



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

(51) Int Cl.:  
**G04B 17/28 (2006.01)** **G04B 17/04 (2006.01)**  
**G04B 17/06 (2006.01)** **G04B 17/08 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **16152268.5**

(22) Date de dépôt: **21.01.2016**

(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**

• **Helfer, Jean-Luc**  
**2525 Le Landeron (CH)**  
• **Di Domenico, Gianni**  
**2000 Neuchâtel (CH)**  
• **Conus, Thierry**  
**2543 Lengnau (CH)**  
• **Born, Jean-Jacques**  
**1110 Morges (CH)**

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

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

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**  
**2540 Grenchen (CH)**

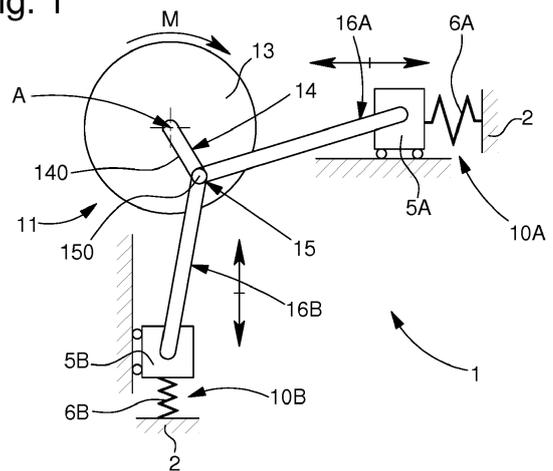
(72) Inventeurs:  
• **Winkler, Pascal**  
**2072 St-Blaise (CH)**

(54) **MECANISME OSCILLATEUR D'HORLOGERIE**

(57) Oscillateur horloger (1) comportant une structure (2) et des résonateurs primaires (10) distincts, déphasés temporellement et géométriquement, comportant chacun une masse (5) rappelée vers la structure (2) par un moyen de rappel élastique (6), cet oscillateur horloger (1) comporte des moyens de couplage (11) pour l'interaction des résonateurs primaires (10), comportant un mobile (13) soumis à un couple ou effort moteur, ce mobile (13) comportant des moyens d'entraînement et de guidage (14) agencés pour entraîner et guider un moyen de commande (15) articulé avec des moyens de transmission (16) chacun articulé, à distance du moyen de commande (15), avec une masse (5) d'un résonateur primaire (10), et ces résonateurs primaires (10) et ce mobile (13) sont agencés de telle façon que les axes des articulations de deux quelconques des résonateurs primaires (10) et l'axe d'articulation du moyen de commande (15) ne sont jamais coplanaires.

Les centres de masse desdits résonateurs primaires (10) restent en position fixe lors des oscillations, au voisinage immédiat des centres de rotation desdits oscillateurs primaires, afin de minimiser les effets nuisibles de la gravité sur l'isochronisme.

Fig. 1



## 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 et 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.

**[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]** Le document WO2015104693 au nom de EPFL décrit 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.

### Résumé de l'invention

**[0010]** 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 haut

facteur de qualité.

**[0011]** 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.

**[0012]** A cet effet, l'invention concerne un oscillateur horloger selon la revendication 1.

**[0013]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel oscillateur horloger.

**[0014]** L'invention concerne une montre comportant au moins un tel mouvement.

### Description sommaire des dessins

**[0015]** 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 l'invention, dans un cas général avec deux résonateurs élémentaires 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 élémentaires ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée et en vue en plan, une autre variante où les résonateurs primaires sont des résonateurs rotatifs, de type balancier-spiral ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée et en vue en plan, une autre variante avec deux résonateurs primaires chacun est constitué d'une paire de résonateurs élémentaires, qui comportent chacun une masse élémentaire portée par une lame flexible élastique élémentaire sous forme de spiral, 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 spiraux, 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 ces 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 de trois tels résonateurs ;
  - la figure 8 représente, de façon schématisée et en perspective, un oscillateur horloger comportant trois résonateurs primaires 1 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 primaires ;
  - 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 où le mobile comporte une structure élastique déformable, formant un guidage souple radialement et rigide tangentiellement, 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

**[0016]** L'invention concerne une montre mécanique 200 munie de résonateurs équilibrés, déphasés et entretenus de manière continue.

**[0017]** L'invention concerne un oscillateur horloger 1 comportant une structure 2 ou/et un cadre 4, et une pluralité de résonateurs primaires 10 et distincts.

**[0018]** 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 » que chaque résonateur primaire 10 possède sa propre masse inertielle 5 et son propre moyen de rappel élastique 6, notamment un ressort.

**[0019]** Selon l'invention, cet oscillateur horloger 1 comporte des moyens de couplage 11, qui sont agencés pour permettre l'interaction des résonateurs primaires 10. Le mobile 13 est 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 entraîner 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 avec une pluralité de moyens de transmission 16, chacun articulé, à distance du moyen de commande 15, avec une masse inertielle 5 d'un résonateur primaire 10.

**[0020]** De préférence, les résonateurs primaires 10 oscillent autour d'axes parallèles entre eux.

**[0021]** L'invention s'attache à effectuer une compensation des efforts aux encastremets, aussi bien en translation qu'en rotation, contrairement à l'art antérieur connu, qui n'effectue qu'une compensation en translation.

**[0022]** 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.

**[0023]** Bien sûr, le fait d'annuler les réactions aux encastremets 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.

**[0024]** De plus, les résonateurs primaires 10 et le mobile 13 sont agencés de telle façon que les axes des articulations de deux quelconques des résonateurs primaires 10 et l'axe d'articulation 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.

**[0025]** 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. Dans une variante particulière de réalisa-

tion, 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. De préférence, cette rainure 140 est sensiblement radiale par rapport à l'axe de rotation A du mobile 13.

**[0026]** 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.

**[0027]** 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  $\pi$ . Autrement formulé, le produit vectoriel des deux directions de bielles est différent de zéro.

**[0028]** 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.

**[0029]** 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  $2\pi/n$ .

**[0030]** La figure 1 illustre un cas général de deux résonateurs élémentaires 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.

**[0031]** 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  $180^\circ$  et avantageusement supérieure à  $270^\circ$ . 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  $30^\circ$ .

**[0032]** Ces résonateurs primaires 10 rotatifs sont peu sensibles aux chocs en translation, et aux problèmes de positionnement, contrairement aux résonateurs linéaires et angulaires.

**[0033]** 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.

**[0034]** 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. Les forces s'annulent 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 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.

**[0035]** 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..

**[0036]** Pour un fonctionnement optimal, les résonateurs primaires rotatifs 10 sont agencés de façon à ce que leurs centres de masse restent 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.

**[0037]** 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.

**[0038]** 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  $\pi$  l'un par rapport à l'autre.

**[0039]** 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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  $\pi$  l'un par rapport à l'autre.

**[0043]** 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.

**[0044]** Dans le cas particulier des figures 3 et 5, chaque résonateur primaire 10 est constitué d'une telle paire de résonateurs élémentaires 810.

**[0045]** 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 61 A, 62A, respectivement 61 B, 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.

**[0046]** Dans cette variante, chaque résonateur primaire 10 est équilibré pour lui-même, en translation et en rotation.

**[0047]** Pour chaque résonateur primaire 10A, 10B, au moins la liaison élastique principale 3A, respectivement 3B, la traverse 40A, respectivement 40B, les lames flexibles élastiques 61 A, 62A, respectivement 61 B, 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.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** Dans une autre variante, la structure monolithique est élaborée par découpe d'une plaque, par exemple par électro-érosion au fil ou/et enfonçage.

La traverse 40A, respectivement 40B, porte une paire de masses 5, repérées 51 A et 52 A, respectivement 51B et 52B, 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 61 A, 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.

**[0051]** 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 : 61 A, 62A, respectivement 61 B, 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 permet de compenser la direction de plus grand déplacement des centres de masse, qui se déplacent de façon symétrique par rapport au plan de symétrie.

**[0052]** 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'accélération similaires.

**[0053]** 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.

**[0054]** 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.

**[0055]** Les figures 1, 2, 3, et 5 illustrent un oscillateur horloger 1 comportant deux résonateurs primaires 10.

**[0056]** Dans une réalisation particulière, l'oscillateur horloger 1 comporte au moins trois résonateurs primaires 10.

**[0057]** 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.

**[0058]** 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 composés des résonateurs élémentaires 10A et 10C, déphasés de  $\pi$ , l'autre des résonateurs élémentaires 10B et 10D, également déphasés de  $\pi$ .

**[0059]** 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.

**[0060]** 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.

**[0061]** 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.

**[0062]** 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.

**[0063]** Dans les variantes illustrées, 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.

**[0064]** La figure 11 illustre une variante 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.

**[0065]** 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.

**[0066]** 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.

**[0067]** 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.

**[0068]** Avantageusement, cette structure monolithique comporte encore les butées.

**[0069]** 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'annule entre les résonateurs primaires 10.

**[0070]** Dans une variante non illustrée, les moyens de rappel élastique 6 des résonateurs primaires 10 sont des pivots virtuels à lames croisées.

**[0071]** Dans une variante particulière de l'oscillateur horloger 1 selon invention, les résonateurs primaires 10 sont isochrones.

**[0072]** 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.

**[0073]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 100 comportant au moins un tel oscillateur horloger 1.

**[0074]** L'invention concerne encore une montre 200 comportant au moins un tel mouvement 100.

**[0075]** Les avantages de l'invention sont nombreux :

- une roue à rainure, contrairement à une liaison élastique sur une manivelle, n'ajoute pas de force de rappel parasite aux résonateurs lorsque l'amplitude change. Il s'ensuit un meilleur isochronisme ;
- 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 (10) 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), **caractérisé en ce que** ledit oscillateur horloger (1) comporte des moyens de couplage (11) agencés pour permettre l'interaction desdits résonateurs primaires (10), lesdits moyens de couplage (11) comportant un mobile (13) soumis à un couple ou un effort moteur, lequel mobile (13) comporte des moyens d'entraînement et de guidage (14) agencés pour entraîner et guider un moyen de commande (15) lequel est articulé avec une pluralité de moyens de transmission (16) chacun articulé, à distance dudit moyen de commande (15), avec une dite masse inertielle (5) d'un dit résonateur primaire (10), et encore **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) et ledit mobile (13) sont agencés de telle façon que les axes des articulations de deux quelconques desdits résonateurs primaires (10) et l'axe d'articulation dudit moyen de commande (15) ne sont jamais coplanaires, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) sont des résonateurs rotatifs, et **en ce que** les centres de masse desdits résonateurs primaires (10) restent, lors des oscillations normales desdits résonateurs primaires (10), au voisinage immédiat des centres de rotation desdits oscillateurs primaires.
2. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la résultante des efforts et couples de réaction de l'ensemble desdits résonateurs primaires (10) par rapport à ladite structure commune (2) ou audit cadre (4) est nulle.
3. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) ont au moins un mode de résonance sensi-

- blement identique, et sont agencés pour vibrer selon un déphasage entre eux de la valeur  $2\pi/n$ , où  $n$  est le nombre desdits résonateurs primaires (10).
4. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les centres de masse desdits résonateurs primaires (10) restent en position fixe lors des oscillations normales desdits résonateurs primaires (10).
5. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de transmission (16) sont des lames flexibles élastiques.
6. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 4, **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 primaires (10), et comportent au moins un col flexible au niveau de chaque zone d'articulation.
7. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **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  $\pi$ .
8. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 7, **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).
9. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** ledit mobile (13) est soumis à un mouvement de rotation, et **en ce que** ledit mobile (13) comporte une structure élastique (130) formant un guidage souple radialement et rigide tangentiellement.
10. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de rappel élastique (6) desdits résonateurs primaires (10) comportent des lames flexibles, et **en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) et/ou ladite structure commune (2) ou audit 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.
11. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** ledit oscillateur horloger (1) comporte une structure monolithique qui regroupe une structure commune (4) vers laquelle sont appelées 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).
12. Oscillateur horloger (1) selon les revendications 10 et 11, **caractérisé en ce que** ladite structure monolithique comporte encore lesdites butées.
13. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 11 ou 12, **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.
14. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de rappel élastique (6) desdits résonateurs primaires (10) comportent des lames rectilignes courtes, d'une longueur inférieure à la plus petite valeur entre quatre fois leur hauteur ou trente fois leur épaisseur.
15. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) sont isochrones.
16. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits moyens moteurs (12) sont agencés pour entraîner ledit mobile (13) selon un mouvement de rotation, et **en ce que** lesdits moyens d'entraînement et de guidage (14) sont constitués par une rainure (140) dans laquelle coulisse un doigt (150) que comporte ledit moyen de commande (15).
17. Oscillateur horloger (1) selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** ladite rainure (140) est sensiblement radiale par rapport à l'axe de rotation (A) dudit mobile (3).
18. Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) 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.

5

- 19.** Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** lesdits résonateurs primaires (10) forment ensemble un mécanisme oscillateur isochrone de type diapason dit en cornes de bouc et comportent chacune une traverse (40A ; 40B) portant 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.
- 20.** Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce que** au moins un dit moyen de rappel élastique (6) constitue également un guidage rotatif.
- 21.** Oscillateur horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 20, **caractérisé en ce que** au moins lesdits moyens élastiques qu'il comporte sont compensés thermiquement.
- 22.** Mouvement d'horlogerie (100) comportant au moins un oscillateur horloger (1) selon une des revendications précédentes.
- 23.** Montre (200) comportant au moins un mouvement (100) selon la revendication précédente.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

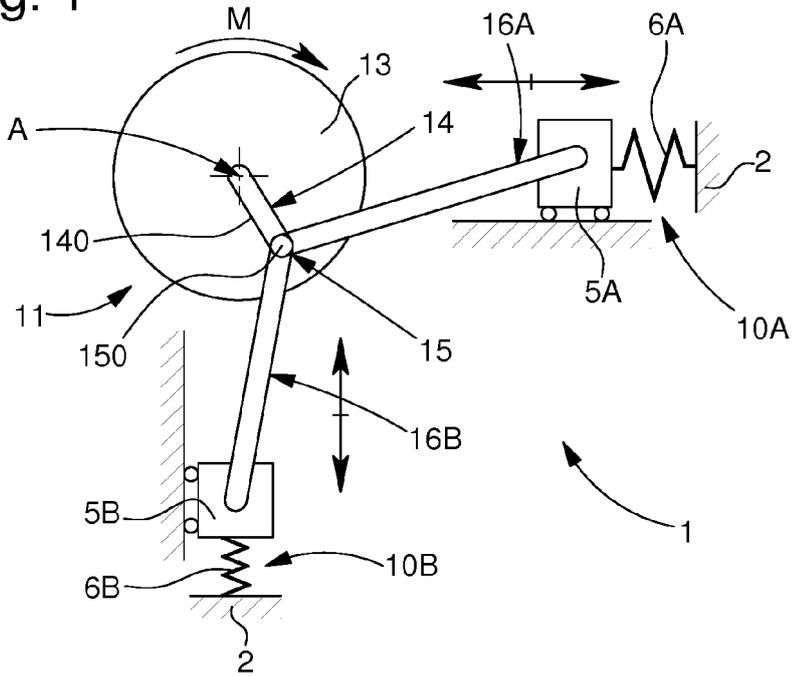


Fig. 2

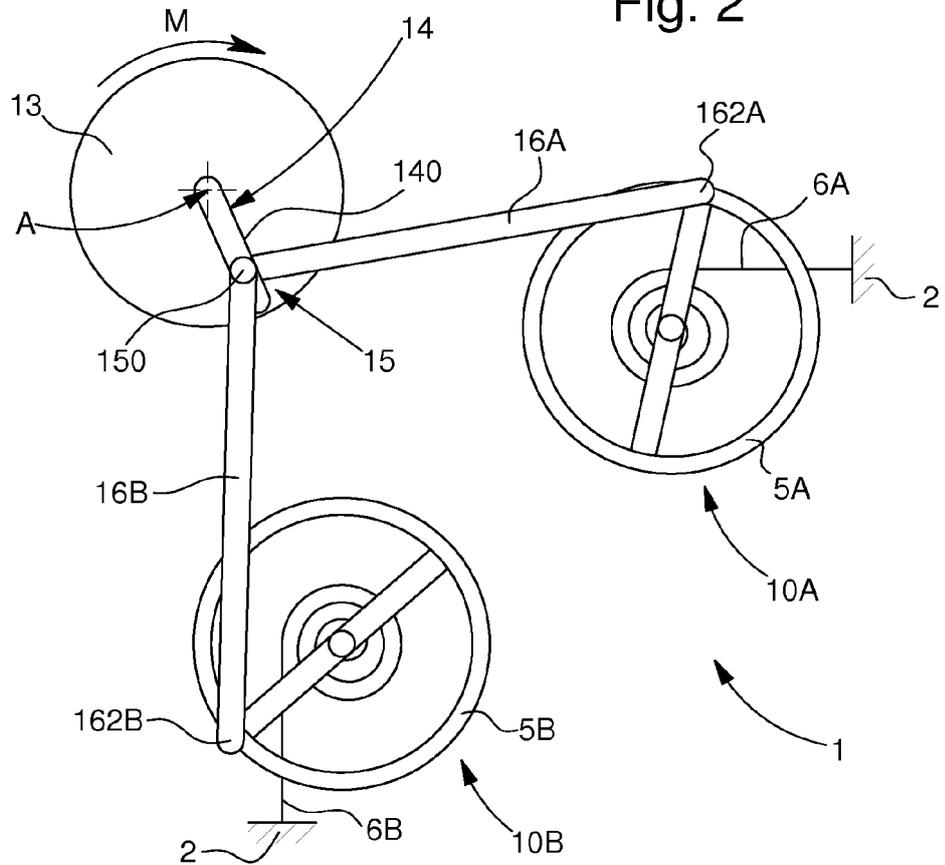




Fig. 6

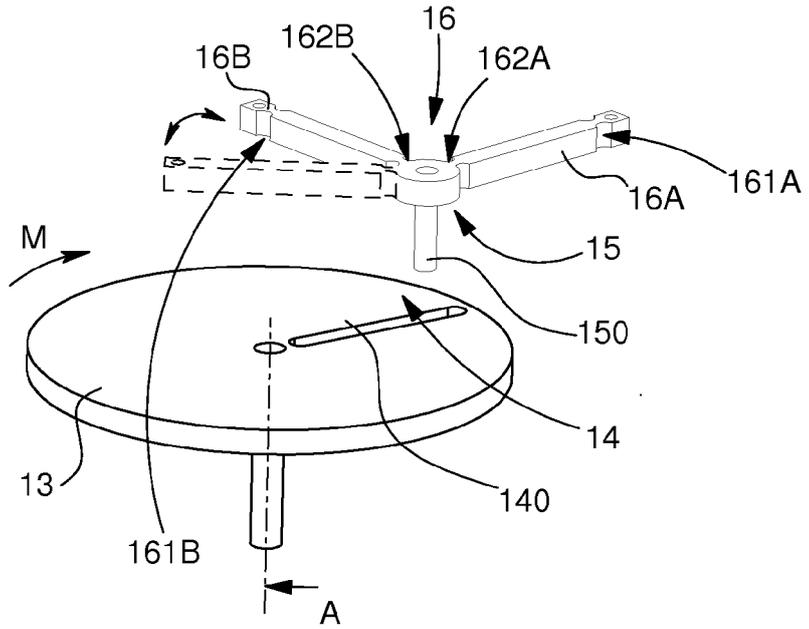


Fig. 7

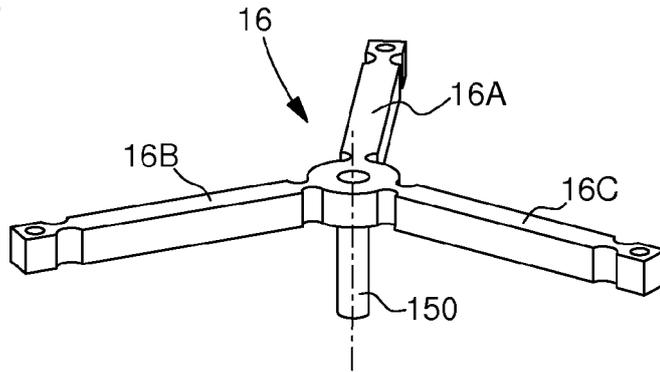
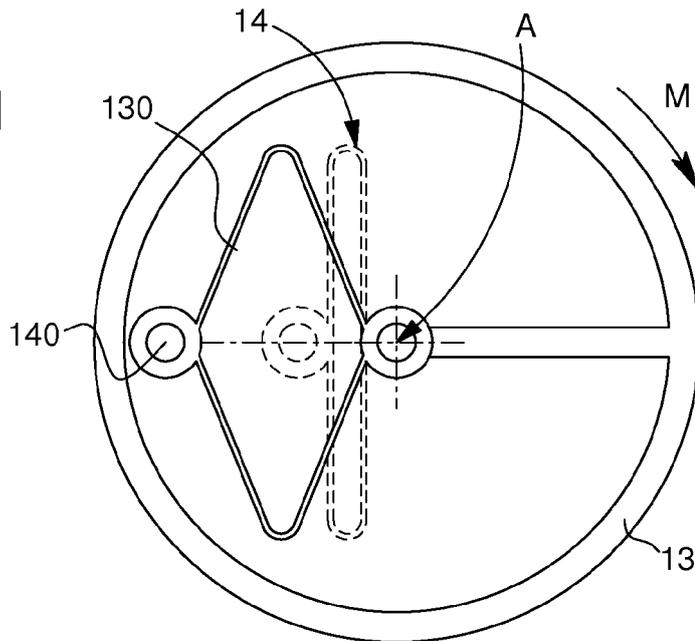


Fig. 11



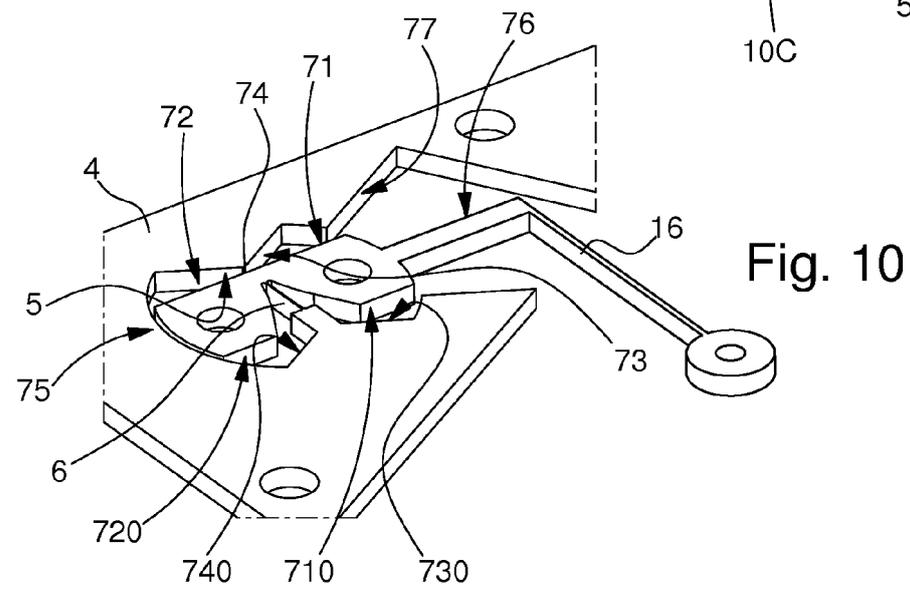
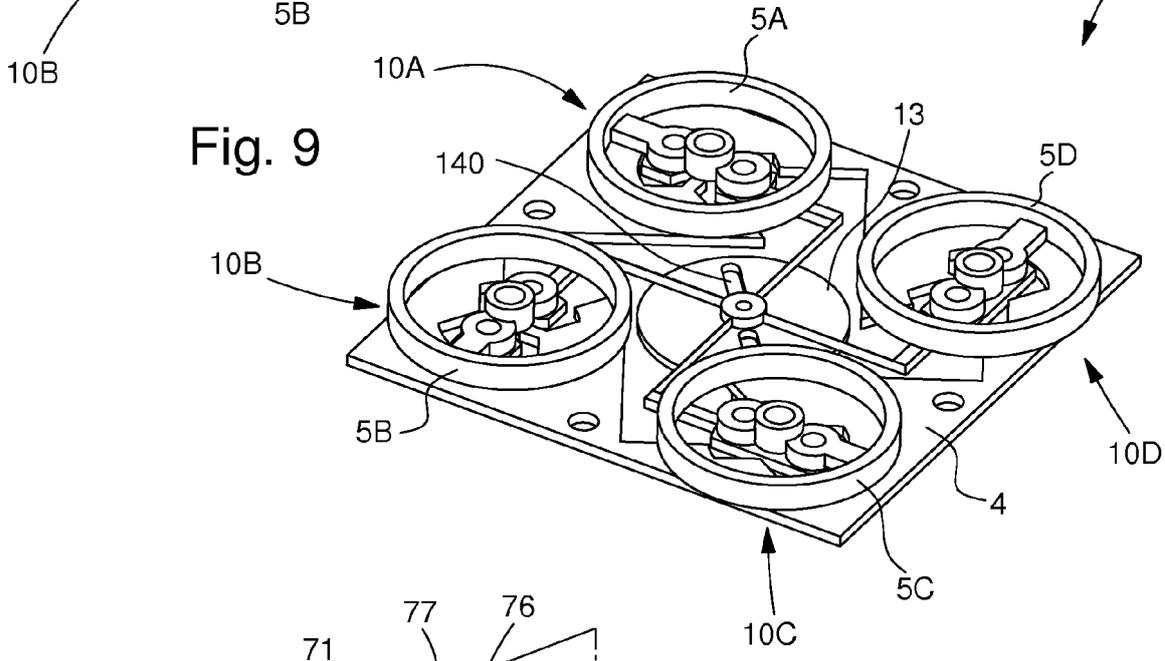
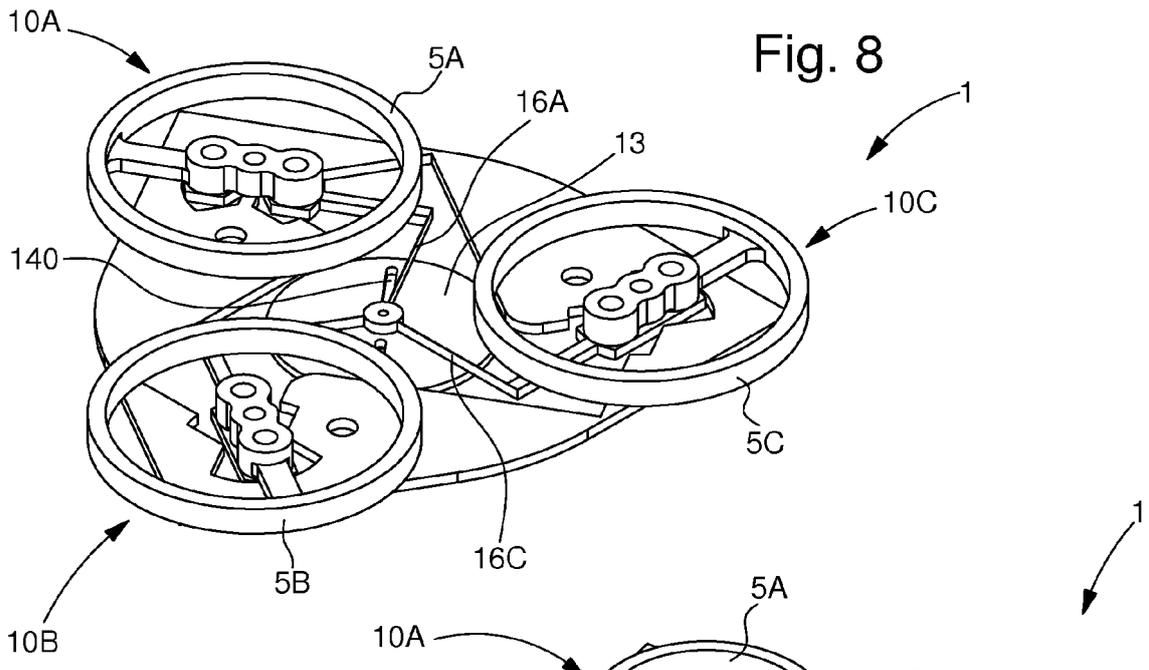


Fig. 12

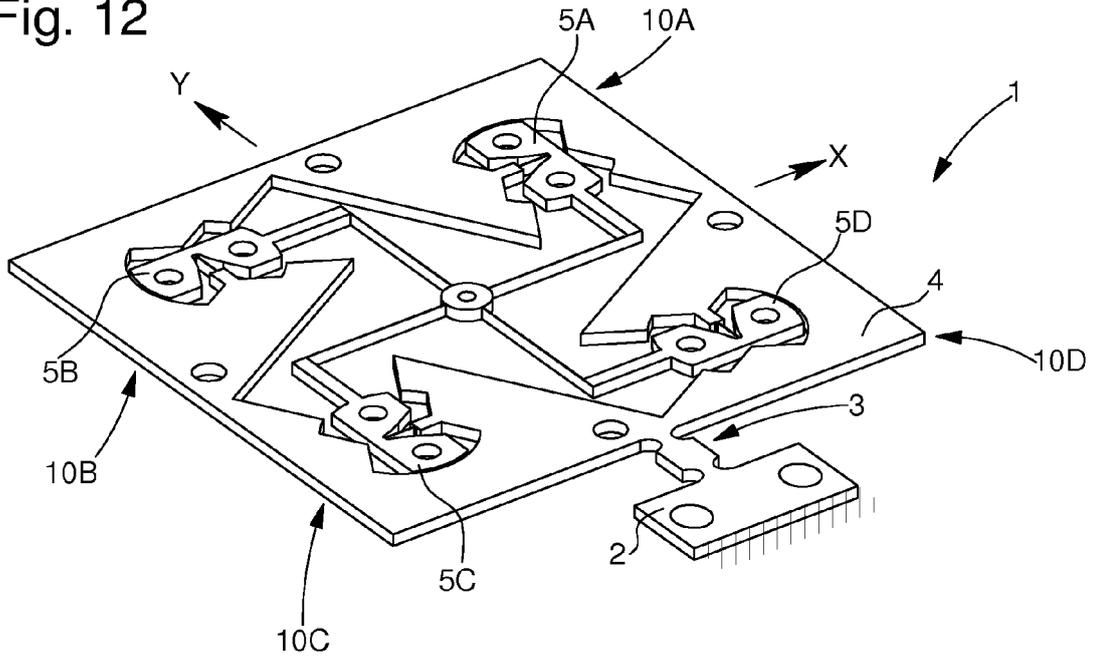


Fig. 13

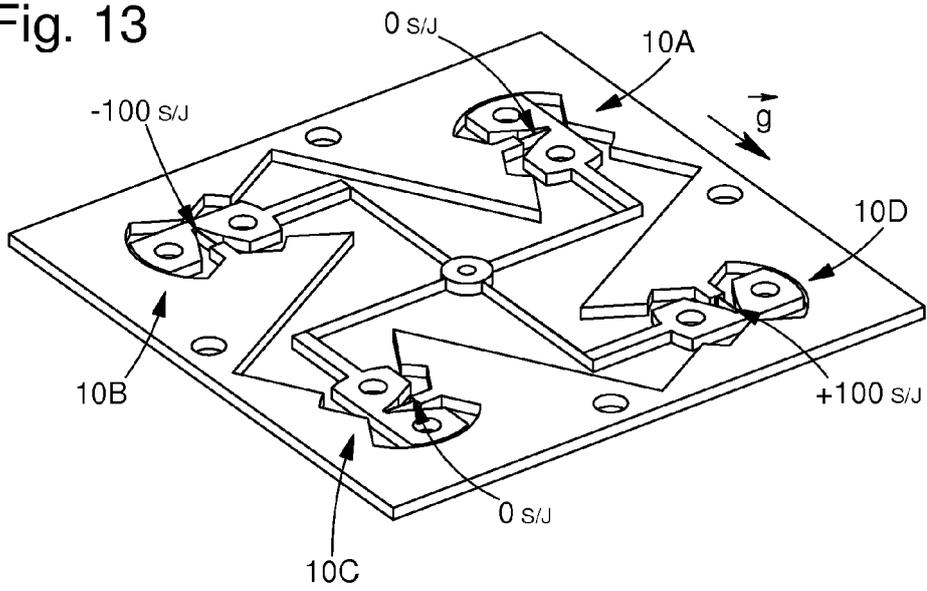
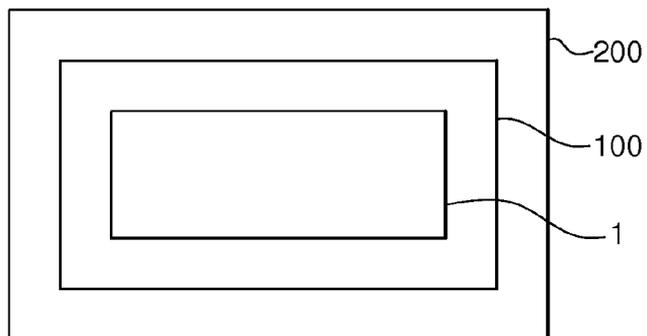


Fig. 14





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 16 15 2268

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)
X	FR 630 831 A (SCHIEFERSTEIN HEINRICH [DE]) 9 décembre 1927 (1927-12-09)	1,5,7,8, 10,15, 20,22	INV. G04B17/28 G04B17/04
Y	* page 1, ligne 1 - page 1, ligne 29 *	1,2,21	G04B17/06
A	* page 1, ligne 49 - page 2, ligne 20; figure 1 * * page 4, ligne 24 - page 4, ligne 35 *	3,4,6,9, 11-14, 16-19,23	G04B17/08
Y	CH 451 021 A (EBAUCHES SA [CH]) 15 mai 1968 (1968-05-15) * figure 1 *	1,2,21	
A	FR 563 314 A (SCHIEFERSTEIN HEINRICH [DE]) 3 décembre 1923 (1923-12-03) * figures 12-14 *	1-23	
A	CH 466 993 A (EBAUCHES SA [CH]) 14 février 1969 (1969-02-14) * figures 1-2 *	1-23	
A	GB 1 293 159 A (SUWA SEIKOSHA KK [JP]) 18 octobre 1972 (1972-10-18) * figures 1-8 *	1-23	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>22 juin 2016</b>	Examineur <b>Cavallin, Alberto</b>
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 16 15 2268

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.

22-06-2016

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 630831	A	09-12-1927	AUCUN	
CH 451021	A	15-05-1968	CH 757165 A4	15-09-1967
			DE 1523903 A1	28-08-1969
			GB 1099665 A	17-01-1968
			JP S4916490 B1	23-04-1974
			US 3548585 A	22-12-1970
FR 563314	A	03-12-1923	AUCUN	
CH 466993	A	14-02-1969	CH 474466 A4	13-09-1968
			CH 485145 A	31-01-1970
			DE 1673734 A1	25-02-1971
			GB 1121424 A	24-07-1968
			US 3447311 A	03-06-1969
GB 1293159	A	18-10-1972	AUCUN	

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**

- FR 630831 [0008] [0031]
- WO 2015104693 A [0009]