



(11) **EP 3 293 584 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
30.03.2022 Bulletin 2022/13

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/04 (2006.01) **G04B 17/06** (2006.01)
G04B 17/08 (2006.01) **G04B 17/28** (2006.01)
G04B 43/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17192071.3**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/08; G04B 17/045; G04B 17/06;
G04B 17/28; G04B 43/002

(22) Date de dépôt: **21.01.2016**

(54) **MECANISME OSCILLATEUR D'HORLOGERIE**
OSZILLATORMECHANISMUS FÜR UHR
CLOCK OSCILLATOR MECHANISM

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

(30) Priorité: **03.02.2015 EP 15153657**

(43) Date de publication de la demande:
14.03.2018 Bulletin 2018/11

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
16152268.5 / 3 054 358

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

(72) Inventeurs:
• **WINKLER, Pascal**
2072 St-Blaise (CH)
• **HELPER, Jean-Luc**
2525 Le Landeron (CH)
• **DI DOMENICO, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)
• **CONUS, Thierry**
2543 Lengnau (CH)
• **BORN, Jean-Jacques**
1110 Morges (CH)

(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(56) Documents cités:
WO-A2-2015/104692 FR-A- 630 831

EP 3 293 584 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 oscillateur horloger comportant une structure ou/et un cadre, et une pluralité de résonateurs primaires distincts, déphasés temporellement et géométriquement, et comportant chacun au moins une masse inertielle rappelée vers ladite structure ou vers ledit cadre par un moyen de rappel élastique, et chacun constitué d'un ou plusieurs résonateurs élémentaires, ledit oscillateur horloger comportant des moyens de couplage agencés pour permettre l'interaction desdits résonateurs, lesdits moyens de couplage comportant un mobile agencé pour être soumis à un couple ou un effort moteur et qui comporte des moyens d'entraînement et de guidage agencés pour entraîner et guider un moyen de commande unique articulé autour d'un premier axe de commande avec une pluralité de moyens de transmission chacun articulé autour d'un deuxième axe d'articulation, à distance dudit moyen de commande, avec une dite masse inertielle d'un dit résonateur primaire, lesdits résonateurs et ledit mobile étant agencés de telle façon que lesdits deuxièmes axes d'articulation de deux quelconques desdits résonateurs et ledit premier axe de commande dudit moyen de commande ne sont jamais coplanaires.

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

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

[0004] L'invention concerne le domaine des oscillateurs d'horlogerie pour montres, notamment pour des mouvements mécaniques.

Arrière-Plan de l'invention

[0005] La plupart des montres mécaniques actuelles comportent un échappement à ancre suisse. Les deux fonctions principales de l'échappement sont:

- l'entretien des va-et-vient du résonateur, constitué par un ensemble balancier-spiral ;
- le comptage de ces va-et-vient.

[0006] En plus de ces deux fonctions, l'échappement doit être robuste, et résister aux chocs, et constitué de façon à éviter de coincer le mouvement (renversement).

[0007] L'échappement à ancre suisse a un rendement énergétique faible, de l'ordre de 30%. Ce faible rendement provient du fait que les mouvements de l'échappement sont saccadés, et du fait que plusieurs pièces se transmettent leur mouvement via des plans inclinés qui frottent les uns par rapport aux autres.

[0008] Le brevet FR 630831 au nom de SCHIEFERS-TEIN décrit un procédé et une disposition pour la transmission de puissance entre des systèmes mécaniques

et pour la commande de systèmes mécaniques

[0009] Les documents WO2015104692 et WO2015104693 au nom de EPFL décrivent chacun un oscillateur harmonique isotrope mécanique qui comprend au moins une liaison à deux degrés de liberté supportant une masse en orbite par rapport à une base fixe ayant des ressorts présentant des propriétés de force de restauration linéaire et isotrope, la masse ayant un mouvement d'inclinaison. L'oscillateur peut être utilisé dans un dispositif de mesure du temps, par exemple une montre.

[0010] Le document CH451021A au nom de EBAUCHES SA décrit un oscillateur symétrique à flexion pour pièce d'horlogerie, notamment pour pièce d'horlogerie électrique, comprenant une partie en U, dont les deux branches, flexibles, constituent deux lames vibrantes, comme dans un diapason. Il présente deux bras rigides, servant de contrepoids, reliés chacun à l'une des branches flexibles, au voisinage de l'extrémité de celle-ci, l'agencement étant tel que, pour chacune des deux parties symétriques de cet oscillateur, le centre instantané de rotation coïncide avec le centre de gravité, le tout de manière que la fréquence de l'oscillateur ne varie pratiquement pas avec ses changements de position dans le champ de gravité.

Résumé de l'invention

[0011] La présente invention a pour objectif de proposer un système d'échappement à haut rendement. On propose également un oscillateur sans pivot et sans réaction au support permettant d'atteindre de très hauts facteurs de qualité.

[0012] Pour atteindre ce but, l'invention consiste dans la mise au point d'une architecture permettant des interactions continues, sans saccades, entre résonateur et roue d'échappement. On doit, pour ce faire, concéder l'utilisation d'au moins un deuxième résonateur déphasé par rapport à un premier résonateur.

[0013] A cet effet, l'invention concerne un oscillateur horloger selon la revendication 1.

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

[0015] L'invention concerne 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 plan, un oscillateur horloger selon une variante qui n'appartient pas à l'objet des revendications annexées, dans une exécution comportant deux réso-

- nateurs primaires chacun constitué d'un résonateur élémentaire unique de type masse-ressort oscillant linéairement et selon des directions différentes, et dont les masses sont articulées à des bielles, lesquelles coopèrent ensemble de façon articulée avec un doigt qui parcourt une rainure d'un mobile soumis à un couple moteur, pour coupler les deux résonateurs primaires ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée et en vue en plan, une variante qui n'appartient pas à l'objet des revendications annexées, où les résonateurs primaires sont chacun constitué d'un résonateur élémentaire rotatif, de type balancier-spiral ;
 - la figure 3 représente, de façon schématisée et en vue en plan, une autre variante qui n'appartient pas à l'objet des revendications annexées, avec deux résonateurs primaires, dont chacun est lui-même constitué d'une paire de résonateurs élémentaires, qui comportent chacun une masse élémentaire portée par une lame flexible élastique élémentaire sous forme de spirale, constituant un moyen de rappel élastique, et qui est agencée pour travailler en flexion, et qui est encastrée dans une traverse ; chaque résonateur primaire forme ainsi, par la combinaison de ces deux résonateurs élémentaires, un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en cornes de bouc ;
 - la figure 4 représente, de façon schématisée et en perspective, un détail de l'articulation des bielles des figures 1 à 3 ;
 - la figure 5 représente, de façon similaire, une structure similaire à celle de la figure 3, où les lames flexibles élastiques ne sont plus constituées par des spirales, mais par des lames droites et courtes, disposées de part et d'autre d'une traverse avec laquelle elle forment la barre horizontale d'un H dont les masses forment les barres verticales ; chaque résonateur primaire forme ainsi, par la combinaison de ses deux résonateurs élémentaires, un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en H ; cette figure 5 montre des moyens de transmission constitués par des lames flexibles, en remplacement des bielles des figures précédentes ;
 - les figures 6 et 7 représentent, de façon schématisée et en perspective, des variantes où les bielles sont des poutres comportant des cols aux deux extrémités en lieu et place des moyeux, la figure 6 illustre un cas de couplage de deux résonateurs primaires, la figure 7 illustre un cas de couplage de trois tels résonateurs ;
 - la figure 8 représente, de façon schématisée et en perspective, un oscillateur horloger comportant trois résonateurs primaires, chacun constitué d'un résonateur élémentaire unique, disposés en triangle autour de leur moyen de commande commun ; cette figure montre l'application du couplage de la figure 7 aux masses inertielles des trois résonateurs ;
 - la figure 9 représente, de façon similaire à la figure 8, un oscillateur horloger comportant quatre résonateurs ;
 - la figure 10 représente, de façon schématisée et en perspective, une variante où un moyen de rappel élastique constitue également un guidage rotatif, un moyen de transmission est constitué par une lame flexible, dans la configuration de la figure 9 ; cette figure montre également des butées angulaires et des butées antichoc, ménagées sur un ensemble monolithique regroupant un cadre, des lames flexibles courtes, les masses inertielles, les moyens de transmission et l'interface avec des moyens de commande ;
 - la figure 11 représente, de façon schématisée et en vue en plan, une variante selon l'invention où le mobile comporte une structure élastique déformable, formant un guidage souple radialement et rigide tangentielllement, comportant un logement de réception d'un doigt du moyen de commande, à l'articulation principale, la structure déformable étant représentée en deux positions extrêmes ;
 - la figure 12 représente, de façon schématisée et en perspective, l'extrapolation de l'ensemble monolithique de la figure 10 pour un mécanisme comportant quatre masses inertielles ; cet ensemble est élargi, et comporte encore la structure porteuse, et une liaison élastique principale de suspension du cadre à cette structure ;
 - la figure 13 représente l'ensemble de la figure 10 dans un champ de gravitation ;
 - la figure 14 est un schéma-blocs représentant une montre comportant un mouvement qui intègre un oscillateur horloger selon l'invention.
- Description détaillée des modes de réalisation préférés**
- [0017]** L'invention concerne une montre mécanique 200 munie de résonateurs équilibrés, déphasés et entretenus de manière continue.
- [0018]** L'invention concerne un oscillateur horloger 1 comportant une structure 2 ou/et un cadre 4, et une pluralité de résonateurs primaires 10 distincts.
- [0019]** Ces résonateurs primaires 10 sont déphasés temporellement et géométriquement. Ils comportent chacun au moins une masse inertielle 5, qui est rappelée vers la structure 2, ou le cadre 4, par un moyen de rappel élastique 6. On entend en effet par « résonateurs distincts » le fait que chaque résonateur primaire 10 possède sa propre masse inertielle 5 et son propre moyen de rappel élastique 6, notamment un ressort.
- [0020]** Selon l'invention, cet oscillateur horloger 1 comporte des moyens de couplage 11, qui sont agencés pour permettre l'interaction des résonateurs primaires 10, et qui comportent un mobile 13, qui est agencé pour être soumis à un effort ou/et à un couple moteur. Ces moyens de couplage 11 comportent des moyens moteurs 12, agencés pour entraîner un tel mobile 13. Plus particulièrement, des moyens moteurs 12 sont agencés pour en-

traîner en mouvement ce mobile 13. Ce mobile 13 comporte des moyens d'entraînement et de guidage 14, qui sont agencés pour entraîner et guider, de préférence de façon prisonnière, un moyen de commande 15 mécanique. Ce moyen de commande 15 est articulé autour d'un premier axe de commande avec une pluralité de moyens de transmission 16, chacun articulé autour d'un deuxième axe d'articulation, à distance du moyen de commande 15, avec une masse inertielle 5 d'un résonateur primaire 10.

[0021] De préférence, les résonateurs primaires 10 oscillent autour d'axes parallèles entre eux.

[0022] L'invention s'attache à effectuer une compensation des efforts aux encastrements, aussi bien en translation qu'en rotation, contrairement à l'art antérieur connu, qui n'effectue qu'une compensation en translation.

[0023] La compensation en rotation est une caractéristique importante de l'invention, elle permet à l'oscillateur de vibrer plus longtemps, et d'avoir un meilleur facteur qualité. De plus, la sensibilité aux chocs est moindre.

[0024] Bien sûr, le fait d'annuler les réactions aux encastrements n'est pas indispensable pour le fonctionnement de l'oscillateur, mais il représente une caractéristique très avantageuse car cette disposition améliore très sensiblement la sensibilité aux petits chocs.

[0025] Selon l'invention, les résonateurs primaires 10 et le mobile 13 sont agencés de telle façon que les deuxièmes axes d'articulation de deux quelconques des résonateurs primaires 10, et le premier axe de commande du moyen de commande 15, ne sont jamais coplanaires. En d'autres termes, les projections de ces axes selon un plan perpendiculaire commun ne sont jamais alignées. On comprend que les axes d'articulation peuvent, dans certaines réalisations, être des axes de pivots virtuels.

[0026] Dans les variantes non limitatives de réalisation illustrées aux figures 1 à 9, le mobile 13 est soumis à un mouvement de rotation; plus particulièrement, les moyens moteurs 12 sont agencés pour entraîner le mobile 13 selon un mouvement de rotation autour d'un axe de rotation A.

[0027] Dans des variantes qui n'appartiennent pas à l'objet des revendications annexées, les moyens d'entraînement et de guidage 14 sont constitués par une rainure 140 dans laquelle coulisse un doigt 150 que comporte le moyen de commande 15. Ladite rainure 140 peut être sensiblement radiale par rapport à l'axe de rotation A du mobile 13.

[0028] On comprend que le mobile 13 se substitue à une roue d'échappement classique, et est préférentiellement en aval d'un rouage de finissage alimenté par un barillet ou similaire.

[0029] Les moyens de transmission 16 peuvent en particulier être réalisés sous la forme de bielles 160, comportant chacune une première articulation 161 avec le moyen de commande 15, et une deuxième articulation 162 avec la masse inertielle 5 considérée. La première

articulation 161 et la deuxième articulation 162 définissent ensemble une direction de bielle. Selon l'invention, toutes les directions de bielle font deux à deux, à tout instant, un angle différent de zéro ou π . Autrement formulé, le produit vectoriel des deux directions de bielles est différent de zéro.

[0030] Dans une application particulière, les moyens de transmission 16 sont des bielles 160 non colinéaires. Le mobile 13, soumis à un couple moteur, et les moyens de couplage 11 ont une géométrie d'interaction, qui permet de transmettre essentiellement des forces tangentielles à ces bielles 160.

[0031] On appelle ci-après résonateurs élémentaires des résonateurs constituant ensemble un résonateur primaire: ils sont montés en diapason, de telle façon que les réactions et les erreurs s'annulent. Quand un nombre n de résonateurs élémentaires constituent ensemble un résonateur primaire, ils sont déphasés entre eux de $2\pi/n$.

[0032] La figure 1 illustre un cas général de deux résonateurs primaires, chacun constitué d'un résonateur élémentaire unique, 10A et 10B, de type masse-ressort oscillant linéairement et selon des directions différentes, et dont les masses 5A et 5B sont articulées à des bielles 16A et 16B, lesquelles coopèrent ensemble de façon articulée avec un doigt 150, qui constitue le moyen de commande 15, qui parcourt une rainure 140 d'une roue constituant le mobile 13, les moyens moteurs étant représentés en figure 4 qui montre un détail au niveau de l'articulation des bielles sur le moyen de commande 15.

[0033] Dans une application particulière préférée, mais non limitative, et illustrée par les figures, les résonateurs primaires 10 sont des résonateurs rotatifs. On entend par là qu'au moins un mobile du résonateur primaire a une amplitude d'oscillation importante, de préférence supérieure à 180° et avantageusement supérieure à 270° . On distingue un tel résonateur rotatif d'un résonateur angulaire avec des lames encastrées en porte-à-faux connu de l'art antérieur FR 630831, où l'oscillation d'une lame est limitée à un angle faible, de l'ordre de 30° .

[0034] Ces résonateurs primaires 10 rotatifs sont peu sensibles aux chocs en translation, et aux problèmes de positionnement, contrairement aux résonateurs linéaires et angulaires.

[0035] La figure 2 illustre un tel exemple, où les résonateurs primaires 10A, 10B, sont des ensembles balancier-spiral, où les spiraux 6A, 6B sont attachés au niveau de leur spire externe à la structure 2, et au niveau de leur spire interne aux balanciers 5A, 5B, lesquels sont articulés avec des extrémités 162A, 162B, de bielles 16A, 16B, agencées de façon similaire à celles de la figure 1.

[0036] Pour obtenir un meilleur facteur de qualité, l'oscillateur 1 est agencé de façon à ce que les forces et les couples de réactions de l'ensemble des résonateurs primaires 10 sur le support 2 (ou sur le cadre 4 s'ils sont tous fixés sur un tel cadre) s'annulent de façon approximative. Les forces s'annulent de façon approximative parce que le centre de masse ne bouge pas, ou très peu,

quand l'axe de rotation passe par le centre de masse. Le centre de masse est sensiblement confondu avec le centre de rotation, c'est-à-dire avec un écart de position de seulement quelques micromètres ou dizaines de micromètres. Les couples s'annulent de façon approximative car chaque composant en rotation est compensé par un autre composant en rotation inverse. Le couplage entre les résonateurs peut se faire via un encastrement flexible comme dans un diapason ou via les bielles 160, ou, plus généralement, les moyens de transmission 16. Le couplage des résonateurs primaires 10 les uns par rapport aux autres se fait alors par un encastrement flexible de chacun des résonateurs primaires 10 par rapport à la structure commune 2 ou au cadre 4.

[0037] Ainsi, de préférence, la résultante des efforts et couples de réaction des résonateurs primaires 10 par rapport à la structure commune 2 ou au cadre 4, à laquelle ou auquel ils sont fixés, est nulle, grâce à l'agencement déphasé des n résonateurs primaires 10, en particulier rotatifs.

[0038] Pour un fonctionnement optimal, les résonateurs primaires rotatifs 10 sont agencés de façon à ce que leurs centres de masse restent approximativement en position fixe, au moins lors des oscillations normales de ces résonateurs primaires 10. L'oscillateur horloger 1 comporte de préférence des moyens de butée pour limiter leur course en cas de choc ou similaire.

[0039] De préférence, ces résonateurs primaires 10 ont au moins un mode de résonance sensiblement identique, ils sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur $2\pi/n$, où n est leur nombre, et ils 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 structure 2, ou sur un cadre 4 qui les supporte, est nulle.

[0040] Par « mode de résonance sensiblement identique », on entend que ces résonateurs primaires 10 ont sensiblement la même amplitude, sensiblement la même inertie, et sensiblement la même fréquence propre. Le plus important est ce déphasage temporel de $2\pi/n$. Dans une application particulière, tel que visible sur les figures, les résonateurs primaires 10 sont en nombre pair, et ils constituent deux à deux des paires dans lesquelles les masses inertielles 5 sont en mouvement déphasé de π l'un par rapport à l'autre.

[0041] Dans un agencement particulier, tel que visible sur les figures 3 et 5, au moins un des résonateurs primaires 10 est constitué d'une pluralité de n résonateurs élémentaires 810. Ces résonateurs élémentaires 810 comportent chacun au moins une masse élémentaire portée par une lame flexible élastique élémentaire, constituant un moyen de rappel élastique, et qui est agencée pour travailler en flexion, et qui est encastrée dans une traverse élémentaire.

[0042] Ces résonateurs élémentaires 810 ont au moins un mode de résonance sensiblement identique, et sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur $2\pi/n$, où n est le nombre des résonateurs

élémentaires 810. Ils sont agencés selon une symétrie dans l'espace, telle que la résultante des efforts et des couples appliqués par les résonateurs élémentaires 810 sur la traverse élémentaire est nulle.

[0043] Cette traverse élémentaire est fixée au support fixe 2 par une liaison élastique principale élémentaire, dont la rigidité est supérieure à la rigidité de chaque lame flexible élastique élémentaire, et dont l'amortissement est supérieur à l'amortissement de chaque lame flexible élémentaire. Et les résonateurs élémentaires 810 sont agencés dans l'espace de manière à ce que la résultante de leurs erreurs de marche dues à la gravitation soit nulle.

[0044] Plus particulièrement, au moins un des résonateurs primaires 10 est constitué d'une paire de tels résonateurs élémentaires 810. Dans cette paire, les masses inertielles élémentaires sont en mouvement déphasé de π l'un par rapport à l'autre.

[0045] Plus particulièrement encore, cette paire est constituée de résonateurs élémentaires 810 identiques, qui sont en opposition géométrique et de phase l'un par rapport à l'autre.

[0046] Dans le cas particulier des figures 3 et 5, chaque résonateur primaire 10 est constitué d'une telle paire de résonateurs élémentaires 810.

[0047] Dans la variante de la figure 3, chaque résonateur primaire 10A, 10B, forme ainsi, par la combinaison de deux résonateurs élémentaires 8101, 8102, respectivement 8103, 8104, un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en cornes de bouc. Une traverse 40A, respectivement 40B, est fixée au support fixe 2 par une liaison élastique principale 3A, respectivement 3B, dont la rigidité est supérieure à la rigidité de chaque lame flexible élastique 61A, 62A, respectivement 61B, 62B. Et l'amortissement de cette liaison élastique principal est supérieur à celui de chaque lame flexible. Ces caractéristiques assurent un couplage entre les résonateurs élémentaires 8101 et 8102, respectivement 8103 et 8104.

[0048] Dans cette variante, chaque résonateur primaire 10 est équilibré pour lui-même, en translation et en rotation.

[0049] Pour chaque résonateur primaire 10A, 10B, au moins la liaison élastique principale 3A, respectivement 3B, la traverse 40A, respectivement 40B, les lames flexibles élastiques 61A, 62A, respectivement 61B, 62B, forment ensemble une structure monolithique primaire plane, en matériau micro-usinable, tel que 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. Avantagusement, le support fixe 2 forme un ensemble monolithique avec ces deux structures monolithiques primaires. Par « structure plane », on entend que cette structure monolithique est un prisme droit, réalisé par élévation d'un contour à deux dimensions, le long d'une direction d'élongation, et délimité par deux plans de bout parallèles entre eux et perpendiculaires à cette direction d'élongation du prisme.

[0050] Si, dans une réalisation particulière, la structure

monolithique a une épaisseur constante définie par l'écartement de ces deux plans de bout, et a de ce fait un seul niveau, dans certaines variantes certaines zones, notamment des lames flexibles de la structure monolithique, peuvent n'occuper qu'une partie de cette épaisseur.

[0051] Une telle réalisation monolithique, particulièrement avantageuse, est applicable aux différentes variantes non limitatives de l'invention illustrées dans la présente description. Dans une première variante, la structure monolithique est élaborée par un procédé de croissance, de type « MEMS », « LIGA », ou similaire.

[0052] Dans une autre variante, la structure monolithique est élaborée par découpe d'une plaque, par exemple par électro-érosion au fil ou/et enfonçage.

[0053] La traverse 40A, respectivement 40B, porte une paire de masses 5, repérées 51A et 52 A, respectivement 51B et 52 B, montées de façon symétrique de part et d'autre du support fixe 2 et de la liaison élastique principale 3A, respectivement 3B. Chacune de ces masses est montée de façon oscillante et rappelée par une lame flexible élastique 61A, 62A, respectivement 61B, 62B, qui est un spiral, ou encore un assemblage de spiraux. Ces spiraux sont, chacun, lié directement ou indirectement à une masse au niveau de leur spire interne, et attachés à la traverse 40A, respectivement 40B, par sa spire externe. Chaque masse pivote autour d'un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à la traverse 40A, respectivement 40B. Chaque axe de pivotement virtuel est, en position de repos du mécanisme oscillateur isochrone 1, confondu avec le centre de masse, de la masse respective. Les masses s'étendent sensiblement parallèlement l'une à l'autre en position au repos, selon une direction transversale. Pour limiter le déplacement des centres de masse à une course transversale par rapport à la traverse 4, aussi réduite que possible dans cette direction transversale Y, et à une course longitudinale selon une direction longitudinale (perpendiculaire à cette direction transversale) qui est supérieure à cette course transversale, chaque spiral est à section ou courbure variable le long de son développement.

[0054] La variante de la figure 5, est une structure similaire à celle de la figure 3, où chaque résonateur primaire 10A, 10B, forme, par la combinaison de deux résonateurs élémentaires 8101, 8102, respectivement 8103, 8104, un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en H. Les lames flexibles élastiques 6 : 61A, 62A, respectivement 61B, 62B, ne sont plus constituées par des spiraux, mais par des lames droites et courtes. On appelle ici « lame courte » une lame d'une longueur inférieure à la plus petite valeur entre quatre fois sa hauteur ou trente fois son épaisseur, cette caractéristique de lame courte permettant de limiter les déplacements du centre de masse concerné. Ces lames courtes sont ici disposées de part et d'autre d'une traverse 40A, respectivement 40B, avec laquelle elle forment la barre horizontale d'un H dont les masses forment les barres verticales. Du fait de la symétrie, et de l'alignement, la disposition longitudinale des lames flexibles élastiques per-

met de compenser la direction de plus grand déplacement des centres de masse, qui se déplacent de façon symétrique par rapport au plan de symétrie.

[0055] Chaque résonateur primaire 10A, 10B, ainsi rendu isochrone par l'une de ces combinaisons particulières de résonateurs élémentaires, comporte avantageusement des butées en rotation, ou/et des butées de limitation de translation selon les directions longitudinale et transversale, ou/et des butées de limitation en translation selon une direction perpendiculaire aux deux précédentes. Ces moyens de limitation de course peuvent être intégrés, faire partie d'une construction monobloc, ou/et être rapportés. Les masses comportent, avantageusement, des moyens de butée agencés pour coopérer avec des moyens de butée complémentaire que comportent les traverses 40A, 40B, pour limiter le déplacement des lames flexibles élastiques par rapport à ces traverses, en cas de chocs ou d'accéléérations similaires.

[0056] La figure 5 illustre également une variante avantageuse où les moyens de transmission 16A, 16B, sont des lames flexibles élastiques. Il est, alors, possible de réaliser un ensemble monolithique comportant la structure 2, les résonateurs primaires 10 tels que décrits ci-dessus, notamment complets, et ces lames flexibles élastiques, et le doigt 150.

[0057] Les figures 6 et 7 illustrent des variantes où les bielles sont des poutres comportant des cols aux deux extrémités en lieu et place des moyeux. La figure 6 illustre un cas de couplage de deux résonateurs primaires, la figure 7 de trois tels résonateurs. Les moyens de transmission 16 comportent, ainsi, au moins une bielle monolithique agencée pour coopérer à la fois avec le moyen de commande 15 et avec au moins deux masses inertielles 5 d'autant de résonateurs primaires 10, et comportent au moins un col flexible au niveau de chaque zone d'articulation.

[0058] Les figures 1, 2, 3, et 5 illustrent un oscillateur horloger 1 comportant deux résonateurs primaires 10.

[0059] Dans une réalisation particulière, l'oscillateur horloger 1 comporte au moins trois résonateurs primaires 10.

[0060] La figure 8 illustre un oscillateur horloger 1 comportant trois résonateurs primaires 10. Cette figure montre l'application du couplage de la figure 7 aux masses inertielles 5A, 5B, 5C, des trois résonateurs primaires 10A, 10B, 10C.

[0061] La figure 9 illustre un oscillateur horloger 1 comportant quatre résonateurs. Ces quatre résonateurs peuvent être quatre résonateurs primaires 10. Ils peuvent aussi être quatre résonateurs élémentaires, constituant deux à deux des résonateurs primaires: l'un composé des résonateurs élémentaires 10A et 10C, déphasés de π , l'autre des résonateurs élémentaires 10B et 10D, également déphasés de π .

[0062] Pour les réalisations de ces figures 8 et 9, chaque résonateur pris isolément a une réaction à l'encastrement, et c'est la juxtaposition et la combinaison judicieuse des « n » résonateurs compense l'ensemble des

réactions.

[0063] En somme, l'invention couvre l'ensemble des combinaisons entre des résonateurs primaires qui sont :

- ou bien chacun équilibré, ou bien équilibrés collectivement du fait de leur agencement particulier,
- équilibrés en translation ou/et en rotation.

[0064] Les figures 10, 12, et 13 illustrent une variante où au moins un moyen de rappel élastique 6 constitue également un guidage rotatif, ce qui permet d'éviter les frottements inhérents à l'utilisation de pivots.

[0065] La figure 10 montre un moyen de transmission 16 constitué par une lame flexible, dans la configuration de la figure 9. Cette figure montre également des butées angulaires : 71, 72, 710, 720, 76 sur la masse 5, les surfaces de butée complémentaires respectives 73, 74, 730, 740, 77 au niveau du cadre 4 sur lequel est attachée une lame flexible courte 6, et une surface de butée antichoc 75 sur la masse 5, agencée pour coopérer avec une surface complémentaire 750 au niveau du cadre 4. Ces antichocs intégrés sont particulièrement avantageux, et ne nécessitent aucun réglage.

[0066] Dans les variantes illustrées, selon l'invention, le mobile 13 est soumis à un mouvement de rotation ; plus particulièrement, les moyens moteurs 12 sont agencés pour entraîner le mobile 13 selon un mouvement de rotation, et le mobile 13 et les moyens d'entraînement et de guidage 14 sont agencés pour appliquer au moyen de commande 15 un effort essentiellement tangentiel par rapport à la rotation du mobile 13.

[0067] La figure 11 illustre une variante selon l'invention où le mobile 13 comporte une structure élastique 130 déformable, formant un guidage souple radialement et rigide tangentiellement, cette structure déformable 130 comporte un logement 140 pour coopérer avec le doigt 150 du moyen de commande 15, à l'articulation principale.

[0068] Dans les différentes variantes décrites ici, de préférence les moyens de rappel élastique 6 des résonateurs primaires 10 comportent des lames flexibles, et les résonateurs primaires 10 et/ou la structure commune 2, ou/et le cadre 4, comportent des butées radiales et/ou angulaires et/ou axiales agencées pour limiter les déformations des lames flexibles et pour éviter les ruptures en cas de chocs ou de couple moteur trop élevé.

[0069] Dans une réalisation avantageuse, tel que visible notamment sur les figures 12 et 13, l'oscillateur horloger 1 comporte une structure monolithique qui regroupe une structure commune 4 vers laquelle sont rappelées les masses inertielles 5 par leurs moyens de rappel élastique 6, le moyen de commande 15 et ses articulations avec les moyens de transmission 16, et les moyens de transmission 16 avec leurs articulations aux masses inertielles 5. Les déphasages voulus sont parfaitement assurés, l'annulation des réactions également.

[0070] De telles structures monolithiques permettent la suppression des pivots traditionnels, en mettant en

oeuvre des lames flexibles qui ont une double fonction : le guidage en pivotement constituant un pivot virtuel, et le rappel élastique.

[0071] Avantageusement, cette structure monolithique comporte encore les butées.

[0072] De préférence, l'orientation des moyens de rappel élastique 6 des résonateurs primaires 10 est optimisée de manière à ce que les erreurs de marche dues à la gravité s'annulent entre les résonateurs primaires 10.

[0073] Dans une variante non illustrée, les moyens de rappel élastique 6 des résonateurs primaires 10 sont des pivots virtuels à lames croisées.

[0074] Dans une variante particulière de l'oscillateur horloger 1 selon invention, les résonateurs primaires 10 sont isochrones.

[0075] De préférence, au moins les moyens élastiques que comporte l'oscillateur horloger 1 selon l'invention sont compensés thermiquement. Une réalisation en matériau micro-usinable permet d'assurer une telle compensation.

[0076] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 100 comportant au moins un tel oscillateur horloger 1.

[0077] L'invention concerne encore une montre 200 comportant au moins un tel mouvement 100.

[0078] Les avantages de l'invention sont nombreux :

- l'utilisation de résonateurs rotatifs dont le centre de rotation est sensiblement confondu avec le centre de masse évite que le centre de masse se déplace dans le champ de gravité, et, partant, évite que la période soit affectée par un changement d'orientation de la montre. Le même argument explique que notre système est moins affecté par des chocs en translations ;
- de préférence, les résonateurs sont tous identiques et montés en parallèle. Les mouvements de l'un ne risquent donc pas de parasiter l'inertie de l'autre, contrairement aux montages en série ;
- l'utilisation de deux résonateurs, ou davantage, complètement distincts, c'est-à-dire avec une masse inertielle propre à chaque résonateur primaire ou élémentaire, permet d'optimiser l'isochronisme des résonateurs séparément, et de jouer sur leur orientation pour que les erreurs dues aux positions et les réactions à l'encastrement s'annulent. Cela est un grand avantage pour obtenir un oscillateur indépendant des positions de la montre, et ayant un facteur de qualité très élevé.
- la conception permet une fabrication très simple de la version intégrée ;
- l'invention permet des réalisations dans la plus pure tradition horlogère puisqu'on peut simplement utiliser deux ensembles balancier-spiral reliés à la roue d'échappement par des bielles très légères ou des lames flexibles.

Revendications

1. Oscillateur horloger (1) comportant une structure (2) ou/et un cadre (4), et une pluralité de résonateurs primaires distincts, déphasés temporellement et géométriquement, et comportant chacun au moins une masse inertielle (5) rappelée vers ladite structure (2) ou vers ledit cadre (4) par un moyen de rappel élastique (6), et chacun constitué d'un ou plusieurs résonateurs élémentaires, où ledit oscillateur horloger (1) comporte des moyens de couplage (11) agencés pour permettre l'interaction desdits résonateurs, lesdits moyens de couplage (11) comportant un mobile (13) agencé pour être soumis à un couple ou un effort moteur, lequel mobile (13) est soumis à un mouvement de rotation et comporte des moyens d'entraînement et de guidage (14) agencés pour entraîner et guider un moyen de commande (15) unique lequel est articulé autour d'un premier axe de commande avec une pluralité de moyens de transmission (16) chacun articulé autour d'un deuxième axe d'articulation, à distance dudit moyen de commande (15) unique, avec une dite masse inertielle (5) d'un dit résonateur primaire (10), et où lesdits résonateurs et ledit mobile (13) sont agencés de telle façon que lesdits deuxièmes axes d'articulation de deux quelconques desdits résonateurs et ledit premier axe de commande dudit moyen de commande (15) ne sont jamais coplanaires, où lesdits résonateurs élémentaires sont des résonateurs rotatifs **caractérisé en ce que** les centres de masse desdits résonateurs élémentaires restent, lors des oscillations normales desdits résonateurs, à une distance inférieure à quelques dizaines de micromètres des centres de rotation respectifs desdits résonateurs, et **en ce que** ledit mobile (13) comporte une structure élastique (130) formant un guidage souple radialement et rigide tangentiellement.
2. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la résultante des couples de réaction de l'ensemble desdits résonateurs par rapport à ladite structure commune (2) ou audit cadre (4) est nulle.
3. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit oscillateur (1) comporte un nombre n de dits résonateurs primaires, et **en ce que** lesdits résonateurs primaires ont au moins un mode de résonance sensiblement identique, et sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur $2\pi/n$.
4. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**au moins un des résonateurs primaires (10) est constitué d'une pluralité de n résonateurs élémentaires (810), qui comportent chacun au moins une masse élémentaire portée par une lame flexible élastique élémentaire, constituant un moyen de rappel élastique, et qui est agencée pour travailler en flexion, et qui est encastée dans une traverse élémentaire, et **en ce que** lesdits résonateurs élémentaires (810) ont au moins un mode de résonance sensiblement identique, et sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur $2\pi/n$, où n est le nombre desdits résonateurs élémentaires (810).
5. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs élémentaires (810) sont agencés selon une symétrie dans l'espace, telle que la résultante des couples appliqués par les résonateurs élémentaires (810) sur ladite traverse élémentaire est nulle.
6. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires sont constitués chacun de plusieurs résonateurs élémentaires.
7. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de transmission (16) sont des lames flexibles élastiques.
8. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de transmission (16) comportent au moins une bielle monolithique agencée pour coopérer à la fois avec ledit moyen de commande (15) et avec au moins deux dites masses inertielles (5) d'autant de dits résonateurs, et comportent au moins un col flexible au niveau de chaque zone d'articulation.
9. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de transmission (16) comportent des bielles (160) comportant chacune une première articulation (161) avec ledit moyen de commande (15) et une deuxième articulation (162) avec ladite masse inertielle (5), ladite première articulation (161) et ladite deuxième articulation (162) définissant ensemble une direction de bielle, et **caractérisé en ce que** toutes lesdites directions de bielle font deux à deux, à tout instant, un angle différent de zéro ou π .
10. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ledit mobile (13) est soumis à un mouvement de rotation, et en ce que ledit mobile (13) et lesdits moyens d'entraînement et de guidage (14) sont agencés pour appliquer audit moyen de commande (15) un effort essentiellement tangentiel par rapport à ladite rotation dudit mobile (3).
11. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 3 et 7 à 10, **caractérisé en ce que** lesdits

moyens de rappel élastique (6) desdits résonateurs comportent des lames flexibles, et **en ce que** lesdits résonateurs et/ou ladite structure commune (2) ou ledit cadre (4) comportent des butées radiales et/ou angulaires et/ou axiales agencées pour limiter les déformations desdites lames flexibles et pour éviter les ruptures en cas de chocs ou de couple moteur trop élevé.

12. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 3 et 7 à 11, **caractérisé en ce que** ledit oscillateur horloger (1) comporte une structure monolithique qui regroupe une structure commune (4) vers laquelle sont rappelées lesdites masses inertielles (5) et leurs dits moyens de rappel élastique (6), ledit moyen de commande (15) et ses articulations avec lesdits moyens de transmission (16), et lesdits moyens de transmission (16) avec leurs articulations auxdites masses inertielles (5).
13. Oscillateur horloger (1) selon les revendications 11 et 12, **caractérisé en ce que** ladite structure monolithique comporte encore lesdites butées.
14. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** ladite structure monolithique est un prisme droit délimité par deux plans parallèles entre eux et perpendiculaires à la direction d'élongation dudit prisme.
15. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de rappel élastique (6) desdits résonateurs comportent des lames rectilignes courtes, d'une longueur inférieure à la plus petite valeur entre quatre fois leur hauteur ou trente fois leur épaisseur.
16. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs sont isochrones.
17. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs forment ensemble un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en H et comportent chacun des lames flexibles élastiques constituées par des lames droites et courtes, d'une longueur inférieure à la plus petite valeur entre quatre fois leur hauteur ou trente fois leur épaisseur, disposées de part et d'autre d'une traverse (40A; 40B), avec laquelle elle forment la barre horizontale d'un H dont lesdites masses (5) forment les barres verticales.
18. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs forment ensemble un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en cornes de bouc et comportent chacune une traverse (40A ; 40B) por-

tant des dites masses (5) chacune montée de façon oscillante et rappelée par une lame flexible élastique qui est un spiral ou un assemblage de spiraux, chaque dit spiral étant lié directement ou indirectement à une dite masse (5) au niveau de sa spire interne, et attachés à ladite traverse (40A ; 40B) par sa spire externe, chaque dit spiral étant à section ou courbure variable le long de son développement.

19. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** au moins un dit moyen de rappel élastique (6) constitue également un guidage rotatif.
20. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce qu'**au moins les moyens élastiques que comporte ledit oscillateur horloger (1) sont compensés thermiquement.
21. Mouvement d'horlogerie (100) comportant au moins un oscillateur horloger (1) selon une des revendications 1 à 20.
22. Montre (200) comportant au moins un mouvement (100) selon la revendication 21.

Patentansprüche

1. Uhrenoszillator (1), aufweisend eine Struktur (2) oder/und einen Rahmen (4) und eine Vielzahl unterschiedlicher primärer Resonatoren, die zeitlich und geometrisch phasenverschoben sind und wobei jeder mindestens eine Trägheitsmasse (5) aufweist, die von einem elastischen Rückstellmittel (6) zu der Struktur (2) oder zum Rahmen (4) zurückgestellt wird und jeder aus einem oder mehreren elementaren Resonatoren besteht, wobei der Uhrenoszillator (1) Verbindungsmittel (11) aufweist, die eingerichtet sind, um die Interaktion der Resonatoren zu erlauben, wobei die Verbindungsmittel (11) ein Drehteil (13) aufweisen, das eingerichtet ist, um einem Drehmoment oder einer Kraft eines Motors ausgesetzt zu sein, wobei das Drehteil (13) einer Rotationsbewegung ausgesetzt ist und Antriebs- und Führungsmittel (14) aufweist, die eingerichtet sind, um ein einziges Steuermittel (15) anzutreiben und zu führen, das um eine erste Steuerwelle mit einer Vielzahl von Übertragungsmitteln (16) angelenkt ist, wobei jedes um eine zweite Gelenkwelle beabstandet vom einzigen Steuermittel (15) mit einer Trägheitsmasse (5) eines primären Resonators (10) angelenkt ist und wobei die Resonatoren und das Drehteil (13) derart eingerichtet sind, dass die zweiten Gelenkwellen von zwei beliebigen Resonatoren und die erste Steuerwelle des Steuermittels (15) nie koplanar sind, wobei die Resonatoren Rotationsresonatoren sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Massezentren

der elementaren Resonatoren bei normalen Oszillationen der Resonatoren in einem Abstand verbleiben, der kleiner als einige Zehntel Mikrometer von den jeweiligen Rotationszentren der Resonatoren ist, und dass das Drehteil (13) eine elastische Struktur (130) aufweist, die eine radial elastische und tangential starre Führung bildet.

2. Uhrenoszillator (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resultierende der Reaktionsdrehmomente der Gesamtheit der Resonatoren im Verhältnis zu der gemeinsamen Struktur (2) oder zum Rahmen (4) null ist.
3. Uhrenoszillator (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Oszillator (1) eine Anzahl n primärer Resonatoren aufweist und dass die primären Resonatoren mindestens einen Resonanzmodus haben, der etwa identisch ist, und eingerichtet sind, um gemäß einer Phasenverschiebung untereinander des Wertes $2\pi/n$ zu vibrieren.
4. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der primären Resonatoren (10) aus einer Vielzahl von n elementaren Resonatoren (810) besteht, die jeweils eine elementare Masse aufweisen, die von einer elementaren elastischen flexiblen Lamelle getragen wird, die ein elastisches Rückstellmittel darstellt, und die eingerichtet ist, um in Biegung zu arbeiten und die in einen elementaren Querträger eingelassen ist und dass die elementaren Resonatoren (810) mindestens einen Resonanzmodus haben, der etwa identisch ist, und eingerichtet sind, um gemäß einer Phasenverschiebung untereinander des Wertes $2\pi/n$ zu vibrieren, wobei n die Anzahl der elementaren Resonatoren (810) ist.
5. Uhrenoszillator (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elementaren Resonatoren (810) gemäß einer Symmetrie im Raum derart eingerichtet sind, dass die Resultierende der von den elementaren Resonatoren (810) auf den elementaren Querträger angewendeten Drehmomente null ist.
6. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die primären Resonatoren jeweils aus mehreren elementaren Resonatoren bestehen.
7. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragungsmittel (16) elastische flexible Lamellen sind.
8. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragungsmittel (16) mindestens einen monolithischen

Pleuel aufweisen, der eingerichtet ist, um sowohl mit dem Steuermittel (15) und mit mindestens zwei Trägheitsmassen (5) von ebenso vielen Resonatoren zusammenzuwirken und mindestens einen flexiblen Hals im Bereich jedes Gelenkbereichs aufweisen.

9. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragungsmittel (16) Pleuel (160) aufweisen, die jeweils ein erstes Gelenk (161) mit dem Steuermittel (15) und ein zweites Gelenk (162) mit der Trägheitsmasse (5) aufweisen, wobei das erste Gelenk (161) und das zweite Gelenk (162) gemeinsam eine Pleuelrichtung definieren, und **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Pleuelrichtungen paarweise jederzeit einen Winkel bilden, der von null oder π unterschiedlich ist.
10. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Drehteil (13) einer Rotationsbewegung ausgesetzt ist und dass das Drehteil (13) und die Antriebs- und Führungsmittel (14) eingerichtet sind, um auf das Steuermittel (15) eine im Verhältnis zur Rotation des Drehteils (3) im Wesentlichen tangential Kraft auszuüben.
11. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastischen Rückstellmittel (6) der Resonatoren flexible Lamellen aufweisen und dass die Resonatoren und/oder die gemeinsame Struktur (2) oder der Rahmen (4) radiale und/oder winklige und/oder axiale Anschläge aufweisen, die eingerichtet sind, um die Verformungen der flexiblen Lamellen zu begrenzen und um Brüche bei Stößen oder einem zu hohen Motordrehmoment zu vermeiden.
12. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Uhrenoszillator (1) eine monolithische Struktur aufweist, die eine gemeinsame Struktur (4) zusammenfasst, zu der die Trägheitsmassen (5) und deren elastische Rückstellmittel (6), das Steuermittel (15) und dessen Gelenke mit den Übertragungsmitteln (16) und die Übertragungsmittel (16) mit deren Gelenken mit den Trägheitsmassen (5) zurückgestellt werden.
13. Uhrenoszillator (1) nach den Ansprüchen 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die monolithische Struktur weiterhin die Anschläge aufweist.
14. Uhrenoszillator (1) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die monolithische Struktur ein gerades Prisma ist, das von zwei zueinander parallelen und zur Streckungsrichtung des Prismas senkrechten Ebenen begrenzt wird.

15. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastischen Rückstellmittel (6) der Resonatoren gerade kurze Lamellen mit einer Länge aufweisen, die kleiner als der kleinste Wert zwischen dem Vierfachen ihrer Höhe oder dem Dreifachen ihrer Dicke ist. 5
16. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonatoren isochron sind. 10
17. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonatoren gemeinsam einen isochronen Oszillatormechanismus vom Typ Stimmgabel in H-Form bilden und jeweils elastische flexible Lamellen aufweisen, die aus geraden und kurzen Lamellen mit einer Länge bestehen, die kleiner als der kleinste Wert zwischen dem Vierfachen ihrer Höhe oder dem Dreifachen ihrer Dicke ist, die beiderseits eines Querträgers (40A; 40B) angeordnet sind, mit dem sie den horizontalen Strich eines H bilden, dessen Massen (5) die vertikalen Striche bilden. 15 20
18. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Resonatoren gemeinsam einen isochronen Oszillatormechanismus vom Typ Stimmgabel in Bockshornform bilden und jeweils einen Querträger (40A; 40B) aufweisen, der die Massen (5) trägt, von denen jede oszillierend angebracht ist und von einer elastischen flexiblen Lamelle zurückgestellt wird, die eine Spiralfeder oder eine Spiralfederanordnung ist, wobei jede Spiralfeder direkt oder indirekt mit einer Masse (5) im Bereich ihrer inneren Windung verbunden und an dem Querträger (40A; 40B) anhand ihrer äußeren Windung befestigt ist, wobei jede Spiralfeder einen Querschnitt oder eine Krümmung hat, die entlang ihrer Entwicklung variabel ist. 25 30
19. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein elastisches Rückstellmittel (6) ebenfalls eine Rotationsführung darstellt. 35
20. Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens die elastischen Mittel, die der Uhrenoszillator (1) aufweist, thermisch kompensiert sind. 40
21. Uhrwerk (100), das mindestens einen Uhrenoszillator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 20 aufweist. 45
22. Uhr (200), die mindestens ein Uhrwerk (100) nach Anspruch 21 aufweist. 50 55

Claims

1. Timepiece oscillator (1) including a structure (2) and/or a frame (4), and a plurality of distinct, temporally and geometrically offset, primary resonators, each including at least one inertial mass (5) returned to said structure (2) or to said frame (4) by an elastic return means (6), and each formed of one or more elementary resonators where said timepiece oscillator (1) includes coupling means (11) arranged to allow the interaction of said resonators, said coupling means (11) including a wheel set (13) arranged to be subjected to a torque or a drive force, said wheel set (13) is subjected to a rotational motion and includes drive and guide means (14) arranged to drive and guide a single control means (15), which is articulated around a first control axis with a plurality of transmission means (16) each articulated around a second axis of articulation, remote from said single control means (15), with a said inertial mass (5) of a said primary resonator (10), and where said resonators and said wheel set (13) are arranged such that the axes of articulation of any two of said resonators and said first control axis of said control means (15) are never coplanar, where said elementary resonators are rotating resonators **characterised in that** the centres of mass of said elementary resonators remain, during the normal oscillations of said resonators, at a distance less a few tens of micrometres from the respective centres of rotation of said resonators, and **in that** said wheel set (13) includes an elastic structure (130) forming a radially flexible and tangentially stiff guide member. 5 10 15 20 25 30 35 40
2. Timepiece oscillator (1) according to claim 1, **characterised in that** the resultant of the reaction torques of all of said resonators with respect to said common structure (2) or to said frame (4) is zero. 45
3. Timepiece oscillator (1) according to claim 1, **characterised in that** said oscillator (1) includes a number n of said primary resonators, and **in that** said primary resonators have at least one substantially identical resonance mode, and are arranged to vibrate with a mutual phase-shift of value $2\pi/n$. 50
4. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** at least one of the primary resonators (10) is formed of a plurality of n elementary resonators (810), which each include at least one elementary mass carried by an elementary elastic flexible strip, constituting an elastic return means, and which is arranged to work in bending, and which is embedded in an elementary crosspiece, and **in that** said elementary resonators (810) have at least one substantially identical resonance mode, and are arranged to vibrate with a mutual phase-shift of value $2\pi/n$, where n is the number of said elemen- 55

tary resonators (810).

5. Timepiece oscillator (1) according to claim 4, **characterised in that** said elementary resonators (810) are arranged according to a symmetry in space, such that the resultant of the torques applied by the elementary resonators (810) on said elementary cross-piece is zero. 5
6. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** said primary resonators are each formed of several elementary resonators. 10
7. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** said transmission means (16) are flexible elastic strips. 15
8. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** said transmission means (16) include at least one one-piece connecting rod arranged to cooperate both with said control means (15) and with at least two said inertial masses (5) of as many said resonators, and include at least one flexible neck in each articulation area. 20
9. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** said transmission means (16) include connecting rods (160) each including a first articulation (161) with said control means (15) and a second articulation (162) with said inertial mass (5), said first articulation (161) and said second articulation (162) together defining a connecting rod direction, and **characterised in that** all of said connecting rod directions form, in pairs, at any time, an angle different from zero or π . 25 30 35
10. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** said wheel set (13) is subjected to a rotational motion, and **in that** said wheel set (13) and said drive and guide means (14) are arranged to apply to said control means (15) an essentially tangential force with respect to said rotation of said wheel set (3). 40
11. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 3 and 7 to 10, **characterised in that** said elastic return means (6) of said resonators include flexible strips, and **in that** said resonators and/or said common structure (2), or said frame (4) include radial and/or angular and/or axial stop members arranged to limit the deformations of said flexible strips and to prevent breakage in the event of shocks or excessive drive torque. 45 50
12. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 3 and 7 to 11, **characterised in that** said timepiece oscillator (1) includes a one-piece structure which combines a common structure (4) to which are 55

returned said inertial masses (5) and said elastic return means (6) thereof, said control means (15) and the articulations thereof with said transmission means (16), and said transmission means (16) with the articulations thereof to said inertial masses (5).

13. Timepiece oscillator (1) according to claims 11 and 12, **characterised in that** said one-piece structure further includes said stop members. 10
14. Timepiece oscillator (1) according to claim 12 or 13, **characterised in that** said one-piece structure is a straight prism delimited by two planes that are parallel to each other and perpendicular to the direction of elongation of said prism. 15
15. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 14, **characterised in that** said elastic return means (6) of said resonators include short rectilinear strips, whose length is less than the smallest value between four times the height or thirty times the thickness of said strips. 20
16. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 15, **characterised in that** said resonators are isochronous. 25
17. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 16, **characterised in that** said resonators together form an isochronous H-shaped tuning fork oscillator mechanism and each include flexible elastic strips formed by short straight strips, whose length is less than the smallest value between four times the height or thirty times the thickness of said strips, disposed on either side of a crosspiece (40A; 40B) with which the strips form the horizontal bar of an H wherein said masses (5) form the vertical bars. 30 35
18. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 16, **characterised in that** said resonators together form an isochronous goat horn-shaped tuning fork oscillator mechanism and each include a cross-piece (40A; 40B) carrying said masses (5) each mounted in an oscillating manner and returned by a flexible elastic strip which is a balance spring or an assembly of balance springs, each said balance spring being directly or indirectly connected to one said mass (5) at the inner coil thereof, and attached to said crosspiece (40A; 40B) via the outer coil thereof, each said balance spring having a variable section or curvature along the developed length thereof. 40 45 50 55
19. Timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 17, **characterised in that** at least one said elastic return means (6) also forms a rotating guide member.
20. Timepiece oscillator (1) according to one of claims

1 to 19, **characterised in that** at least the elastic means included in said timepiece oscillator (1) are temperature compensated.

21. Timepiece movement (100) including at least one timepiece oscillator (1) according to one of claims 1 to 20. 5
22. Watch (200) including at least one movement (100) according to claim 21. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

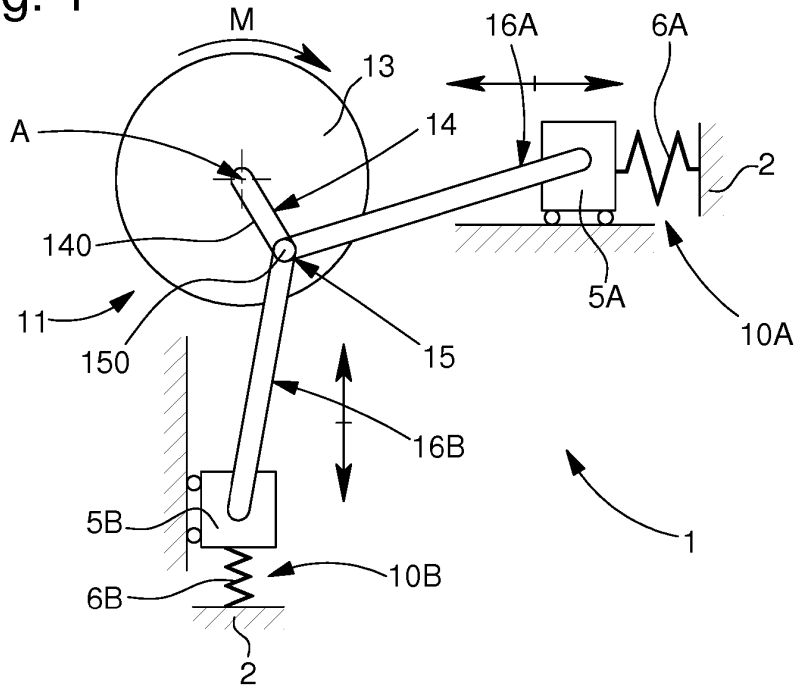
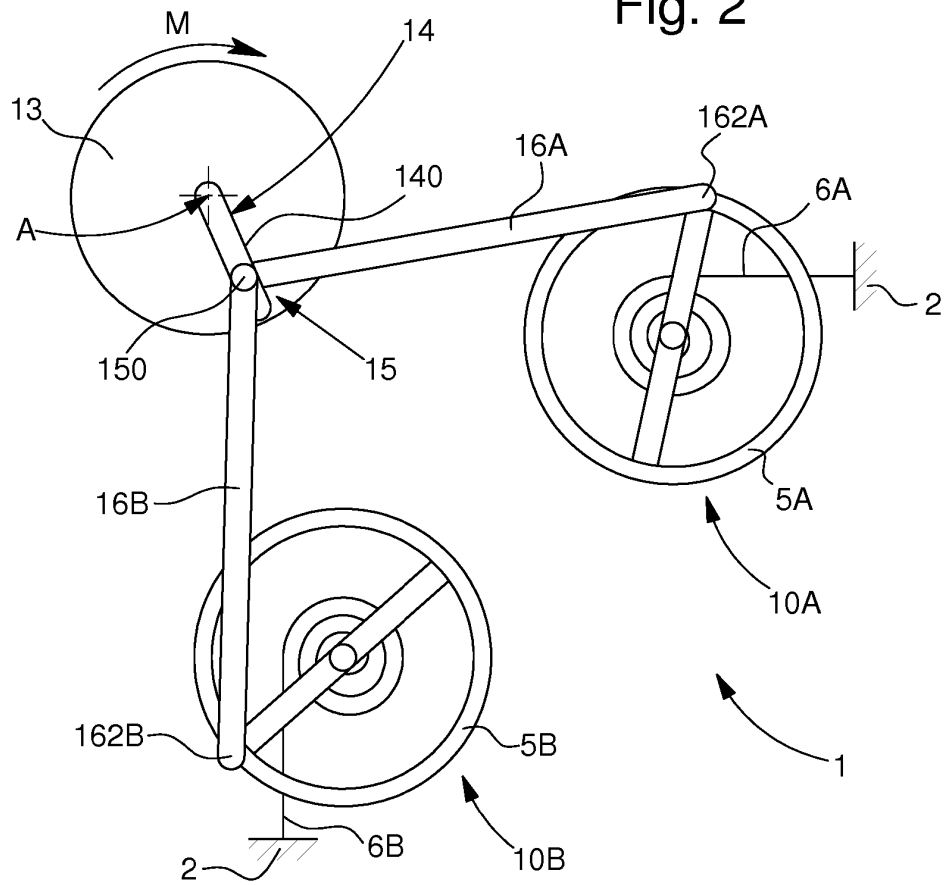


Fig. 2



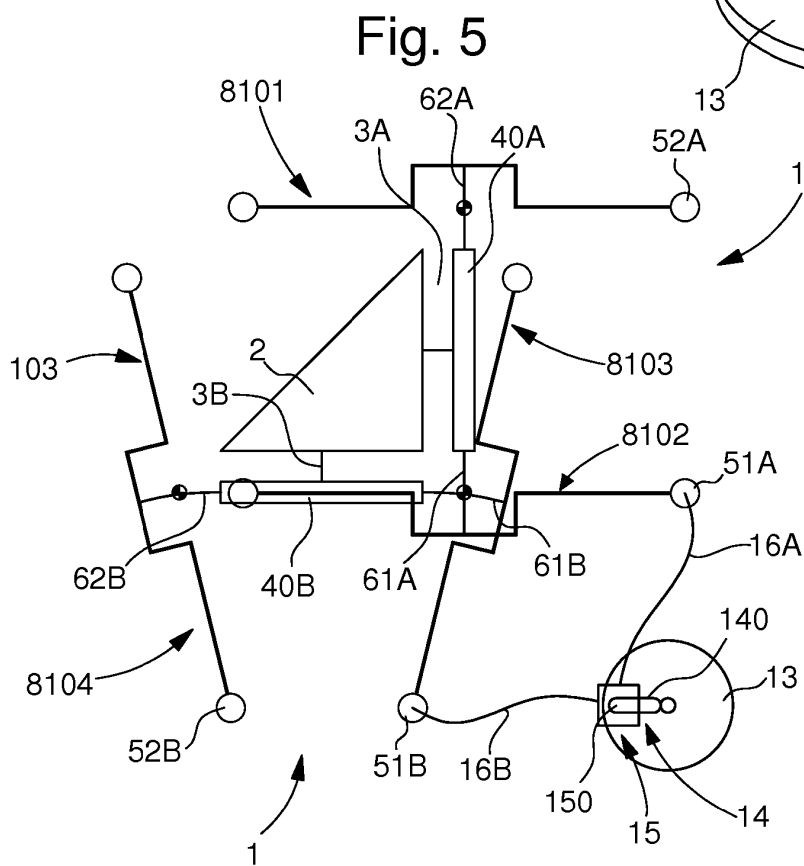
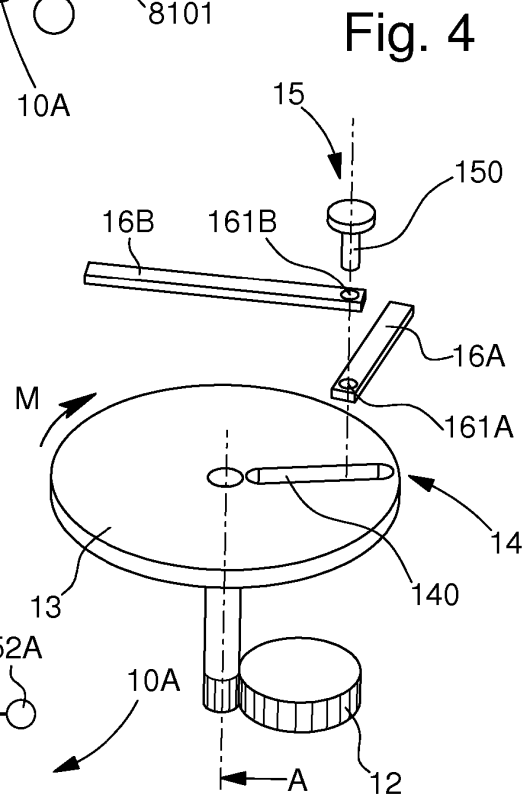
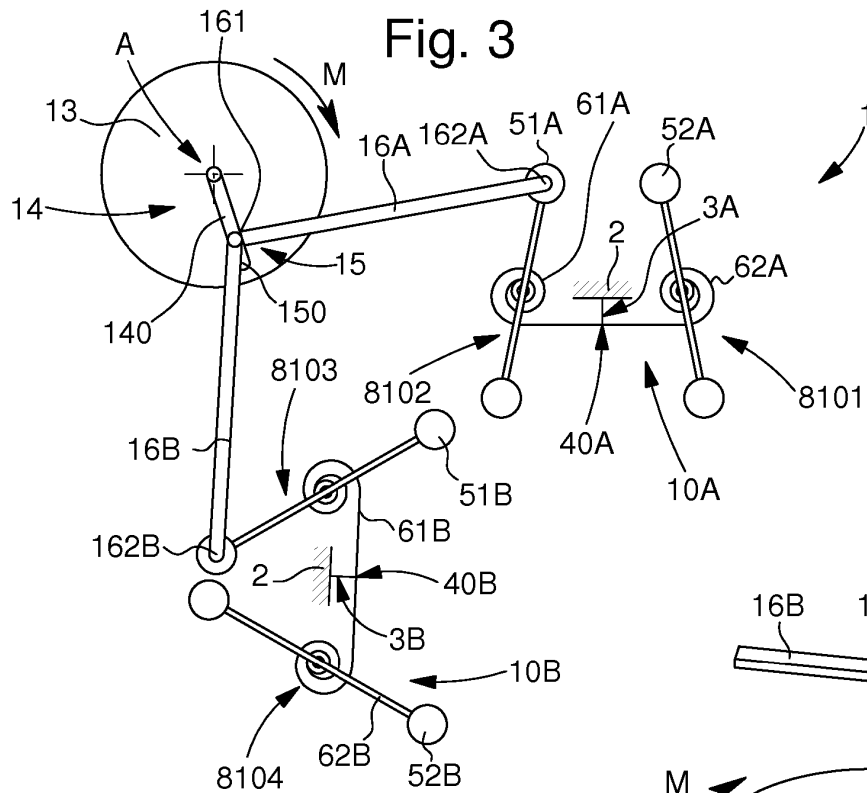


Fig. 6

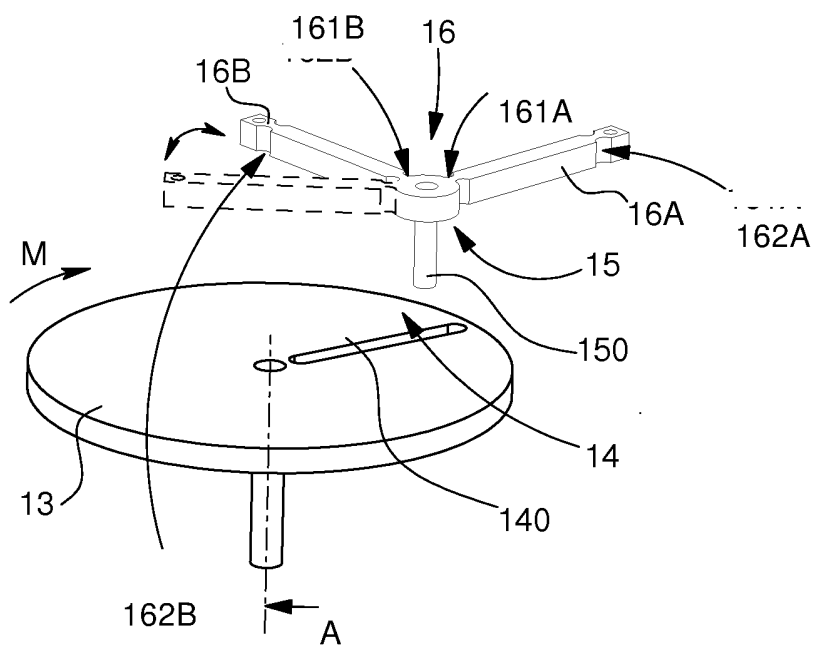


Fig. 7

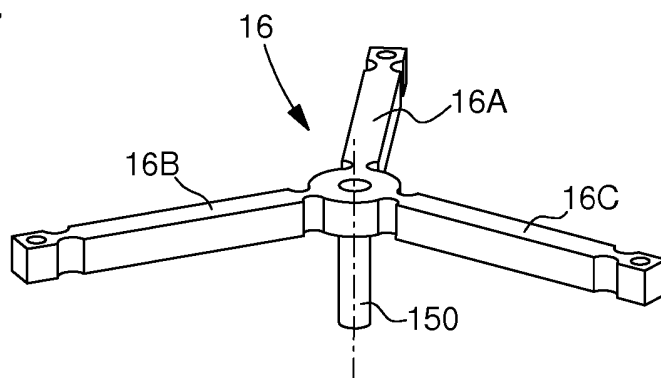
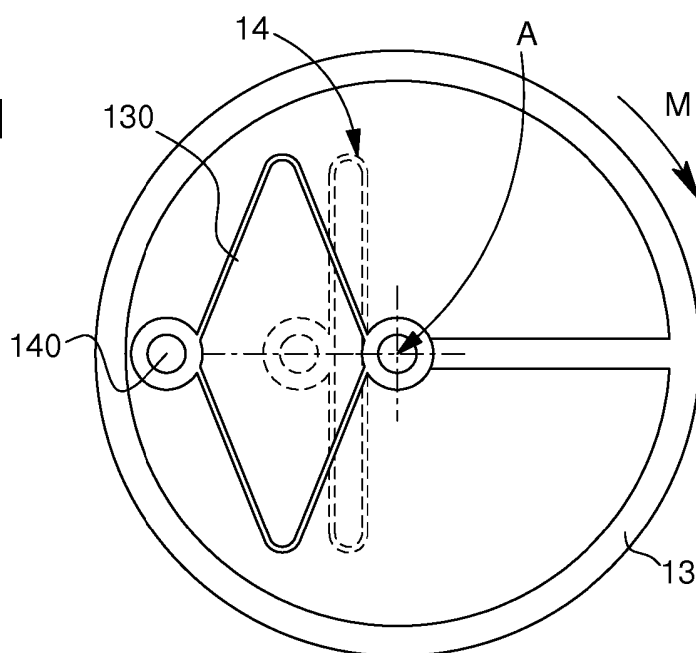


Fig. 11



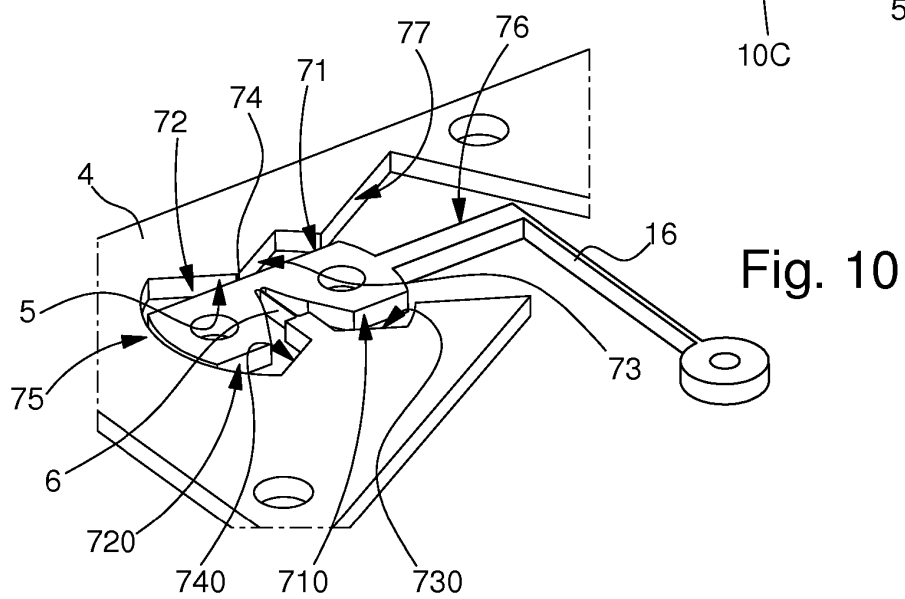
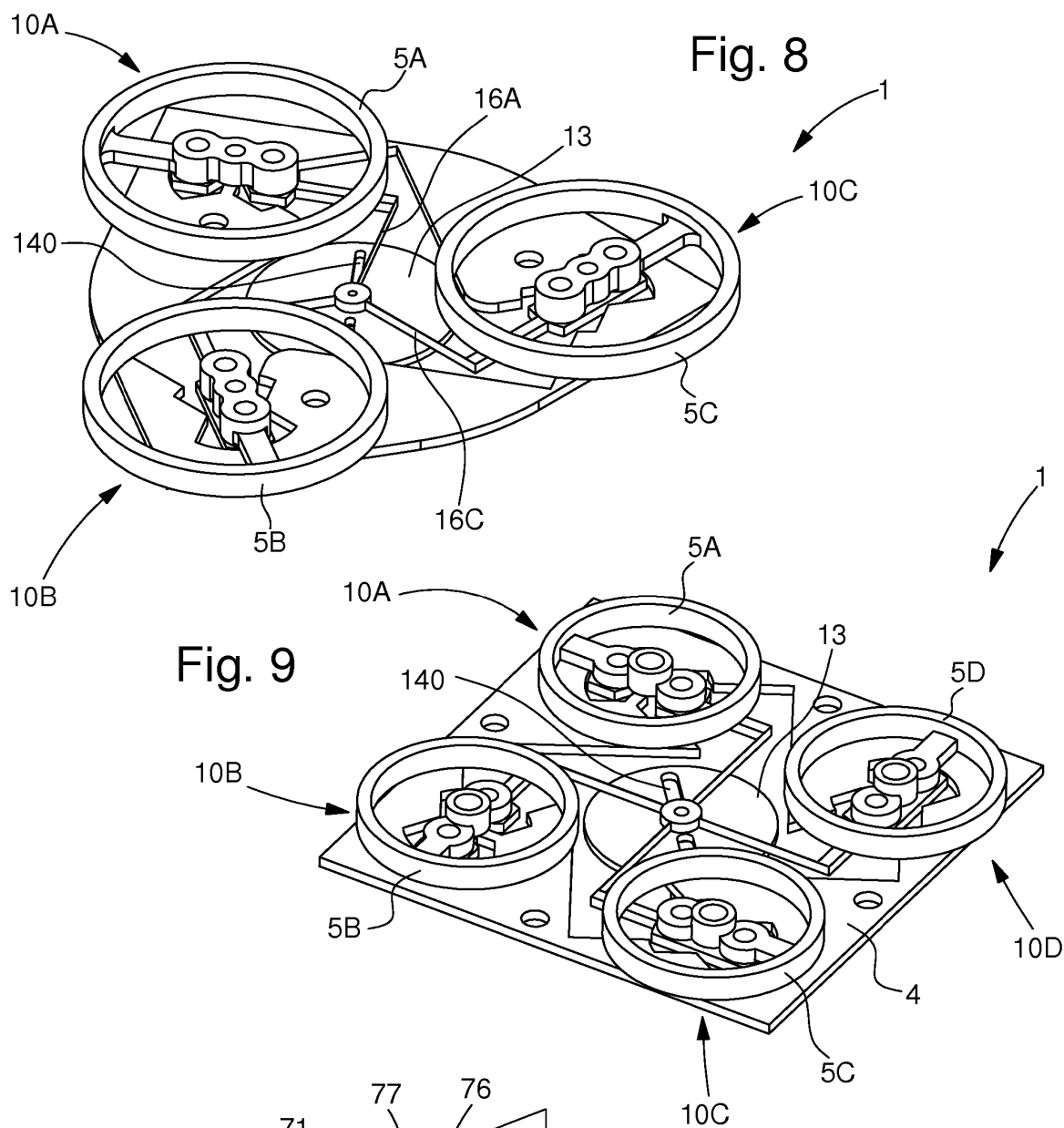


Fig. 12

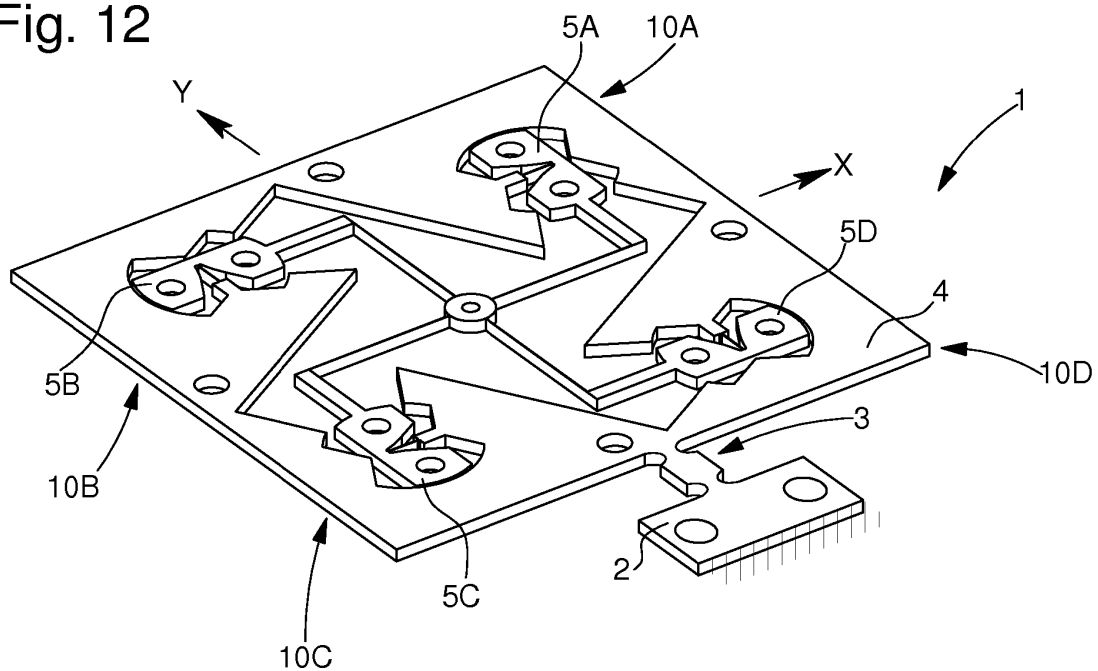


Fig. 13

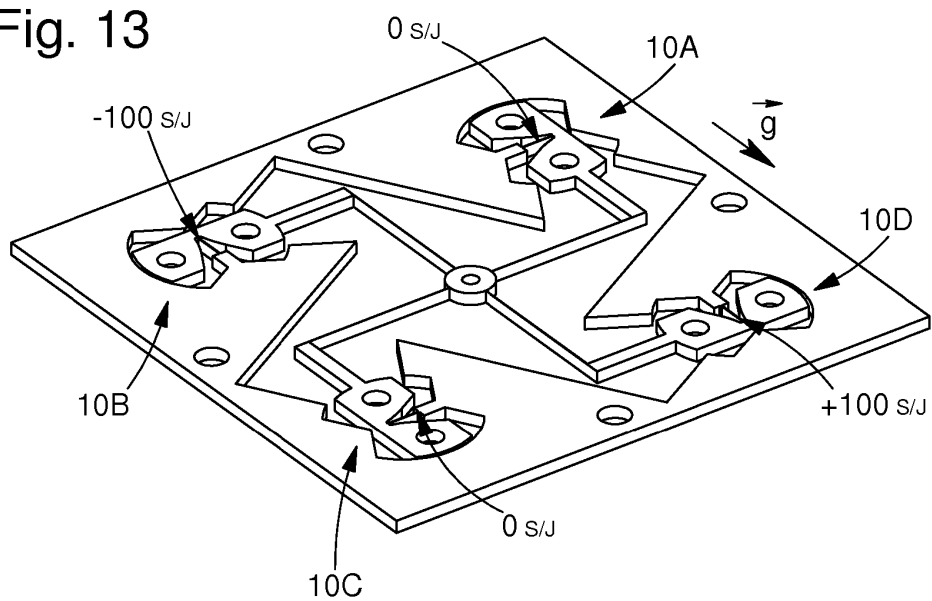
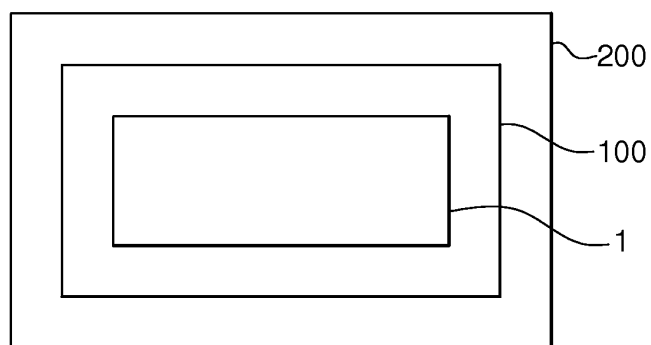


Fig. 14



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

- FR 630831 [0008] [0033]
- WO 2015104692 A [0009]
- WO 2015104693 A [0009]
- CH 451021 A [0010]