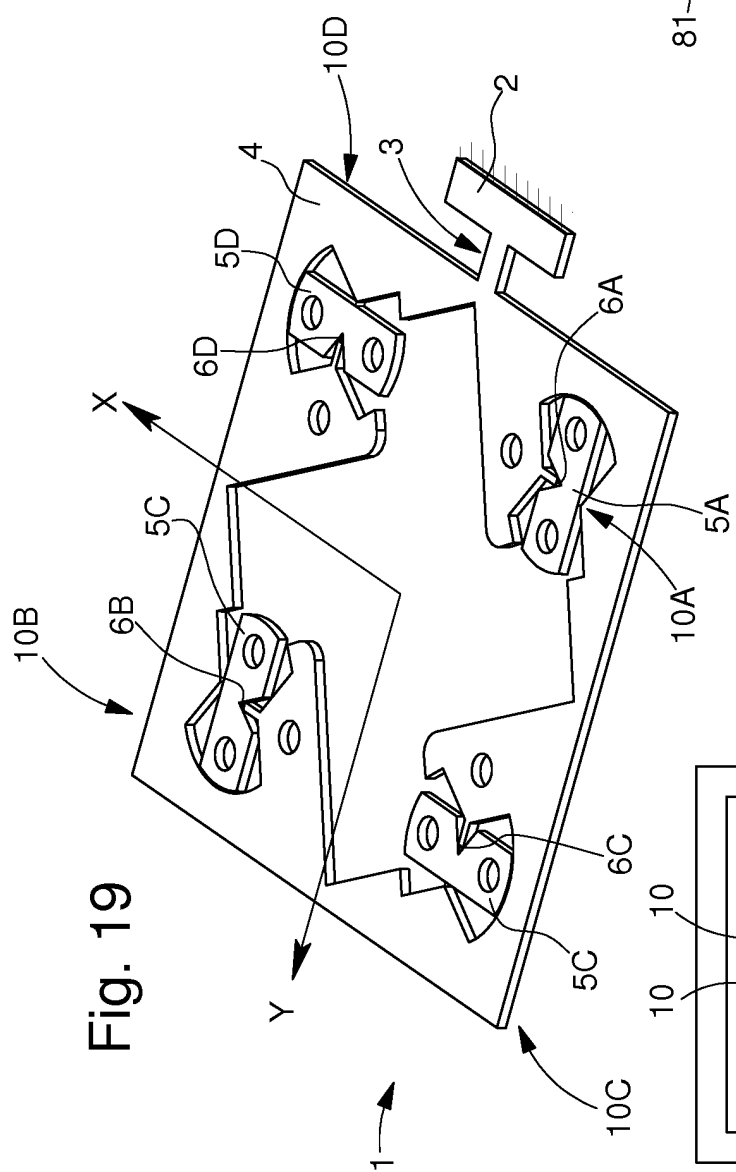


Fig. 14





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

- CH 451021 [0009]
- CH 466993 [0010]
- GB 1293159 A [0011]