



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
30.01.2019 Bulletin 2019/05

(51) Int Cl.:
G04B 17/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17183211.6**

(22) Date de dépôt: **26.07.2017**

(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**
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(71) Demandeur: **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)
• **COSANDIER, Yves-Alain**
1020 Renens (CH)

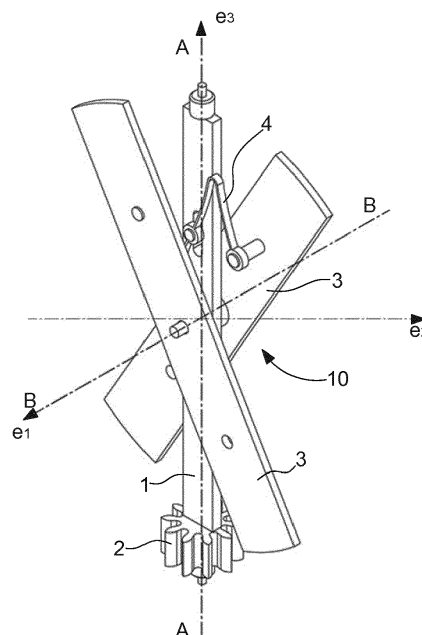
(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **MOUVEMENT MÉCANIQUE AVEC RÉSONATEUR ROTATIF, ISOCHRONE, INSENSIBLE AUX POSITIONS**

(57) Mouvement (100) mécanique d'horlogerie comportant au moins un moyen de stockage d'énergie (200) agencé pour entraîner un rouage (300) dont un mobile de sortie est agencé pour pivoter autour d'un axe moteur, et comportant un résonateur rotatif (10) lequel comporte au moins un mobile central (1), agencé pour pivoter autour d'un axe central (A), et comportant un mobile d'entrée (2) agencé pour coopérer avec le mobile de sortie,

ce résonateur rotatif (10) comporte une pluralité d'éléments inertiels (3) chacun agencé pour pivoter par rapport au mobile central (1) autour d'un axe secondaire (B) perpendiculaire à l'axe central (A) et chacun rappelé vers une position de repos, relative par rapport au mobile central (1), par au moins un élément de rappel élastique (4), et chaque axe secondaire (B) passe par le centre de masse de l'élément inertiel (3) qui lui est associé.

Fig. 3



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mouvement mécanique d'horlogerie comportant au moins un moyen de stockage d'énergie agencé pour entraîner un rouage dont un mobile de sortie est agencé pour pivoter autour d'un axe moteur, et comportant un résonateur rotatif lequel comporte au moins un mobile central, agencé pour pivoter autour d'un axe central, et comportant un mobile d'entrée agencé pour coopérer avec le mobile de sortie.

[0002] L'invention concerne encore une montre comportant un tel mouvement.

[0003] L'invention concerne le domaine des bases de temps pour mouvements d'horlogerie mécaniques.

Arrière-plan de l'invention

[0004] La plupart des montres mécaniques actuelles sont munies d'un balancier-spiral et d'un échappement à ancre suisse. Le balancier-spiral constitue la base de temps de la montre. On l'appelle aussi résonateur. L'échappement, quant à lui, remplit deux fonctions principales:

- entretenir les va-et-vient du résonateur ;
- compter ces va-et-vient.

[0005] En plus de ces deux fonctions principales, l'échappement, doit être robuste, résister aux chocs, éviter de coincer le mouvement (renversement), et indéréglable dans le temps.

[0006] L'échappement à ancre suisse, le plus généralement utilisé, a un rendement énergétique faible, de l'ordre de 30%. Ce faible rendement provient du fait que les mouvements de l'échappement sont saccadés, qu'il y a des chutes ou chemins perdus qui sont nécessaires pour s'accommoder des dispersions d'usinage, et aussi du fait que plusieurs composants se transmettent leur mouvement via des plans inclinés qui frottent les uns par rapport aux autres.

Résumé de l'invention

[0007] La présente invention a pour objectif de supprimer les saccades de l'échappement, afin d'en augmenter le rendement. Pour atteindre cet objectif, on propose un résonateur rotatif, caractérisé notamment par la possibilité d'entretenir la rotation par un couple appliqué directement sur l'axe du résonateur, évitant ainsi les pertes dynamiques d'un échappement à ancre classique.

[0008] Historiquement, les horlogers n'ont pas considéré les résonateurs rotatifs comme base de temps pour les montres car les résonateurs rotatifs ne sont généralement pas isochrones, et ils sont de surcroît sensibles à la gravité, donc à la position de la montre dans le champ de pesanteur.

[0009] Un mécanisme comme le régulateur de Watt peut constituer une base de résonateur rotatif, mais au prix de modifications pour le rendre isochrone et insensible à la gravité. En effet, le régulateur de Watt est sensible à son orientation dans le champ de gravité, car le centre de masse global des deux masselottes se déplace lorsque l'amplitude change : les masselottes montent le long de l'axe lorsque l'amplitude augmente. Dès lors, la contribution de la gravité à la force de rappel fluctue avec l'orientation. De plus le régulateur de watt est anisochrone car la force de rappel des masselottes, par ressort et/ou par gravité ne répond pas à certaines conditions.

[0010] L'invention s'attache donc à remplir les conditions qui permettent d'avoir un résonateur rotatif utilisable comme base de temps pour un instrument horaire :

- condition d'isochronisme : existence de forces de rappel élastiques (ou potentiel élastique) provoquant sur le centre de masse de chaque demi-bras une force centrale d'intensité proportionnelle à la distance entre l'axe de rotation et le centre de masse du demi-bras ;
- condition d'insensibilité aux positions : utilisation d'au moins deux demi-bras guidés, de façon à pouvoir éloigner leur centre de masse de l'axe de rotation, tout en maintenant le centre de masse global du résonateur en position fixe ;
- condition de forces de réactions nulles dans le support: utilisation de bras répartis en symétrie autour de l'axe, pour annuler les réactions dans les pivots à toutes les amplitudes.

[0011] A cet effet, l'invention concerne un mouvement mécanique d'horlogerie selon la revendication 1.

[0012] L'invention concerne encore une montre comportant un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

[0013] 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 perspective, une première variante de mécanisme résonateur selon l'invention, réalisée sur la base du mécanisme résonateur à pantographe selon la demande EP16195399 du du même déposant, mais où le pivotement des éléments inertiels se fait orthogonalement au pivotement de l'entraînement ;
- la figure 2 représente, de façon similaire à la figure 1, une autre variante de mécanisme résonateur selon l'invention, simplifiée par suppression des liaisons cinématiques articulées ;
- la figure 3 représente le détail d'un mécanisme résonateur rotatif, similaire à celui de la figure 2, comportant un mobile central agencé pour pivoter autour

d'un axe central, et par rapport auquel sont mobiles, selon un axe orthogonal, deux éléments inertiels méplats, rappelés vers le mobile central par des moyens de rappel élastique ici constitués par des vés élastiques à lames fines ;

- la figure 4 est une variante dans laquelle les moyens de rappel élastique sont constitués par des guidages flexibles à lames croisées, chaque guidage flexible comportant deux niveaux et une lame par niveau, ces deux lames se croisant en projection sur un plan parallèle à ceux des niveaux ;
- la figure 5 est une vue en projection plane d'un premier agencement comportant deux telles lames croisées asymétriques, dans un agencement particulier agencé pour créer un couple de rappel proportionnel au sinus du double de l'angle de pivotement ;
- la figure 6 est une vue en projection plane d'un deuxième agencement comportant deux lames formant un pivot RCC à centre de rotation déporté, dans un agencement particulier agencé pour créer également un couple de rappel proportionnel au sinus du double de l'angle de pivotement ;
- la figure 7 représente, de façon schématisée et en perspective, un mouvement comportant un tel résonateur rotatif, d'axe central parallèle à l'axe principal d'affichage du mouvement ;
- la figure 8 représente, de façon schématisée et en perspective, un mouvement comportant un tel résonateur rotatif, d'axe central perpendiculaire à l'axe principal d'affichage du mouvement.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0014] La demande EP16195399 du même déposant concerne un mécanisme résonateur pour mouvement d'horlogerie, comportant un mobile d'entrée monté pivotant autour d'un axe de rotation et soumis à un couple moteur, et comportant un mobile central, solidaire en rotation avec ce mobile d'entrée autour de l'axe de rotation et agencé pour tourner en continu. Ce mécanisme résonateur comporte une pluralité de N éléments inertiels, chacun mobile selon au moins un degré de liberté par rapport au mobile central, et rappelé vers l'axe de rotation par des moyens de rappel élastique, qui sont agencés pour provoquer un effort de rappel sur le centre de masse de l'élément inertiel. Ce mécanisme résonateur présente une symétrie de rotation d'ordre N. Ce mécanisme résonateur comporte des moyens de liaison cinématique entre tous les éléments inertiels, et qui sont agencés pour maintenir, à tout instant, tous les centres de masse des éléments inertiels à la même distance de l'axe de rotation, et les moyens de rappel élastique provoquent un potentiel élastique caractérisé par une relation particulière. Plus particulièrement, ce mécanisme résonateur a une structure de type pantographe.

[0015] Il s'agit ici d'améliorer un tel mécanisme. En effet, le couple d'entraînement et le couple de résistance aérodynamique génèrent une force radiale qui s'ajoute

au potentiel élastique, et vient perturber l'isochronisme.

[0016] La présente invention se propose d'orienter différemment le pivotement des éléments inertiels, afin de ne pas perturber l'isochronisme par l'entraînement ou des forces aérodynamiques tangentielles. La figure 1 illustre une variante de mécanisme résonateur selon l'invention, où le pivotement des éléments inertiels se fait orthogonalement au pivotement de l'entraînement.

[0017] La figure 2 montre que la liaison articulée complexe du mécanisme de la figure 1, découlant directement de la demande EP16195399, peut disparaître au profit d'une structure très simple : la présente invention a l'avantage de combiner le mobile d'entraînement et le résonateur en une seule entité très simple à réaliser.

[0018] Ce mécanisme évite les chocs et les frottements inhérents à des mécanismes d'entraînement à rainure, ou bielle-manivelle, mal accordés.

[0019] L'invention évite la multiplication inutile d'éléments élastiques, entre la platine et l'élément inertiel d'une part, et entre le mobile d'entraînement et l'élément inertiel d'autre part.

[0020] Ainsi, l'invention concerne un mouvement 100 mécanique d'horlogerie comportant au moins un moyen de stockage d'énergie 200, tel qu'un barillet ou similaire, agencé pour entraîner un rouage 300 dont un mobile de sortie est agencé pour pivoter autour d'un axe moteur.

[0021] Ce mouvement 100 comporte un résonateur rotatif 10, lequel comporte au moins un mobile central 1, agencé pour pivoter autour d'un axe central A.

[0022] Plus particulièrement cet axe central A est parallèle ou perpendiculaire à l'axe moteur.

[0023] Le mobile central 1 comporte un mobile d'entrée 2, qui est agencé pour coopérer avec le mobile de sortie.

[0024] Selon l'invention, le résonateur rotatif 10 comporte au moins un élément inertiel 3 agencé pour pivoter par rapport au mobile central 1 autour d'un axe secondaire B perpendiculaire à l'axe central A et sécant avec lui, et rappelé vers une position de repos, relative par rapport au mobile central 1, par au moins un élément de rappel élastique 4, et cet axe secondaire B passe par le centre de masse de l'élément inertiel 3 qui lui est associé.

[0025] Plus particulièrement, le résonateur rotatif 10 comporte une pluralité d'éléments inertiels 3, chacun agencé pour pivoter par rapport au mobile central 1 autour d'un axe secondaire B perpendiculaire à l'axe central A et sécant avec lui, et chacun rappelé vers une position de repos, relative par rapport au mobile central 1, par au moins un élément de rappel élastique 4.

[0026] Et chaque axe secondaire B passe par le centre de masse de l'élément inertiel 3 qui lui est associé.

[0027] Plus particulièrement, cet au moins un élément de rappel élastique 4 est agencé pour appliquer à l'élément inertiel 3 respectif un couple avec un moment de rappel élastique, selon la relation:

$$M(\theta_1) = \frac{1}{2} \cdot \omega_3^2 \cdot (I_2 - I_3) \cdot \sin 2\theta_1,$$

où θ_1 est l'angle d'inclinaison de l'élément inertiel 3 par rapport à sa position de repos qui est sa position d'équilibre à l'arrêt,
 où ω_3 est la vitesse de rotation du mobile central 1, qui est donc la pulsation du résonateur,
 où I_2 est l'inertie de l'élément inertiel 3 par rapport un axe transverse E perpendiculaire à la fois à l'axe central A et à l'axe secondaire B,
 et où I_3 est l'inertie de l'élément inertiel 3 par rapport à l'axe central A.

[0028] Plus particulièrement, ce résonateur rotatif 10 présente, dans une position de repos, une symétrie de rotation autour de l'axe central A, d'ordre N, où N est un entier, supérieur ou égal à 2.

[0029] Plus particulièrement, les éléments inertiels 3 que comporte le résonateur rotatif 10 sont, dans une position de repos, en symétrie de rotation autour de l'axe central A, d'ordre N, où N est un entier, supérieur ou égal à 2.

[0030] Plus particulièrement encore, chaque élément inertiel 3 présente une symétrie de rotation d'ordre 2 autour de son axe secondaire B.

[0031] Dans une variante, au moins un élément de rappel élastique 4 est fixé à une première extrémité au mobile central 1, et à une deuxième extrémité à l'élément inertiel 3.

[0032] Dans une autre variante, qui peut naturellement être combinée avec la précédente, au moins un élément de rappel élastique 4 est fixé à une première extrémité à un élément inertiel 3, et à une deuxième extrémité à un autre élément inertiel 3.

[0033] Dans une autre variante encore, visible notamment sur les figures 3 et 4, chaque élément de rappel élastique 4 est fixé à une première extrémité au mobile central 1, et à une deuxième extrémité à un élément inertiel 3.

[0034] Plus particulièrement, et tel que visible sur les réalisations illustrées, non limitatives, tous les éléments inertiels 3 d'un même résonateur rotatif 10 sont agencés pour pivoter autour d'un axe secondaire B commun.

[0035] Dans des variantes particulières visibles notamment aux figures 3 et 4, au moins un dit élément inertiel 3 est au moins 5 fois plus long que large, et au moins 5 fois plus large qu'épais.

[0036] Dans un mode de réalisation avantageux, le résonateur rotatif 10 comporte au moins un guidage flexible, pour assurer le pivotement et le rappel élastique d'au moins un élément inertiel 3 par rapport au mobile central 1.

[0037] Ce guidage flexible peut être réalisé de différentes façons : lames flexibles ou lames à cols, agencées de façon croisée en plan, ou selon des plans parallèles et croisées en projection sur un de ces plans parallèles, ou encore agencées selon une configuration RCC (Remote Center Compliance) c'est-à-dire à centre de rotation déporté, les lames faisant un v é entre elles, ou autres.

[0038] L'utilisation de tels guidages flexibles pour réaliser la fonction de guidage rotatif et de rappel élastique permet de supprimer les frottements inhérents à un pivot traditionnel de type arbre-palier, ou similaire.

[0039] Selon le mode de réalisation, ces guidages flexibles peuvent être, ou bien rapportés sur le mobile central 1 et/ou sur un élément inertiel 3, ou être monobloc avec au moins l'un des deux, ou les deux. Les exécutions monobloc peuvent être en matériau micro-usinable, mis en oeuvre par procédé « Liga » ou « Mems » ou similaire, en matériau au moins partiellement amorphe, en silicium et oxyde de silicium, en « DLC » (diamant like carbon), ou autre.

[0040] Plus particulièrement, ce guidage flexible est un pivot à lames qui sont, ou croisées coplanaires, ou croisées en projection sur un plan de projection perpendiculaire à l'axe central A comme dans la réalisation de la figure 4. Cette configuration présente l'avantage de garantir des performances de marche excellentes.

[0041] Il est avantageux que le centre de masse global reste fixe, et que le cumul des éventuels déplacements parasites des centres de masse individuels des éléments inertiels, lors de leur pivotement, s'annule. C'est-à-dire que le centre de masse global de tout le résonateur rotatif 10 reste fixe indépendamment de l'amplitude. Ceci peut être obtenu notamment par la combinaison de la symétrie géométrique en rotation, et par le choix de guidage flexibles identiques pour tout le résonateur rotatif 10 : chaque élément inertiel 3 qui le compose est rappelé par le même guidage flexible.

[0042] L'utilisation des lames croisées, dans des géométries particulières, permet, encore, d'assurer que le couple de rappel provoqué par le guidage flexible sur chacun des éléments inertiels est proportionnel au sinus du double de l'angle de pivotement de cet élément inertiel 3.

[0043] Deux agencements particuliers, nullement limitatifs, sont décrits ci-après pour exposer des moyens d'y parvenir.

[0044] La figure 5 montre un pivot à lames croisées asymétrique : ce guidage flexible est agencé pour imprimer à l'élément inertiel 3 un couple de rappel proportionnel au sinus du double de l'angle de pivotement dudit élément inertiel 3. Ce guidage flexible comporte deux lames flexibles 31, 32, asymétriques joignant chacune un premier encastrement 41, 42, du mobile central 1 à un deuxième encastrement 51, 52 de l'élément inertiel 3. Ces premiers encastresments 41, 42, définissent avec les deuxièmes encastresments 51, 52, respectifs deux directions principales de lames DL1, DL2. Le mobile central 1 et l'élément inertiel 3 sont chacun plus rigide que chacune des lames flexibles 31, 32. Les deux directions principales de lames DL1, DL2, définissent un axe de pivotement théorique D, à leur croisement quand ces deux lames flexibles 31, 32 sont coplanaires, ou au croisement de leurs projections sur le plan de projection quand les deux lames flexibles 31, 32, se développent sur deux niveaux parallèles au plan de projection mais

ne sont pas coplanaires comme dans le cas de la figure 4, et selon un angle au sommet α égal à 112.5° . La deuxième 32 de ces lames a, entre ses encastrement opposés, une deuxième longueur totale L2 triple de la première longueur totale L1 de la première 31 des lames. Et les distances entre les premiers encastrement 41, 42, et l'axe de pivotement théorique D sont, pour la deuxième lame 32 une deuxième distance axiale D2 égale à 0.875 fois la deuxième longueur totale L2, et, pour la première lame 31, une première distance axiale D1 égale à 0.175 fois la première longueur totale L1.

[0045] La figure 6 montre une configuration RCC, à centre de rotation déporté, qui n'est pas réalisée de façon monobloc, mais où les lames sont contraintes angulairement d'un faible angle, au voisinage d'au moins une de leurs extrémités, par exemple par introduction d'une fente déportée latéralement par rapport à la direction de lame théorique. Le guidage flexible réalisé par ce pivot RCC particulier permet aussi de créer un couple proportionnel au sinus de deux fois l'angle, ledit guidage flexible est réalisé par un pivot à lames à centre de rotation déporté constituant un pivot virtuel, dont l'encastrement des lames 31, 32, dans des logements 51, 52, que comporte le mobile central 1 et/ou le élément inertiel 3 résulte d'une précontrainte angulaire de 0.15 radian, avec une torsion à l'encastrement, l'angle au sommet que forment les directions des encastrement des lames 31, 32, au niveau du pivot virtuel est de 52.642° , et la distance entre le pivot virtuel et l'encastrement le plus proche est égale à 0.268864 fois la longueur de chacune des lames 31, 32, qui sont ici identiques, entre leurs encastrement à l'état libre avant la précontrainte de leur extrémité.

[0046] Plus particulièrement, ce guidage flexible est compensé thermiquement.

[0047] Plus particulièrement encore, ce guidage flexible comporte des lames en silicium oxydé, sur lesquelles une croissance différentielle de dioxyde de silicium lors d'un traitement thermique permet de mettre sous forte précontrainte des éléments de plus faible section, tels que des lames au sein d'un ensemble monobloc.

[0048] Dans la variante de la figure 1, le résonateur rotatif 10 comporte, articulés avec certains éléments inertiels 3, des éléments de liaison cinétique supplémentaires 5, qui constituent avec ces éléments inertiels 3 une structure articulée de type pantographe, et qui sont agencés pour augmenter le déploiement radial du résonateur rotatif 10 en limitant sa hauteur selon l'axe central A.

[0049] Dans la variante de la figure 7, le mouvement 100 comporte au moins un axe principal P d'affichage par aiguilles ou disques, et l'axe central A est parallèle à cet axe principal P.

[0050] Dans la variante de la figure 8, l'axe central A est cette fois perpendiculaire à l'axe principal P.

[0051] Par exemple, le mobile de sortie du rouage 300 est une vis sans fin, agencée pour coopérer avec un pignon qui constitue le mobile d'entrée 2.

[0052] De façon particulière, le résonateur rotatif 10 comporte seulement deux ou trois éléments inertiels 3.

En effet, un compromis est à trouver entre les performances et l'encombrement, et un résonateur à deux éléments inertiels en symétrie de rotation assure les performances requises.

5 [0053] Dans une variante avantageuse, le pivotement du mobile central 1 est effectué sur au moins un pivot magnétique, de façon à obtenir le meilleur rendement.

[0054] L'invention concerne encore une montre mécanique 1000 comportant au moins un tel mouvement.

10 [0055] La présente invention présente des avantages importants :

- la suppression du travail du frottement des pivots d'un balancier-spiral usuel, pour augmenter le facteur de qualité du résonateur ;
- la suppression des saccades de l'échappement afin d'augmenter le rendement d'échappement ;
- l'augmentation de la réserve de marche des montres mécaniques actuelles ;
- 20 - l'augmentation de la précision des montres mécaniques actuelles.

[0056] Pour une taille de mouvement donné, on s'attend à quintupler l'autonomie de la montre, et à doubler le pouvoir réglant de la montre. Cela revient à dire que l'invention permet un gain d'un facteur 10 sur les performances du mouvement.

30 Revendications

1. Mouvement (100) mécanique d'horlogerie comportant au moins un moyen de stockage d'énergie (200) agencé pour entraîner un rouage (300) dont un mobile de sortie est agencé pour pivoter autour d'un axe moteur, et comportant un résonateur rotatif (10) lequel comporte au moins un mobile central (1), agencé pour pivoter autour d'un axe central (A), et comportant un mobile d'entrée (2) agencé pour coopérer avec ledit mobile de sortie, **caractérisé en ce que** ledit résonateur rotatif (10) comporte au moins un élément inertiel (3) agencé pour pivoter par rapport au mobile central (1) autour d'un axe secondaire (B) perpendiculaire audit axe central (A) et sécant avec lui, et rappelé vers une position de repos, relative par rapport audit mobile central (1), par au moins un élément de rappel élastique (4), et encore **caractérisé en ce que** ledit axe secondaire (B) passe par le centre de masse dudit élément inertiel (3) qui lui est associé.

2. Mouvement (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit résonateur rotatif (10) comporte une pluralité d'éléments inertiels (3) chacun agencé pour pivoter par rapport au mobile central (1) autour d'un axe secondaire (B) perpendiculaire audit axe central (A) et sécant avec lui, et chacun rappelé vers une position de repos, relative par rap-

port audit mobile central (1), par au moins un élément de rappel élastique (4), et encore **caractérisé en ce que** chaque dit axe secondaire (B) passe par le centre de masse dudit élément inertiel (3) qui lui est associé.

3. Mouvement (100) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ledit au moins un élément de rappel élastique (4) est agencé pour appliquer audit élément inertiel (3) un couple avec un moment de rappel élastique, selon la relation:

$$M(\theta_1) = \frac{1}{2} \cdot \omega_3^2 \cdot (I_2 - I_3) \cdot \sin(2\theta_1),$$

où θ_1 est l'angle d'inclinaison dudit élément inertiel (3) par rapport à sa dite position de repos qui est sa position d'équilibre à l'arrêt, où ω_3 est la vitesse de rotation dudit mobile central (1), où I_2 est l'inertie dudit élément inertiel (3) par rapport un axe transverse (E) perpendiculaire à la fois audit axe central (A) et audit axe secondaire (B) et où I_3 est l'inertie dudit élément inertiel (3) par rapport audit axe central (A).

4. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ledit résonateur rotatif (100) présente, dans une position de repos, une symétrie de rotation autour dudit axe central (A), d'ordre N, où N est supérieur ou égal à 2.
5. Mouvement (100) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits éléments inertiels (3) que comporte ledit résonateur rotatif (10) sont, dans une position de repos, en symétrie de rotation autour dudit axe central (A), d'ordre N, où N est supérieur ou égal à 2.
6. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** au moins un dit élément inertiel (3) présente une symétrie de rotation d'ordre 2 autour de son dit axe secondaire (B).
7. Mouvement (100) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** chaque dit élément inertiel (3) présente une symétrie de rotation d'ordre 2 autour de son dit axe secondaire (B).
8. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** au moins un dit élément de rappel élastique (4) est fixé à une première extrémité audit mobile central (1), et à une deuxième extrémité audit élément inertiel (3).
9. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** au moins un dit élément de rappel élastique (4) est fixé à une première extrémité à un dit élément inertiel (3), et à une deuxième

me extrémité à un autre dit élément inertiel (3).

10. Mouvement (100) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** chaque dit élément de rappel élastique (4) est fixé à une première extrémité audit mobile central (1), et à une deuxième extrémité audit élément inertiel (3).
11. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** tous lesdits éléments inertiels (3) sont agencés pour pivoter autour d'un axe secondaire (B) commun.
12. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** au moins un dit élément inertiel (3) est au moins 5 fois plus long que large, et au moins 5 fois plus large qu'épais.
13. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ledit résonateur rotatif (10) comporte au moins un guidage flexible pour assurer le pivotement et le rappel élastique d'au moins un dit élément inertiel (3) par rapport audit mobile central (1).
14. Mouvement (100) selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** ledit guidage flexible est un pivot à lames qui sont, ou croisées coplanaires, ou croisées en projection sur un plan de projection perpendiculaire audit axe central (A), ou à centre de rotation déporté.
15. Mouvement (100) selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** ledit guidage flexible est agencé pour imprimer audit élément inertiel (3) un couple de rappel proportionnel au sinus du double de l'angle de pivotement dudit élément inertiel (3).
16. Mouvement (100) selon les revendications 14 et 15, **caractérisé en ce que** ledit guidage flexible comporte deux lames flexibles (31 ; 32) asymétriques joignant chacune un premier encastrement (41 ; 42) dudit mobile central (1) à un deuxième encastrement (51 ; 52) dudit élément inertiel (3) lesdits premiers encastresments (41 ; 42) définissant avec lesdits deuxièmes encastresments (51 ; 52) respectifs deux directions principales de lames (DL1 ; DL2), ledit mobile central (1) et ledit élément inertiel (3) étant chacun plus rigide que chacune desdites lames flexibles (31 ; 32), et lesdites deux directions principales de lames (DL1 ; DL2) définissant un axe de pivotement théorique (D), à leur croisement quand lesdites deux lames flexibles (31 ; 32) sont coplanaires, ou au croisement de leurs projections sur ledit plan de projection quand lesdites deux lames flexibles (31 ; 32) se développent sur deux niveaux parallèles audit plan de projection mais ne sont pas coplanaires, et selon un angle au sommet (α) égal à 112.5°, **en ce que** la

deuxième (32) desdites lames a, entre ses encastres-
 trements opposés, une deuxième longueur totale
 (L2) triple de la première longueur totale (L1) de la
 première (31) desdites lames, et, **en ce que** les dis-
 tances entre lesdits premiers encastres- 5
 trements (41 ; 42) et ledit axe de pivotement théorique (D) sont,
 pour ladite deuxième (32) desdites lames une
 deuxième distance axiale (D2) égale à 0.875 fois
 ladite deuxième longueur totale (L2), et pour ladite 10
 première (31) desdites lames une première distance
 axiale (D1) égale à 0.175 fois ladite première lon-
 gueur totale (L1).

17. Mouvement (100) selon la revendication 13 ou 14,
caractérisé en ce que ledit guidage flexible est réa- 15
 lisé par un pivot à lames à centre de rotation déporté
 constituant un pivot virtuel, dont l'encastrement des
 lames (31 ; 32) dans des logements (51 ; 52) que
 comporte ledit mobile central (1) ou ledit élément 20
 inertiel (3) résulte d'une précontrainte angulaire de
 0.15 radian, **en ce que** l'angle au sommet que for-
 ment les directions des encastres-
 trements desdites la-
 mes (31 ; 32) au niveau dudit pivot virtuel est de 52.642°, et **en ce que** la distance entre ledit pivot 25
 virtuel et l'encastrement le plus proche est égale à
 0.268864 fois la longueur de chacune desdites la-
 mes (31 ; 32) entre leurs encastres-
 trements à l'état libre
 avant la précontrainte de leur extrémité.
18. Mouvement (100) selon l'une des revendications 13 30
 à 17, **caractérisé en ce que** ledit guidage flexible
 est compensé thermiquement, et comporte des la-
 mes en silicium oxydé.
19. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 35
 à 18, **caractérisé en ce que** ledit résonateur rotatif
 (10) comporte, articulés avec certains dits éléments
 inertiels (3), des éléments de liaison cinétique sup-
 plémentaires (5) constituant avec lesdits éléments 40
 inertiels (3) une structure de type pantographe, et
 qui sont agencés pour augmenter le déploiement ra-
 dial dudit résonateur rotatif (10) en limitant sa hau-
 teur selon ledit axe central (A).
20. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1 45
 à 19, **caractérisé en ce que** ledit mouvement (100)
 comporte au moins un axe principal (P) d'affichage
 par aiguilles ou disques, et **en ce que** ledit axe cen-
 tral (A) est parallèle audit axe principal (P). 50
21. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1
 à 20, **caractérisé en ce que** ledit mouvement (100)
 comporte au moins un axe principal (P) d'affichage
 par aiguilles ou disques, et **en ce que** ledit axe cen-
 tral (A) est perpendiculaire audit axe principal (P). 55
22. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1
 à 21, **caractérisé en ce que** ledit mobile de sortie

dudit rouage (300) est une vis sans fin.

23. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1
 à 22, **caractérisé en ce que** ledit résonateur rotatif 5
 (10) comporte seulement deux ou trois dits éléments
 inertiels (3).
24. Mouvement (100) selon l'une des revendications 1
 à 23, **caractérisé en ce que** le pivotement dudit mo-
 bile central (1) est effectué sur au moins un pivot 10
 magnétique.
25. Montre mécanique (1000) comportant au moins un
 mouvement (100) selon l'une des revendications 1
 à 24.

Fig. 1

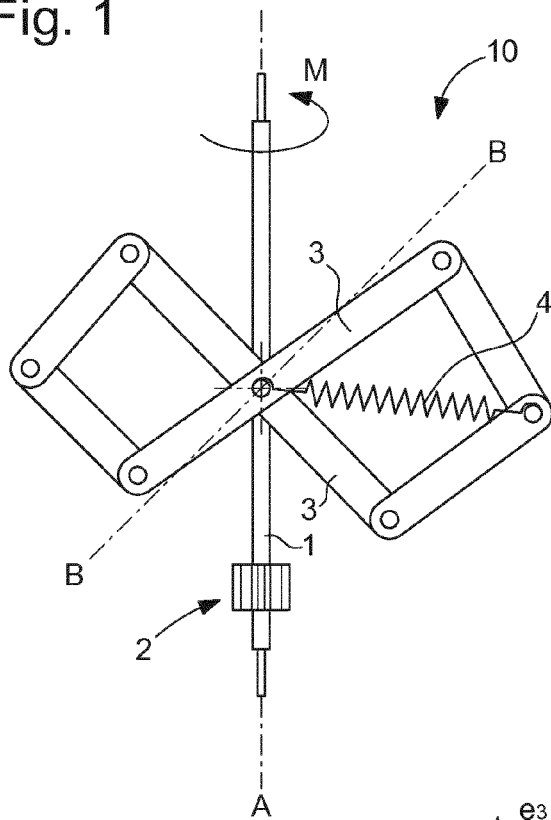


Fig. 2

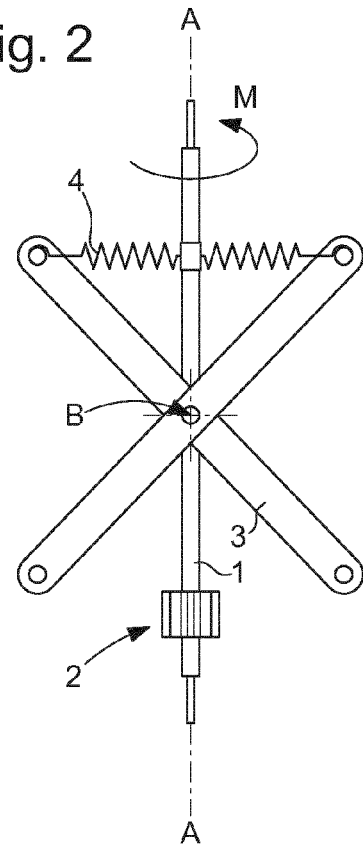
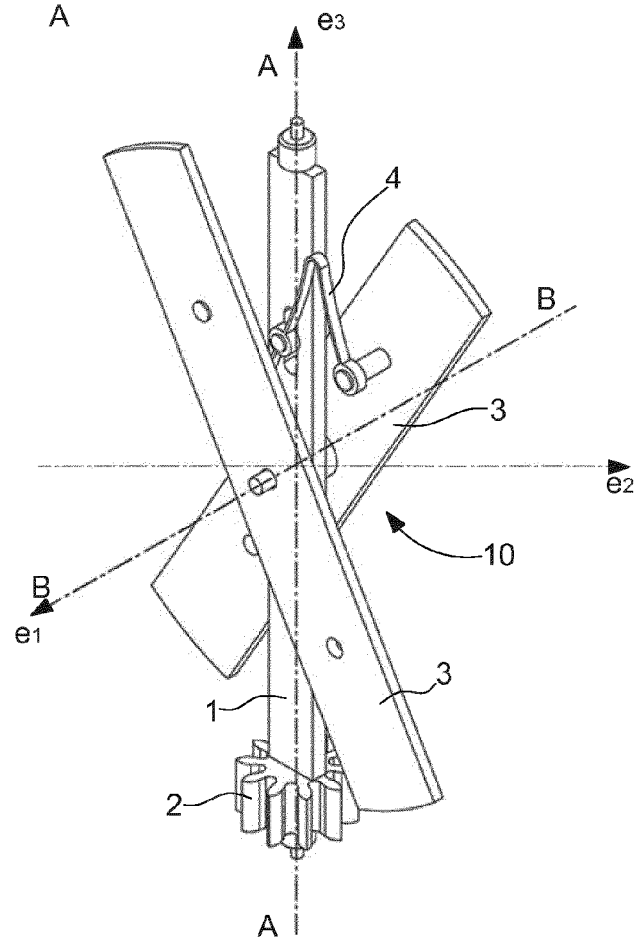


Fig. 3



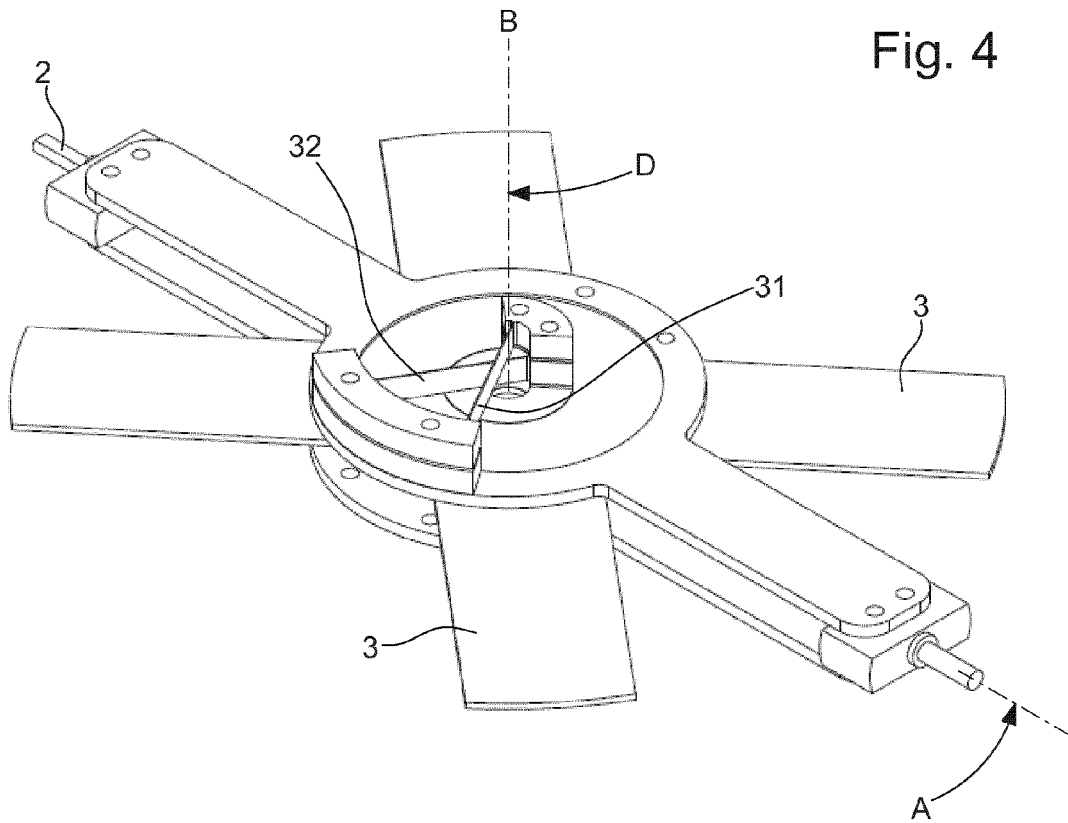


Fig. 5

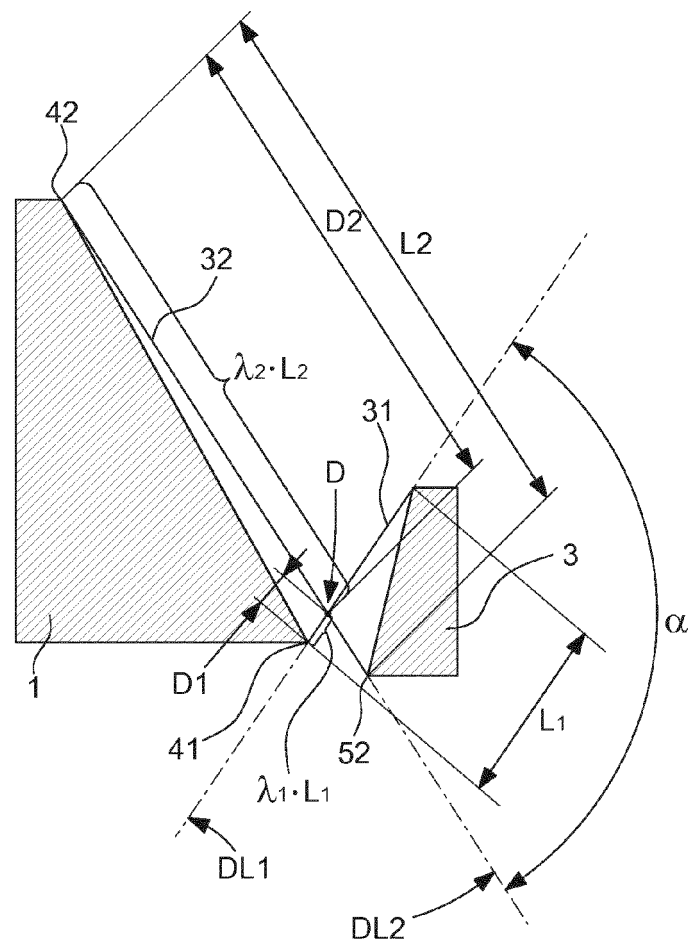


Fig. 6

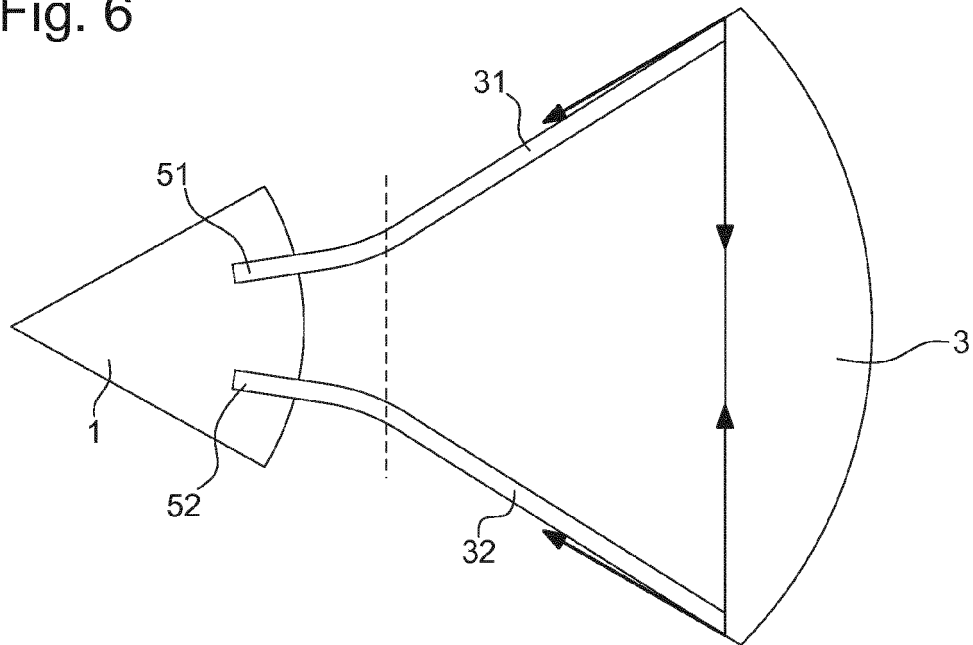


Fig. 7

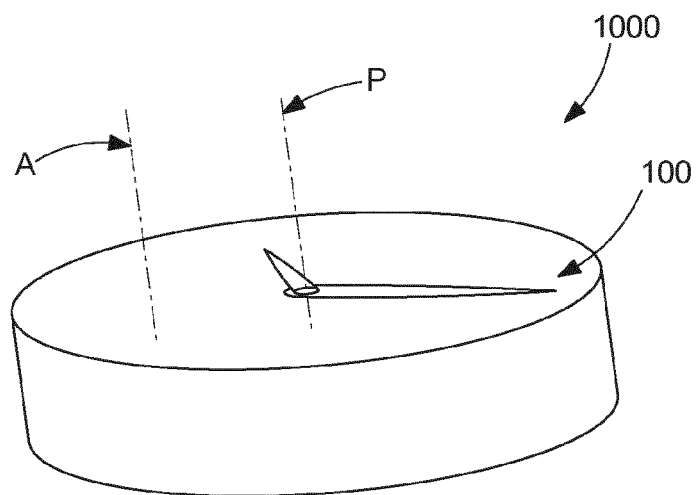
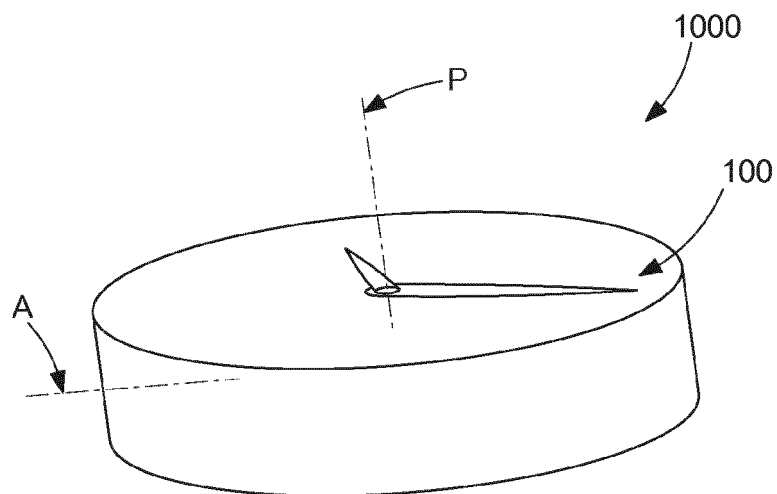


Fig. 8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 18 3211

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	CH 293 180 A (MARTENET LOUIS [CH]) 15 septembre 1953 (1953-09-15) * phrases 1-5; 12-68; figures 1-2 *	1-25	INV. G04B17/30
A	FR 630 831 A (M. GEORG HEINRICH SCHIEFERSTEIN) 9 décembre 1927 (1927-12-09) * page 1;2, lignes 38-60; 53-68; figure 6 *	1-25	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 12 mars 2018	Examineur Camatchy Toppé, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 17 18 3211

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.
12-03-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 293180 A	15-09-1953	AUCUN	
FR 630831 A	09-12-1927	CH 113025 A	16-12-1925
		FR 630831 A	09-12-1927
		GB 240505 A	28-09-1925
		US 1595169 A	10-08-1926

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- EP 16195399 A [0013] [0014] [0017]