

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
21 janvier 2021 (21.01.2021)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/009613 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G04B 17/04 (2006.01) G04B 17/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2020/056370

(22) Date de dépôt international :
07 juillet 2020 (07.07.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
19185980.0 12 juillet 2019 (12.07.2019) EP

(71) Déposant : PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH/CH] ;
Rue du Rhône 41, 1204 Genève (CH).

(72) Inventeur : CHABLOZ, David ; 5, Impasse des Corneilles, 74380 Cranves-Sales (FR).

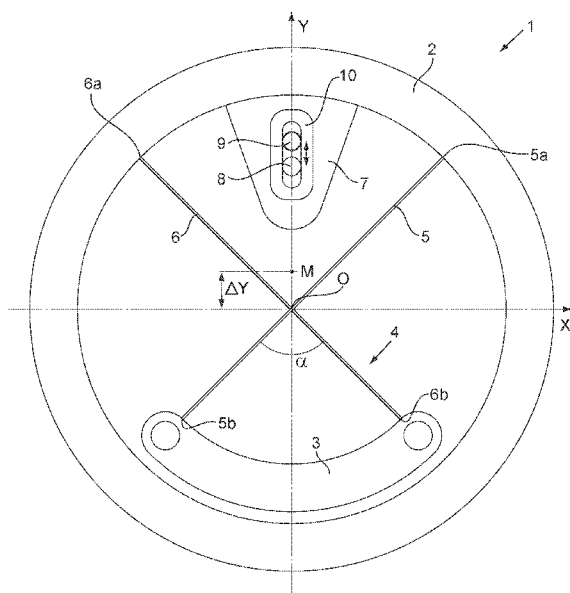
(74) Mandataire : MICHELI & CIE SA ; 122, Rue de Genève, CP 61, 1226 Thônex (CH).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR ADJUSTING A FLEXIBLY PIVOTED CLOCK OSCILLATOR

(54) Titre : PROCEDE DE REGLAGE D'UN OSCILLATEUR HORLOGER A PIVOT FLEXIBLE

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for adjusting a clock oscillator (1) comprising a balance wheel (2), a support (3) and a flexible pivot (4) which connects the balance wheel (2) to the support (3) and which guides the balance wheel (2) in terms of rotation relative to the support (3) about a virtual rotation axis, the flexible pivot (4) having, as an orthogonal projection in a plane perpendicular to the virtual rotation axis, an axis of symmetry (Y) which is also an axis of symmetry for the points (5a, 6a) connecting the flexible pivot (4) to the balance wheel (2). According to this method, the imbalance of the balance wheel (2) is adjusted so that, as an orthogonal projection in the above-mentioned plane, the centre of mass (M) of the balance wheel (2) is substantially in the axis of symmetry (Y) and at a different position from the position (O) of the virtual rotation axis and is selected so as to reduce and preferably to minimise the dependence of the oscillation frequency with respect to the orientation of gravitational force for a predetermined oscillation amplitude.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de réglage d'un oscillateur horloger (1) comprenant un balancier (2), un support (3) et un pivot flexible (4) reliant le balancier (2) au support (3) et guidant le balancier (2) en rotation par rapport au support (3) autour d'un axe de rotation virtuel, le pivot flexible (4) présentant, en projection orthogonale dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel, un axe de symétrie (Y) qui est aussi un axe de symétrie pour les points (5a, 6a) de jonction du pivot flexible (4) au balancier (2). Selon ce procédé, on règle le balourd du balancier (2) pour que, en projection orthogonale dans le plan précité, le centre de masse (M) du

WO 2021/009613 A1

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

balancier (2) soit sensiblement sur l'axe de symétrie (Y) et à une position distincte de celle (O) de l'axe de rotation virtuel et choisie de manière à diminuer, et de préférence rendre minimale, la dépendance de la fréquence d'oscillation vis-à-vis de l'orientation de la gravité pour une amplitude d'oscillation prédéterminée.

Procédé de réglage d'un oscillateur horloger à pivot flexible

La présente invention concerne un oscillateur horloger pouvant servir de base de temps dans un mouvement horloger mécanique.

5 Plus précisément, la présente invention concerne un oscillateur horloger à pivot flexible, c'est-à-dire un oscillateur horloger sans axe de rotation physique tournant dans des paliers. Un tel oscillateur pivote autour d'un axe de rotation virtuel grâce à un agencement de parties élastiques.

Différents types de pivots flexibles existent, tels que les pivots à lames
10 croisées séparées, les pivots à lames croisées non séparées ou les pivots à centre de rotation déporté dits « RCC » (Remote Center Compliance). Dans un pivot à lames croisées séparées, les lames s'étendent dans deux plans parallèles pour se croiser sans contact. Dans un pivot à lames croisées non séparées, elles s'étendent dans le même plan pour se croiser physiquement. Quant au pivot à
15 centre de rotation déporté, il comprend deux lames qui ne se croisent pas mais qui s'étendent le long d'axes qui eux se croisent. Dans tous les cas, le croisement des lames ou de leurs axes définit l'axe de rotation virtuel.

Comme pour tout oscillateur horloger, il est important qu'un oscillateur horloger à pivot flexible soit peu sensible à la gravité ou en d'autres termes que sa
20 fréquence varie le moins possible en fonction de son orientation par rapport à la force de gravité.

Dans ce but, on peut jouer sur la position du point de croisement des lames ou de leurs axes. Par exemple, dans le contexte d'un oscillateur à lames croisées séparées, la demande de brevet EP 2911012 propose d'agencer les lames
25 élastiques de telle sorte que leur point de croisement se situe aux $7/8^{\text{ème}}$ de leur longueur conformément à la théorie développée par W.H. Wittrick dans l'article « The properties of crossed flexure pivots and the influence of the point at which the strips cross », The Aeronautical Quarterly, vol. II, février 1951, la valeur théorique étant en fait de $1/2 + \sqrt{5}/6$, soit environ 87,3% de la longueur. Cette

position du point de croisement est en effet celle qui minimise les déplacements parasites de l'axe de rotation virtuel et donc la dépendance de la fréquence de l'oscillateur vis-à-vis de la gravité.

Il apparaît en réalité que le choix d'une position particulière du point de croisement ne minimise la dépendance de la fréquence vis-à-vis de la gravité que pour une certaine amplitude d'oscillation, qui est d'environ 12° pour un oscillateur à lames croisées séparées. Pour d'autres amplitudes d'oscillation, en particulier des amplitudes plus grandes, la variation de fréquence en fonction de la position de la montre par rapport à la gravité peut être importante.

La présente invention vise à proposer une nouvelle manière d'améliorer la précision de fonctionnement d'un oscillateur horloger à pivot flexible, qui peut être combinée ou non à celle consistant à choisir une position particulière pour le point de croisement des lames ou de leurs axes.

A cette fin, il est prévu un procédé de réglage d'un oscillateur horloger comprenant un balancier, un support et un pivot flexible reliant le balancier au support et guidant le balancier en rotation par rapport au support autour d'un axe de rotation virtuel, le pivot flexible présentant, en projection orthogonale dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel, un axe de symétrie qui est aussi un axe de symétrie pour les points de jonction du pivot flexible au balancier, caractérisé en ce que l'on règle le balourd du balancier pour que, en projection orthogonale dans ledit plan, le centre de masse du balancier soit sensiblement sur l'axe de symétrie et à une position distincte de celle de l'axe de rotation virtuel, ladite position étant choisie de manière à diminuer, et de préférence rendre minimale, la dépendance de la fréquence d'oscillation vis-à-vis de l'orientation de la gravité pour une amplitude d'oscillation prédéterminée.

La présente invention propose en outre un oscillateur horloger réglable par le procédé tel que défini ci-dessus.

La demanderesse a découvert qu'une corrélation existait entre l'amplitude d'oscillation, la position du centre de masse du balancier et la sensibilité de

l'oscillateur à la gravité. A partir d'une amplitude d'oscillation donnée, on peut trouver une position du centre de masse du balancier le long de l'axe de symétrie du pivot flexible qui minimise l'écart de marche entre les différentes positions verticales de l'oscillateur par rapport à la force de gravité. Il est ainsi possible, par le réglage selon l'invention, d'obtenir un oscillateur horloger aux performances au moins équivalentes à celles d'un oscillateur de type Wittrick et fonctionnant à une amplitude différente, plus adaptée aux caractéristiques du mouvement dont il est destiné à faire partie.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- les figures 1 et 2 sont respectivement une vue plane de dessus et une vue en perspective d'un oscillateur horloger à pivot flexible selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;
- les figures 3 à 5 sont des diagrammes montrant la marche d'oscillateurs à pivot flexible en fonction de l'amplitude d'oscillation et de l'orientation de l'oscillateur par rapport à la gravité ;
- la figure 6 est un diagramme montrant une relation entre le balourd du balancier de l'oscillateur et l'amplitude d'oscillation rendant minimal l'écart de marche entre les différentes positions verticales de l'oscillateur ;
- les figures 7 et 8 sont respectivement une vue plane de dessus et une vue en perspective d'un oscillateur horloger à pivot flexible selon un autre mode de réalisation de l'invention.

Dans tout ce qui suit, les caractéristiques géométriques et dimensionnelles de l'oscillateur horloger sont définies en référence à sa position de repos.

Les figures 1 et 2 montrent un oscillateur horloger à pivot flexible selon un mode de réalisation particulier de l'invention, destiné à remplir la fonction d'un balancier-spiral dans un mouvement horloger mécanique, notamment un

mouvement de montre-bracelet ou de montre de poche. Cet oscillateur, désigné par 1, comprend un corps oscillant ou balancier 2, un support 3 et un pivot flexible 4. Le support 3 est destiné à être fixé à un bâti fixe ou mobile du mouvement. Le pivot flexible 4 est ici sous la forme de deux lames élastiques 5, 6 s'étendant dans des plans respectifs parallèles P1, P2 et se croisant sans contact. Chacune de ces lames 5, 6 est jointe par une extrémité 5a, 6a au balancier 2 et par son autre extrémité 5b, 6b au support 3. Le balancier 2 est ainsi tenu au support 3 uniquement par le pivot flexible 4, lequel le guide en rotation par rapport au support 3 autour d'un axe de rotation virtuel et le rappelle élastiquement dans une position de repos, à savoir la position illustrée aux figures 1 et 2. L'axe de rotation virtuel s'étend perpendiculairement aux plans P1, P2 et correspond, en projection orthogonale dans l'un quelconque de ces plans P1, P2 (cf. figure 1), au point de croisement O entre les lames 5, 6, plus précisément au point de croisement entre les fibres neutres de ces lames. A la figure 1, le point de croisement O est le centre d'un repère (O, X, Y) dont l'axe Y est un axe de symétrie pour les lames 5, 6, cet axe de symétrie passant entre les points 5a, 6a de jonction des lames 5, 6 au balancier 2 et entre les points 5b, 6b de jonction des lames 5, 6 au support 3. Dans l'exemple représenté, le balancier 2 est sous la forme d'un anneau entourant le pivot flexible 4. Il pourrait, en variante, être de type coupé.

A la figure 3 est représentée la marche de l'oscillateur 1 en fonction de son amplitude d'oscillation et de son orientation par rapport à la force de gravité pour un point de croisement O des lames 5, 6 situé à 87,3% de leur longueur, c'est-à-dire à la position optimale proposée par W.H. Wittrick. Cette position du point de croisement O est mesurée depuis les points 5a, 6a de jonction des lames 5, 6 au balancier 2 mais peut, en variante, être mesurée depuis les points 5b, 6b de jonction des lames 5, 6 au support 3, le point de croisement O pouvant indifféremment être situé du côté du support 3 ou du balancier 2. Le résultat de simulation de la figure 3 a en outre été obtenu avec un balancier 2 équilibré, dont

le centre de masse est confondu avec le point de croisement O en projection orthogonale dans l'un quelconque des plans P1, P2. De plus, il a été choisi comme angle α entre les lames 5, 6 un angle de 71° compris dans la plage de 68° à 76° qui minimise l'anisochronisme dû à la non linéarité du couple élastique produit par le pivot flexible 4, selon l'enseignement de la demande de brevet WO 2016/096677. C'est donc dans les conditions optimales décrites dans l'état de la technique qu'a été réalisée la simulation dont le résultat est montré à la figure 3.

Sur le diagramme de la figure 3 sont portées en ordonnée la marche en secondes/jour et en abscisse l'amplitude d'oscillation en degrés. Les quatre courbes C1 à C4 correspondent respectivement à quatre positions verticales de l'oscillateur espacées de 90° . Dans ces quatre positions verticales, respectivement, la force de gravité est dirigée suivant le demi-axe (O, -Y), le demi-axe (O, X), le demi-axe (O, -X) et le demi-axe (O, Y). Les courbes C2 et C3 sont confondues compte tenu de la symétrie de l'oscillateur par rapport à l'axe Y. On constate que l'écart de marche entre ces positions verticales est minimal pour une amplitude d'oscillation d'environ 12° et qu'il est élevé pour des amplitudes plus grandes, en particulier pour l'amplitude de 30° , ce qui signifie qu'aux grandes amplitudes la fréquence d'oscillation dépend assez fortement de l'orientation de l'oscillateur par rapport à la gravité. Or, si les petites amplitudes présentent l'avantage d'atténuer l'effet de la non linéarité du couple élastique de rappel sur l'isochronisme, elles ont aussi des inconvénients. En particulier, elles rendent plus difficile voire impossible l'entretien des oscillations au moyen d'un échappement classique tel qu'un échappement à ancre suisse. On peut donc souhaiter augmenter l'amplitude d'oscillation jusqu'à des valeurs de 25° ou 30° par exemple.

Pour augmenter l'amplitude d'oscillation sans dégrader les performances en termes de sensibilité à la gravité, l'invention prévoit de déséquilibrer le balancier 2 pour que son centre de masse M soit distinct du point de croisement O des lames 5, 6 et donc du centre de rotation du balancier 2, en projection orthogonale dans l'un quelconque des plans P1, P2. On observe en effet qu'en

déplaçant le centre de masse M sur l'axe Y depuis le point O , on modifie l'amplitude d'oscillation pour laquelle l'écart de marche entre les différentes positions verticales de l'oscillateur est minimal. Ceci est illustré aux figures 4 et 5 qui ont été obtenues avec les mêmes paramètres que pour la figure 3 mais avec

5 un centre de masse M du balancier 2 situé sur l'axe Y à une distance ΔY du point O égale à $30\text{ }\mu\text{m}$ (correspondant à un balourd de 15 nN.m) pour la figure 4, et à une distance ΔY du point O égale à $50\text{ }\mu\text{m}$ (correspondant à un balourd de 25 nN.m) pour la figure 5. A la figure 4, l'amplitude d'oscillation à laquelle la fréquence est la moins dépendante de l'orientation de la gravité est d'environ 24° .

10 A la figure 5, elle est d'environ 30° . Les figures 4 et 5 illustrent l'effet d'un déplacement du centre de masse M sur le demi-axe (O, Y) . On peut bien entendu déplacer le centre de masse M sur le demi-axe $(O, -Y)$ si une diminution de l'amplitude d'oscillation est souhaitée.

La figure 6 montre la relation entre l'amplitude d'oscillation donnant l'écart

15 de marche minimum entre les quatre positions verticales précitées de l'oscillateur 1 et le balourd du balancier 2. On voit que pour chaque amplitude d'oscillation on peut trouver un balourd, plus exactement une position du centre de masse M du balancier 2 sur l'axe Y , qui lui correspond.

De manière générale, dans l'invention, la distance ΔY entre le centre de

20 masse M du balancier 2 et le point de croisement O est de préférence d'au moins $1,4\text{ }\mu\text{m}$, de préférence encore d'au moins $2\text{ }\mu\text{m}$, de préférence encore d'au moins $5\text{ }\mu\text{m}$, de préférence encore d'au moins $10\text{ }\mu\text{m}$, de préférence encore d'au moins $20\text{ }\mu\text{m}$, de préférence encore d'au moins $40\text{ }\mu\text{m}$. Le balourd, quant à lui, est de préférence d'au moins $0,7\text{ nN.m}$, de préférence encore d'au moins 1 nN.m , de

25 préférence encore d'au moins $2,5\text{ nN.m}$, de préférence encore d'au moins 5 nN.m , de préférence encore d'au moins 10 nN.m , de préférence encore d'au moins 20 nN.m , en valeur absolue.

En pratique, après avoir choisi une amplitude d'oscillation, on règle le balourd du balancier 2 pour rendre minimal l'écart de marche entre les positions

verticales à cette amplitude d'oscillation. Le réglage peut être effectué en retirant de la matière du balancier 2, par exemple par fraisage ou usinage laser, ou en ajoutant de la matière sur le balancier 2, par exemple par une technique de dépôt. Alternativement ou cumulativement, le balourd peut être réglé au moyen d'un
5 dispositif de réglage que porte le balancier 2.

Un exemple de tel dispositif de réglage est représenté aux figures 1 et 2. Il comprend un support 7 solidaire du balancier 2 et de préférence monolithique avec ce dernier. Ce support 7 s'étend radialement depuis la face interne du balancier 2 tournée vers l'axe de rotation virtuel. Deux pions 8, 9 solidaires du
10 support 7 et de préférence monolithiques avec celui-ci sont entourés par, et servent de guides à, un cadre 10 mobile en translation par rapport au support 7 le long de l'axe Y. L'un au moins des pions 8, 9 a un diamètre plus grand que la largeur interne du cadre 10 pour déformer élastiquement ses deux grands côtés et le maintenir ainsi en position par serrage élastique. L'application d'une force
15 suffisante sur le cadre 10 dans la direction de l'axe Y déplace le cadre 10 pour modifier le balourd du balancier 2. Un ou des évidements peuvent être pratiqués sur le balancier 2 pour compenser le déséquilibre causé par le support 7, les pions 8, 9 et le cadre 10 afin que, dans une position déterminée du cadre 10, par exemple une position dans laquelle il est en butée contre l'un des deux pions 8, 9,
20 le balourd du balancier 2 soit sensiblement nul. Un déplacement du cadre 10 déséquilibre alors le balancier 2 en déplaçant son centre de masse M le long de l'axe Y depuis le point O, permettant un réglage précis du balourd.

Le réglage du balourd du balancier 2 modifie le moment d'inertie de ce dernier. Le balancier 2 peut donc porter également des masselottes qui serviront à
25 régler le moment d'inertie, de manière classique en soi.

Alternativement au dispositif de réglage 7-10 tel qu'illustré, le balancier 2 pourrait porter sur sa périphérie une ou des vis de réglage, par exemple une ou deux vis orientées suivant l'axe Y, le réglage s'effectuant en vissant plus ou moins ces vis dans le balancier 2.

Les figures 7 et 8 montrent un oscillateur 1' selon un autre mode de réalisation de l'invention, dans lequel le dispositif de réglage de balourd est situé au centre de l'oscillateur pour modifier le moins possible le moment d'inertie du balancier 2 et faciliter le réglage de ce moment d'inertie au moyen de masselottes portées par le balancier 2. Le balancier 2 comprend ici une serge 2a et un bras diamétral 2b. Le bras diamétral 2b est interrompu dans sa partie centrale pour laisser passer les lames 5, 6. Dans une variante représentée schématiquement en trait pointillé à la figure 7, les deux segments du bras diamétral 2b pourraient être reliés par un raccord concave 2c sur lequel s'arrêteraient les lames 5, 6 dont le point de croisement serait alors plus proche du balancier 2 que du support 3.

Dans ce mode de réalisation des figures 7 et 8, le dispositif de réglage de balourd est monté sur le bras diamétral 2b. Il comprend un support 11 fixé sur le dessus du bras diamétral 2b et portant un plot central 12 centré sur l'axe de rotation virtuel du balancier 2. Le dispositif de réglage de balourd comprend en outre une pièce de réglage 13 placée sur le support 11 et présentant une fente 14 s'étendant le long de l'axe Y mentionné plus haut, fente 14 qui est traversée par le plot central 12 et par deux tenons 15 chassés dans le support 11. Le plot central 12 a un diamètre suffisamment grand pour déformer élastiquement la fente 14 afin de maintenir en position la pièce de réglage 13 par serrage élastique. Les deux tenons 15 guident la pièce de réglage 13 en translation le long de l'axe Y lorsqu'une force suffisante est appliquée à cette pièce 13 pour régler le balourd du balancier 2.

Pour atteindre l'amplitude d'oscillation souhaitée dans le mouvement horloger que l'oscillateur 1, 1' est destiné à équiper, on peut jouer sur les dimensions du ressort moteur du mouvement. Ces dimensions pourront être choisies pour que l'oscillateur 1, 1' oscille à l'amplitude souhaitée lorsque le ressort moteur est complètement armé.

L'ensemble balancier 2 - support 3 – pivot flexible 4 de l'oscillateur 1, 1' peut être fabriqué en différents matériaux, par exemple le silicium, le silicium

recouvert d'oxyde, le verre, le saphir, le quartz, un verre métallique, un métal ou alliage tel que le nickel, un alliage de nickel, l'acier, le cuivre au béryllium ou le maillechort. Selon le matériau choisi, il peut être obtenu par gravure (notamment gravure ionique réactive profonde dite DRIE), LIGA, fraisage, électroérosion, 5 moulage ou autre. L'ensemble 2, 3, 4 peut être monolithique.

Il va de soi que la présente invention est applicable à d'autres pivots flexibles que des lames croisées séparées, notamment à des lames croisées non séparées et à des pivots à centre de rotation déporté (RCC).

En outre, le pivot flexible 4 pourrait comprendre, en plus des lames 10 élastiques 5, 6, des lames élastiques supplémentaires, par exemple des lames superposées aux lames 5, 6 pour augmenter sa raideur dans la direction de la hauteur. De manière générale, dans l'invention, l'axe Y est un axe de symétrie du pivot flexible et est aussi un axe de symétrie pour les points de jonction du pivot flexible au balancier et pour les points de jonction du pivot flexible au support, en 15 projection orthogonale dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réglage d'un oscillateur horloger (1 ; 1') comprenant un balancier (2), un support (3) et un pivot flexible (4) reliant le balancier (2) au support (3) et guidant le balancier (2) en rotation par rapport au support (3) autour d'un axe de rotation virtuel, le pivot flexible (4) présentant, en projection orthogonale dans un plan (P1 ; P2) perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel, un axe de symétrie (Y) qui est aussi un axe de symétrie pour les points (5a, 6a) de jonction du pivot flexible (4) au balancier (2), caractérisé en ce que l'on règle le balourd du balancier (2) pour que, en projection orthogonale dans ledit plan (P1 ; P2), le centre de masse (M) du balancier (2) soit sensiblement sur l'axe de symétrie (Y) et à une position distincte de celle (O) de l'axe de rotation virtuel, la position (O) de l'axe de rotation virtuel n'étant pas modifiée par ledit réglage de balourd, ladite position du centre de masse (M) étant choisie de manière à diminuer, et de préférence rendre minimale, la dépendance de la fréquence d'oscillation vis-à-vis de l'orientation de la gravité pour une amplitude d'oscillation prédéterminée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réglage du balourd du balancier (2) est effectué, en partie au moins, au moyen d'un dispositif de réglage (7-10 ; 11-15) porté par le balancier (2).
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le réglage du balourd du balancier (2) est effectué, en partie au moins, en déplaçant au moins une pièce (10 ; 13) du dispositif de réglage (7-10 ; 11-15) suivant l'axe de symétrie (Y).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le réglage du balourd du balancier (2) est effectué, en partie au moins, en retirant ou ajoutant de la matière sur le balancier (2).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le pivot flexible (4) comprend des première et deuxième lames élastiques (5, 6) s'étendant dans des directions qui se croisent et symétriques l'une de l'autre par rapport à l'axe de symétrie (Y) en projection orthogonale dans ledit plan (P1 ; P2) perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les première et deuxième lames élastiques (5, 6) s'étendent dans deux plans parallèles pour se croiser sans contact.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, en projection orthogonale dans ledit plan (P1 ; P2) perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel, le point de croisement (O) des première et deuxième lames élastiques (5, 6) est situé à environ 87,3% de leur longueur.

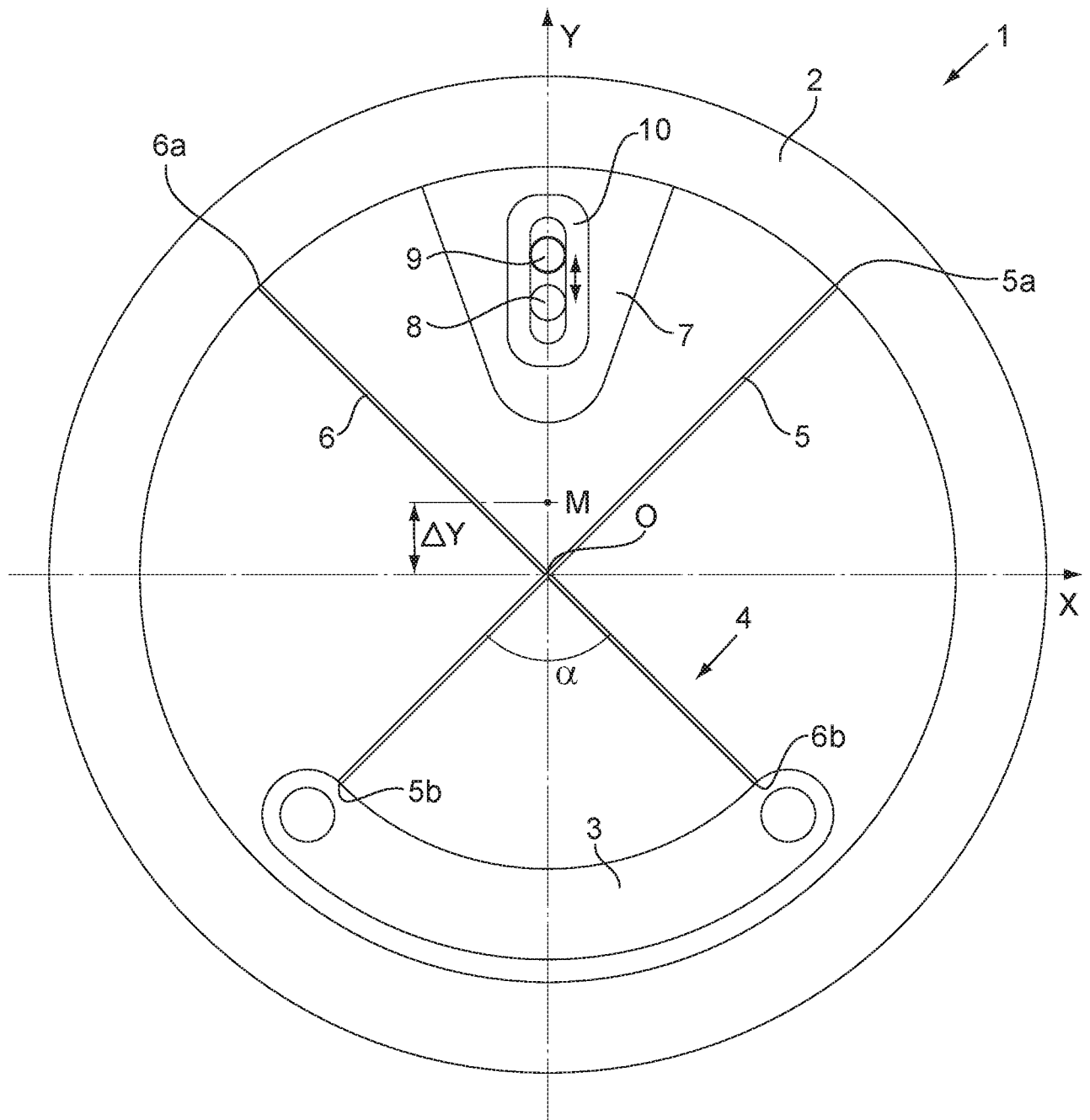
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que, en projection orthogonale dans ledit plan (P1 ; P2) perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel, l'angle (α) entre les première et deuxième lames élastiques (5, 6) est compris entre 68° et 76° et est de préférence égal à environ 71°.

9. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les première et deuxième lames élastiques (5, 6) s'étendent dans le même plan pour se croiser physiquement.

10. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le pivot flexible est à centre de rotation déporté.

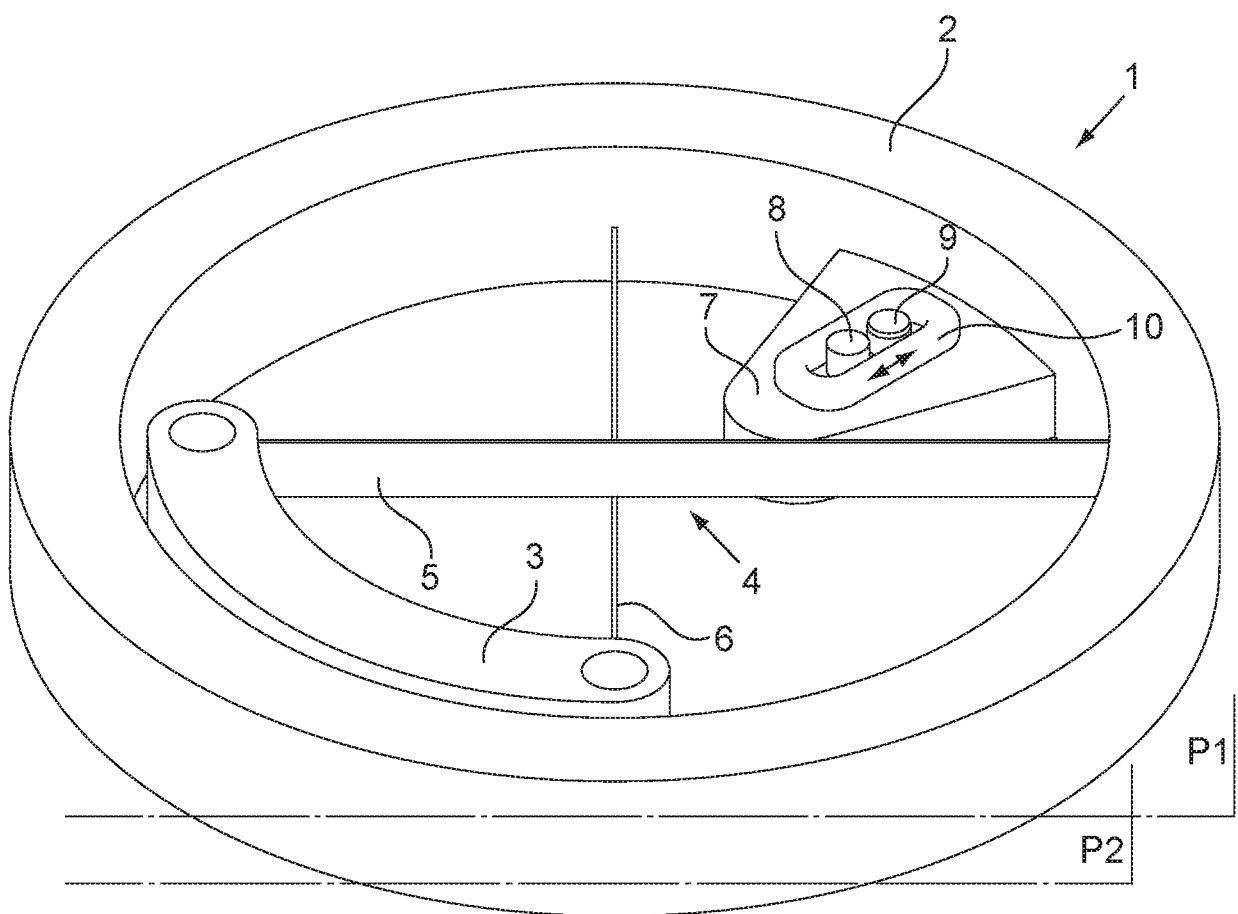
11. Oscillateur horloger (1 ; 1') réglable par le procédé selon l'une quelconque
5 des revendications 1 à 10 et comprenant un balancier (2), un support (3) et un pivot flexible (4) reliant le balancier (2) au support (3) et guidant le balancier (2) en rotation par rapport au support (3) autour d'un axe de rotation virtuel, le pivot flexible (4) présentant, en projection orthogonale dans un plan (P1 ; P2) perpendiculaire à l'axe de rotation virtuel, un axe de
10 symétrie (Y) qui est aussi un axe de symétrie pour les points (5a, 6a) de jonction du pivot flexible (4) au balancier (2), caractérisé en ce que le balancier (2) porte au moins une pièce de réglage de balourd (10 ; 13) mobile suivant l'axe de symétrie (Y).

Fig.1



2/6

Fig.2



3/6

Fig.3

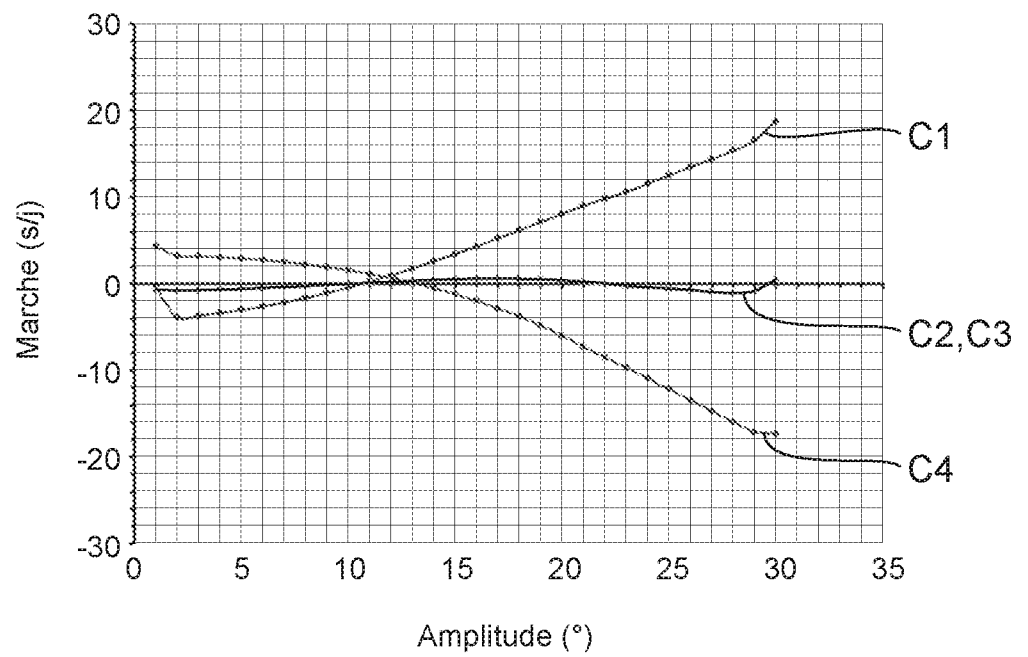
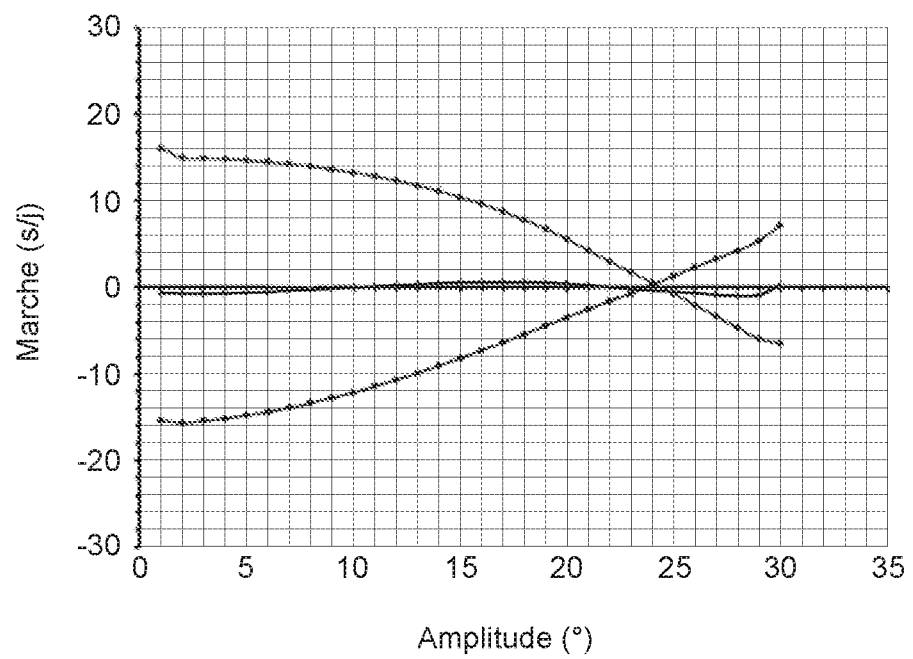


Fig.4



4/6

Fig.5

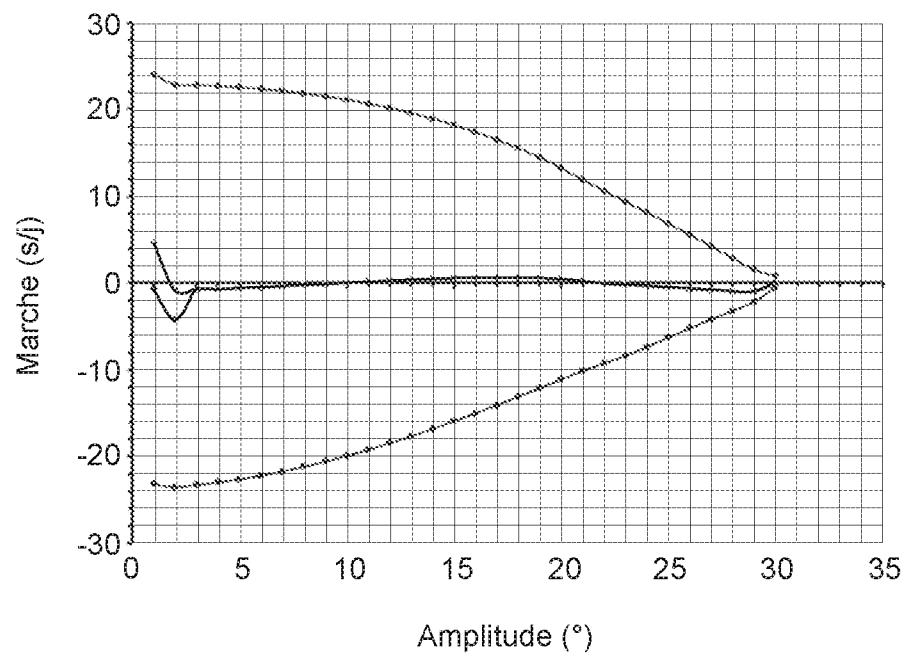
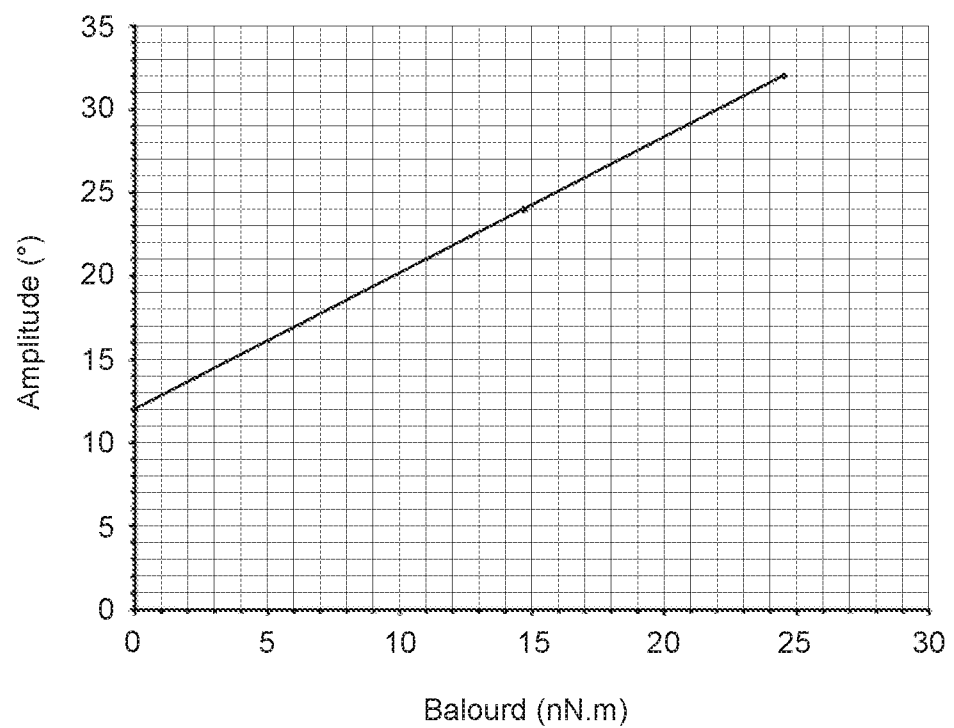


Fig.6



5/6

Fig.7

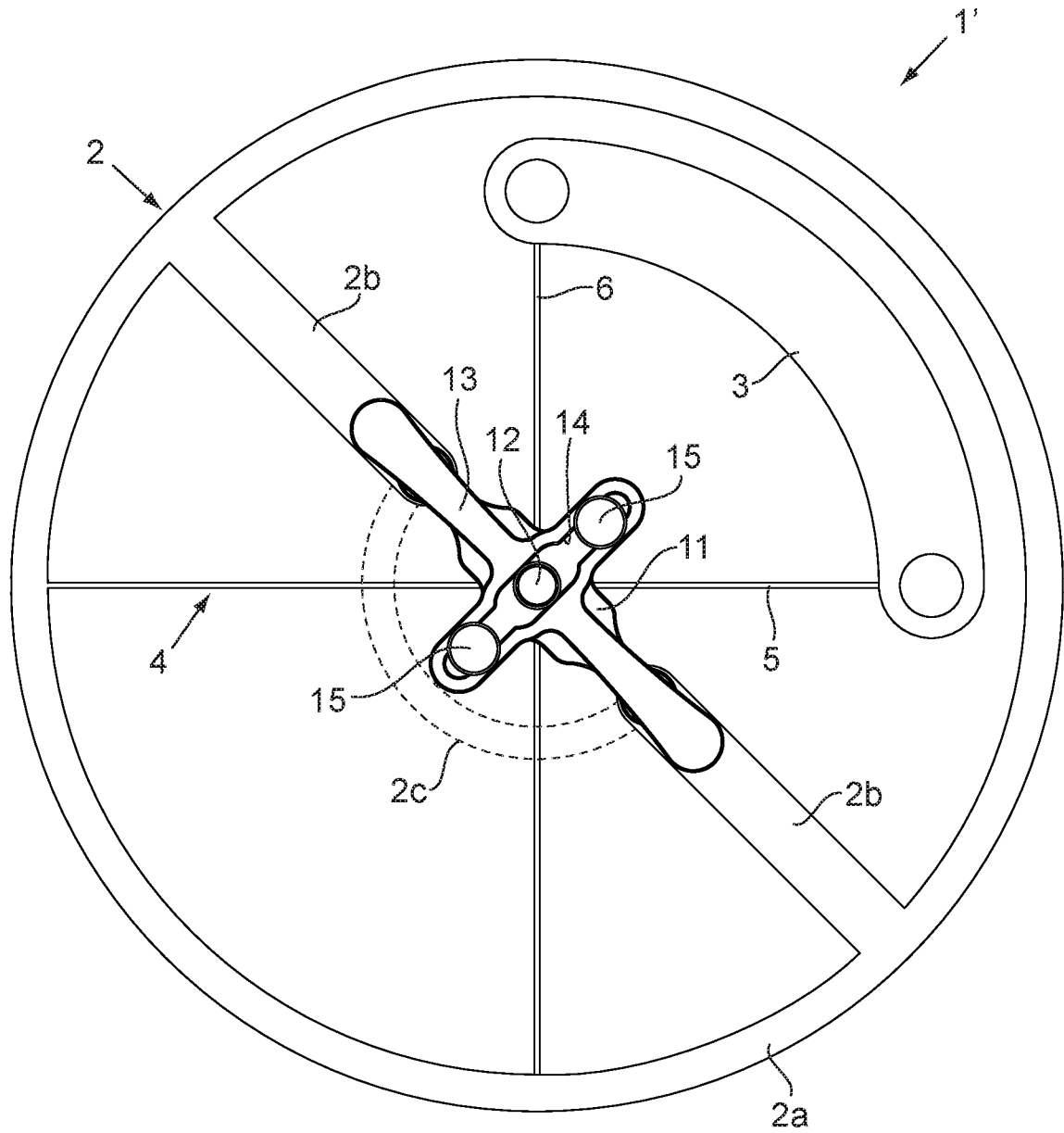
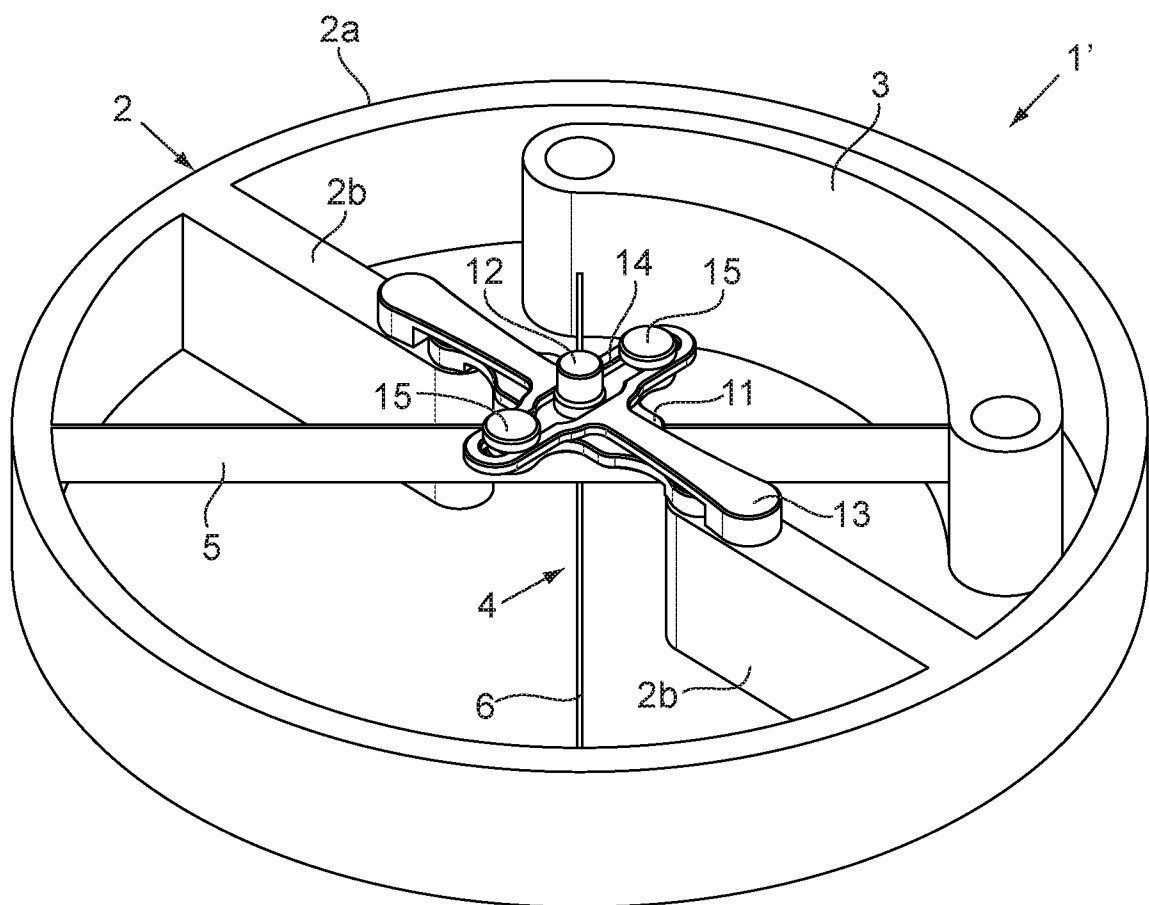


Fig.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2020/056370**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G04B 17/04**(2006.01)i; **G04B 17/28**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2017055983 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 06 April 2017 (2017-04-06) page 6, lines 11-15 page 8, line 6 - page 9, line 4 figures 7-9	11 1-10
A	EP 3382470 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 03 October 2018 (2018-10-03) paragraphs [0010] - [0019] figures 1-3 paragraphs [0025] - [0028] figures 7, 8	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 2020

Date of mailing of the international search report

27 August 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Pirozzi, Giuseppe

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2020/056370

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2017055983	A1	06 April 2017	CN	108138837	A	08 June 2018
				EP	3356690	A1	08 August 2018
				JP	2018535431	A	29 November 2018
				KR	20180061198	A	07 June 2018
				SG	11201801765X	A	27 April 2018
				US	2018284695	A1	04 October 2018
				WO	2017055983	A1	06 April 2017
EP	3382470	A1	03 October 2018	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/IB2020/056370

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G04B17/04 G04B17/28
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2017/055983 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 6 avril 2017 (2017-04-06)	11
A	page 6, lignes 11-15 page 8, ligne 6 - page 9, ligne 4 figures 7-9	1-10
A	----- EP 3 382 470 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 3 octobre 2018 (2018-10-03) alinéas [0010] - [0019] figures 1-3 alinéas [0025] - [0028] figures 7, 8 -----	1-11



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 août 2020

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/08/2020

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Pirozzi, Giuseppe

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/IB2020/056370

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017055983 A1	06-04-2017	CN 108138837 A	08-06-2018
		EP 3356690 A1	08-08-2018
		JP 2018535431 A	29-11-2018
		KR 20180061198 A	07-06-2018
		SG 11201801765X A	27-04-2018
		US 2018284695 A1	04-10-2018
		WO 2017055983 A1	06-04-2017

EP 3382470 A1	03-10-2018	AUCUN	
