



(11) **EP 3 365 734 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
04.09.2019 Bulletin 2019/36

(21) Numéro de dépôt: **16788814.8**

(22) Date de dépôt: **21.10.2016**

(51) Int Cl.:
G04B 17/04 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB2016/056341

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/068538 (27.04.2017 Gazette 2017/17)

(54) **OSCILLATEUR POUR UN MOUVEMENT HORLOGER MÉCANIQUE**

OSZILLATOR FÜR EINE MECHANISCHE UHRWERKSBEWEGUNG

OSCILATOR FOR MECHANICAL CLOCKWORK

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

(30) Priorité: **23.10.2015 CH 15532015**

(43) Date de publication de la demande:
29.08.2018 Bulletin 2018/35

(73) Titulaire: **Richemont International SA**
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(72) Inventeurs:
• **KARLEN, Olivier**
1807 Blonay (CH)
• **KLEIN, Eric**
6833 Vacallo (CH)

• **HERAUD, Alexis**
25300 Pontarlier (FR)
• **ZÜRCHER, Jonathan**
2036 Cormondrèche (CH)

(74) Mandataire: **P&TS SA (AG, Ltd.)**
Av. J.-J. Rousseau 4
P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 645 189 EP-A1- 2 911 012
EP-A2- 2 887 151 WO-A1-2011/120180
WO-A1-2016/091823 WO-A2-2016/062889
CH-A- 442 153

EP 3 365 734 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

DescriptionDomaine technique

5 **[0001]** La présente invention concerne un oscillateur pour la régulation d'un mouvement horloger permettant une fréquence d'oscillation jusqu'à 5 kHz et une meilleure stabilité et précision de la marche de l'oscillateur au porter. L'oscillateur permet également un plus grand facteur de qualité Q, tout en réduisant les besoins de réglage. L'oscillateur est destiné à remplacer un oscillateur conventionnel comprenant notamment un balancier-spiral et son échappement à ancre pivotée sur son propre axe. La présente invention concerne également un mouvement horloger comprenant un tel oscillateur.

10

Etat de la technique

15 **[0002]** Dans un mouvement d'horlogerie, l'échappement a pour fonction de transmettre l'énergie reçue par le rouage, lui-même entraîné par le ressort-moteur, au résonateur constitué par l'ensemble balancier-spiral. Cet échappement comprend généralement une ancre indépendante oscillant autour d'un axe pivoté dans la platine. La liaison mécanique entre l'ancre et le résonateur, constituée par le plateau portant la cheville qui vient buter contre chacune des cornes de l'ancre, est relativement compliquée. En outre, l'ensemble balancier-spiral nécessite un réglage délicat. Enfin, de tels résonateurs sont généralement limités à des fréquences d'oscillation de 10Hz au plus.

20 **[0003]** Le document US3440815 décrit un dispositif d'échappement comprenant une ancre solidaire d'un organe vibrant où l'ancre est disposée de telle manière qu'elle oscille perpendiculairement au plan de la roue d'échappement. L'ancre est fixée par encastrement ou par soudage, à l'extrémité d'une lame vibrante encastrée par son extrémité dans un support rigide. Un diapason ou un résonateur dérivé du diapason peut être utilisé au lieu de la lame vibrante, l'une des branches portant l'ancre et l'autre branche oscillant librement tout en se synchronisant avec la première branche.

25 **[0004]** Le document CH442153 décrit un échappement comprenant un diapason, jouant le rôle d'un résonateur primaire, et une lame vibrante, jouant le rôle d'un résonateur secondaire, à l'extrémité de laquelle est fixée une ancre pourvue de deux palettes diamétralement opposées par rapport au centre de la roue d'échappement. Sous l'effet du choc d'une dent de la roue d'échappement contre l'une des levées, la lame oscillante oscille, l'amplitude de son oscillation permettant à l'ancre de venir frapper légèrement l'extrémité d'une des branches du diapason qui oscille à son tour à sa fréquence propre.

30

[0005] Le document WO2013045573 décrit un résonateur mécanique comprenant un oscillateur de type diapason coopérant avec une ancre montée mobile en rotation et dont les positions angulaires permettent de verrouiller et déverrouiller une roue d'échappement. Ce résonateur présente l'inconvénient que les ébats nécessaires au fonctionnement dit libre entre les organes montés sur la branche du diapason et les organes, en l'occurrence une fourchette, de l'ancre résultent en des phases de pertes à chaque alternance de l'oscillateur. Ces phases sont connues dans le domaine horloger sous le terme de chemin perdu. D'autre part, le nombre de pièces et leur réglage rendent la mise en oeuvre de ce système très délicate.

35

[0006] Dans une variante améliorée du document ci-dessus présentée dans le document EP2645189, notamment dans la figure 11, une ancre est montée mobile sur des bras élastiques et coopère de manière conventionnelle avec un balancier pour procéder au comptage des oscillations de ce dernier. Afin de perturber les oscillations du résonateur le moins possible, notamment dans les positions verticales, la partie ancre devra être la plus légère possible. Les bras supportant l'ancre peuvent avoir un comportement de type bistable, une configuration très énergivore à chaque alternance, et qui ne permet pas d'entretenir les oscillations du balancier lorsque l'énergie reçue du rouage est inférieure à celle nécessaire pour passer d'un état bistable à l'autre.

40

45 **[0007]** Le document EP2911012 décrit un résonateur mécanique maintenu en oscillation sur des lames flexibles par une base fixe sur le mouvement, les lames flexibles autorisant les oscillations du résonateur autour d'un point de rotation virtuel. Ce document prévoit la possibilité d'équiper la partie en mouvement d'un organe ayant la fonction usuelle d'une cheville de plateau pour coopérer avec un échappement. Ainsi, la configuration de cette invention comprend toujours une ancre séparée du résonateur, ce qui ne permet pas de diminuer le nombre de pièces et le nombre de frottements perturbateurs à chaque contact entre les pièces.

50

Bref résumé de l'invention

55 **[0008]** La présente invention concerne un oscillateur pour la régulation d'un mouvement horloger mécanique, l'oscillateur comportant un mobile d'échappement et un résonateur constituant la base de temps de l'oscillateur; le résonateur comprenant un élément massique maintenu en oscillation par au moins deux éléments vibrants; l'élément massique comprenant au moins une partie ancre, solidaire de l'élément massique et configurée de manière à coopérer directement avec le mobile d'échappement de sorte à entretenir des oscillations du résonateur et à laisser le mobile d'échappement

EP 3 365 734 B1

se déplacer à chaque alternance des oscillations; le premier résonateur comprenant en outre une base destinée à être montée fixe ou mobile sur le mouvement horloger; l'élément massique étant supporté seulement par la base par l'intermédiaire de l'élément vibrant.

5 [0009] Par mouvement mécanique, on entend tout mécanisme horloger faisant appel à mécanisme de régulation, notamment le rouage principal du mouvement horloger, mais aussi tout rouage ou module supplémentaire faisant appel à une telle régulation, qu'elle fasse appel à la même base de temps ou non, tel qu'un chronographe, un mécanisme de sonnerie comme ceux rencontrés dans les mécanismes d'alarmes ou de répétitions minutes, un rouage astronomique, sans pour autant se limiter à ces mécanismes.

10 [0010] L'oscillateur selon l'invention permet une fréquence d'oscillation élevée et une meilleure stabilité et précision de la marche de l'oscillateur au porter.

[0011] Dans l'oscillateur de l'invention, la partie ancre est solidaire de l'élément massique. Par rapport aux oscillateurs conventionnels, l'oscillateur de l'invention comprend donc un faible encombrement et nécessite un nombre de pièces inférieur, notamment en comparaison avec un oscillateur muni d'un balancier-spiral conventionnel, d'une ancre et d'un mobile d'échappement.

Brève description des figures

20 [0012] Des exemples de mise en oeuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

la figure 1 représente une vue en perspective d'un oscillateur comprenant un résonateur comportant des éléments vibrants, selon un mode de réalisation;

25 la figure 2 montre le résonateur, selon un mode de réalisation;

la figure 3 montre le résonateur, selon un autre mode de réalisation;

la figure 4 illustre le résonateur, selon encore une autre forme d'exécution;

30 la figure 5 illustre schématiquement différentes morphologies des éléments vibrants;

la figure 6 représente le résonateur avec des éléments vibrants, selon un mode de réalisation;

35 la figure 7 représente le résonateur avec des éléments vibrants, selon un autre mode de réalisation;

les figures 8, 9a, 10 et 11 représentent le résonateur avec des éléments vibrants, selon divers modes de réalisation;

la figure 9b illustre le résonateur coopérant avec une roue d'échappement, selon un mode de réalisation;

40 la figure 10 montre l'oscillateur, selon un autre mode de réalisation;

la figure 11 montre un détail du résonateur de l'oscillateur de la figure 10;

45 les figures 12a à 12d, illustrent l'oscillateur, selon d'autres modes de réalisation;

la figure 13 représente encore une autre configuration de l'oscillateur;

la figure 14 représente l'oscillateur, selon un autre mode de réalisation;

50 les figures 15a et 15b montrent une vue du dessous de l'oscillateur de la figure 14;

la figure 16 représente l'oscillateur, selon un autre mode de réalisation;

55 les figures 17a et 17b montrent une vue du côté de l'oscillateur de la figure 16;

les figures 18a et 18b, illustre l'oscillateur, selon d'autres mode de réalisation;

la figure 19 représente l'oscillateur, selon encore un autre mode d'exécution;

EP 3 365 734 B1

la figure 20 illustre un mécanisme marche/arrêt pour l'oscillateur, selon un mode d'exécution;

les figures 21a et 21b représentent une vue de détail de dents de d'une roue d'échappement de l'oscillateur, selon un mode de réalisation;

les figures 22 et 23 montrent le résonateur, selon d'autres mode de réalisation; et

la figure 24 représente une vue en coupe de l'oscillateur, selon un mode de réalisation.

Exemple(s) de mode de réalisation

[0013] La figure 1 représente une vue en perspective d'un oscillateur 1 selon un mode de réalisation. L'oscillateur 1 comporte un mobile d'échappement 5 et un résonateur 3 constituant la base de temps de l'oscillateur. Le résonateur 3 comprend un élément massique 32 maintenu en oscillation par au moins deux éléments vibrants 31. L'élément massique 32 comprend une partie ancre 4 configurée de manière à coopérer directement avec le mobile d'échappement 5 de sorte à entretenir des oscillations du premier résonateur 3 et à laisser le mobile d'échappement 5 se déplacer à chaque alternance des oscillations.

[0014] En particulier, le résonateur 3 est formé de trois éléments vibrants 31 s'étendant radialement à partir d'un centre 12 dans un plan P. Pour la suite de la description, on adoptera à titre non limitatif des orientations transversale "x" et longitudinale "y", définissant le plan de référence P dans lequel s'étend l'oscillateur 1, ainsi qu'un axe "z" perpendiculaire aux orientations longitudinale et transversale, telles que représentées par le système de coordonnées figurant dans les figures.

[0015] Les éléments vibrants 31 sont espacés angulairement d'environ 120° les uns des autres. Chacun des éléments vibrants 31 est fixé à son extrémité proximale (proche du centre 12) à une base 2 destinée à être montée sur une platine 10 ou toute autre partie fixe d'un mouvement horloger ou sur un bâti intermédiaire monté lui-même sur ledit mouvement horloger. L'extrémité distale 35 de chacun des éléments vibrants 31 est fixée à l'élément massique 32. Chacun des éléments vibrants 31 peut donc vibrer, ou osciller, librement entre son extrémité distale et proximale. De façon générale, et indépendamment de l'arrangement des éléments vibrants 31, l'élément massique 32 est supporté seulement par la base 2 par l'intermédiaire de l'élément vibrant 31.

[0016] Selon une forme d'exécution, des moyens de montage 20 peuvent être prévus dans la base 2 de manière à fixer la base 2 à un bâti 10. Le bâti 10 peut comprendre une cage comme illustrée à la figure 12. Le bâti 10 est destiné à être monté fixe ou mobile sur un mouvement horloger (non représenté). Alternativement, la base 2 est montée directement sur le mouvement horloger, par exemple sur une platine ou un pont.

[0017] Le bâti 10 à l'avantage de faciliter le montage, le démontage, le réglage ainsi que les opérations dédiées dans le cadre du service après-vente de l'oscillateur 1. Le bâti 10 peut prendre la forme d'une cage (comme dans la figure 1) ou d'une capsule. Le bâti 10 peut être monté et réglé sur une partie du mouvement, par exemple la platine, afin de coopérer avec le rouage dont il assure la régulation. Toujours selon la forme d'exécution montrée à la figure 1, le mobile d'échappement est une roue d'échappement 5 montée pivotante autour d'un arbre 54, lui-même monté dans un pont 21 fixe avec la base 2. Le pont peut comprendre un pont supérieur 21 et un pont inférieur 21'.

[0018] La figure 2 montre un autre exemple du résonateur 3 dans lequel les éléments vibrants 31 ne sont pas représentés. Dans cet exemple, la base 2 s'étend pour former le pont inférieur 21' dans lequel le pivot inférieur de l'arbre 54 peut être monté.

[0019] La figure 3 montre un autre exemple dans lequel la base 2 du résonateur 3 s'étend pour former le pont inférieur 21' qui comprend une pierre de guidage 55 pour recevoir le pivot inférieur de l'arbre 54.

[0020] Les pivots de l'arbre 54 peuvent donc être montés directement (figure 2) ou par l'intermédiaire d'une pierre de guidage 55 (figure 3). Dans les exemples des figures 2 et 3, les ponts 21, 21' peuvent donc être vu comme des éléments du bâti 10 qui font partie du résonateur 3. D'autre part, le bâti peut également comprendre la base 2 du résonateur 3 qui s'étend dans le plan P de manière à recevoir le résonateur 3 et l'un des pivots de l'arbre 54 du mobile d'échappement 5. Autrement dit, le bâti 10 dans lequel est monté l'oscillateur 1 selon l'invention peut être partiellement intégré au résonateur 3. Encore dans les exemples montrés aux figures 15 et 13, l'un des pivots de l'arbre 54 du mobile d'échappement 5 peut être monté sur le pont 21', tandis que l'autre pivot est maintenu dans la partie du bâti 10 qui sera assemblée sur le mouvement horloger.

[0021] L'élément massique 32 comporte trois portions de l'élément massique 32' s'étendant également radialement à partir de la base 2, centrée sur le centre 12, dans plan P. Les portions 32' sont espacées angulairement d'environ 120° les uns des autres. Dans une telle configuration, l'élément massique 32 est fixé à la base 2, et donc à une partie fixe du mouvement lorsque l'oscillateur 1 est monté dans le mouvement, que par l'intermédiaire du résonateur 3, ici des éléments vibrants 31. Lorsqu'ils oscillent, les éléments vibrants 31 entraînent donc l'élément massique 32 également en oscillation.

[0022] Dans l'exemple de la figure 1, les trois portions 32' de l'élément massif 32 sont constituées d'une structure ajourée dite squelettique. Cette structure squelettique comporte une multitude d'évidements 36. La masse, ou l'inertie, de l'élément massif 32 est donc principalement déterminée par la paroi 33 des portions 32'. Chacun des éléments vibrants 31 peut être logé à l'intérieur de chacun des portions 32', par exemple dans un logement 38 formée dans la paroi 33 comme illustré dans la figure 1. Chacun des éléments vibrants 31 comprend une lame vibrante.

[0023] La partie ancre 4 est constituée par l'arc de cercle formé entre les deux portions adjacentes 32' et par un organe 40 porté par chacune des portions adjacentes 32'. Dans cette configuration, le mobile d'échappement 5 vient se loger dans un espace intérieur 11 délimité par la partie ancre 4 de manière à coopérer avec la partie ancre 4.

[0024] En fonctionnement, l'oscillation des éléments vibrants 31 entraîne en oscillation les portions 32' ainsi que la partie ancre 4 comportant les organes 40. Les éléments vibrants 31, les portions 32' et la partie ancre 4 oscillent dans un même plan P autour du centre 12. Les organes 40 de la partie ancre 4 coopèrent avec les dents 50 de la roue d'échappement 5 de sorte à entretenir des oscillations du résonateur 3 et à faire avancer la roue d'échappement 5 d'une dent 50 à chaque alternance des oscillations. En particulier, les organes 40 reçoivent de façon alternée des impulsions des dents 50 de la roue d'échappement 5, de manière à alternativement verrouiller et libérer la roue d'échappement 5 et à entretenir les oscillations périodiques du résonateur 3. L'oscillateur 1 permet donc l'échappement successif de dents 50 de telle manière que la roue d'échappement 5 avance dans un mouvement de va-et-vient de la partie ancre 4. Le mobile d'échappement 5 pivote dans le même plan P que celui dans lequel oscillent le premier résonateur 3 et la partie ancre 4.

[0025] La figure 4 illustre le résonateur 3 selon une autre forme d'exécution dans laquelle les organes 40 sont disposés aux extrémités des portions 32'. Chacune des portions 32' comprend les organes 40 de sorte que, dans cette configuration, le mobile d'échappement 5 peut être monté dans l'une ou l'autre des espaces intérieurs 11 délimité par chacune des parties ancre 4 entre chacune des deux portions 32' adjacentes.

[0026] De manière générale, les éléments vibrants 31 du résonateur 3 peuvent prendre diverses formes y compris la forme d'une poutre, d'une lame vibrante ou toute autre forme favorisant la résonance à des fréquences comprises dans une plage désirée de 10 Hz à 5000 Hz, avec un facteur de qualité élevé, et répondant aux contraintes d'encombrement requises pour l'application.

[0027] Tel qu'illustré schématiquement à la figure 5, les éléments vibrants 31 peuvent être constitués de manière à limiter les contraintes, notamment à leurs extrémités (proximale et distale). On pourra pour ceci faire appel à des poutres à charges réparties (figure 5b), à des éléments vibrants multi-lames (figures 5a et 5d), ou encore en modifiant la section locale d'une poutre en procédant à des ouvertures locales (figure 5e), des perçages par exemple. On peut encore allonger la longueur active de lame sans augmenter la longueur de l'organe vibrant en réalisant des structures de type « serpent » (figure 5c), qui permettent de réduire les charges de manière très significative. Enfin, on peut diminuer les risques de ruptures aux encastres en adoucissant les angles vifs, qui représentent en général des amorces de rupture ou de fatigue.

[0028] D'autre part, nous connaissons des phénomènes vibratoires l'existence de noeuds le long des structures vibrantes et dont l'espacement est une fonction directe de la fréquence de résonance. Nous pouvons ainsi faire varier la section le long de la lame (figure 5b) de sorte à favoriser certaines fréquences et/ou éloigner les harmoniques et ainsi maximiser l'énergie et le facteur de qualité du résonateur. Il est évident qu'une combinaison de plusieurs des moyens cités précédemment pourra aussi être envisagée afin d'en combiner les avantages.

[0029] A titre illustratif, mais sans être limitatif, dans le cas d'un résonateur de masse M (exprimée en g) et comportant plusieurs éléments vibrants 31 formés de poutres simples de raideur k (exprimée en mN.m/rad) et caractérisés par une hauteur h et une épaisseur e, un rapport k/M compris entre 0.1 et 1.0 et un rapport h/e compris entre 3 et 20 donnent des résultats particulièrement satisfaisants.

[0030] Par exemple, dans l'exemple de la figure 1, les éléments vibrants 31 sont des lames. Selon une autre forme d'exécution montrée aux figures 6 et 7, chacun des éléments vibrants 31 comprend une lame comportant une portion repliée 31', par exemple de type méandre ou serpent. Dans l'exemple de la figure 6, la portion repliée 31' comprend des plis orientés dans le sens radial tandis que dans l'exemple de la figure 7, la portion repliée 31' comprend des plis orientés dans le sens angulaire par rapport au centre 12.

[0031] D'autres exemples de résonateurs 3 sont présentés dans les figures 8, 9a, 9b, 10 et 11. Selon la forme d'exécution montrée aux figures 8 et 9a, l'élément massif 32 comprend deux portions 32' diamétralement opposées. Chacune des portions 32' comporte deux éléments vibrants 31 sous la forme d'une lame simple dans la figure 8 et comportant une portion repliée 31' dans la figure 9a.

[0032] La figure 9b montre le résonateur coopérant avec une roue d'échappement 5 par l'intermédiaire de deux organes 40 de partie ancre. La roue d'échappement 5 est montée dans le pont 21 solidaire du résonateur 3.

[0033] La figure 10 montre de l'oscillateur 1 selon un autre mode de réalisation dans lequel l'élément massif 32 du résonateur 3 comprend quatre portions 32' espacés angulairement d'environ 90° les uns des autres, chacun des portions comprenant un élément vibrant 31. Le résonateur est montré coopérant avec une roue d'échappement 5 par l'intermédiaire de deux organes 40 de partie ancre. Le résonateur 3 est monté sur un bâti 10 comprenant une partie

supérieure 14 formant une cage pour l'oscillateur 1. La figure 11 montre un détail du résonateur de l'oscillateur de la figure 10 dans lequel les éléments vibrants 31 ne sont pas représentés.

[0034] Encore selon un autre mode de réalisation illustré aux figures 12a à 12d, le résonateur comprend un élément massif 32 a une forme sensiblement annulaire 32. La partie ancre 4 comprend deux organes 40 fixée sur l'élément massif 32. Le mobile (roue) d'échappement 5 est monté pivotant dans un plan parallèle P' au plan P dans lequel oscille le premier résonateur 3, au-dessous du résonateur 3 dans l'exemple illustré. Les organes 40 de la partie ancre 4 sont donc arrangées de manière à coopérer avec les dents 50 du mobile d'échappement 5 situé dans le plan inférieur P', par exemple en s'étendant vers le bas, axialement par rapport à l'élément massif 32. En fonctionnement, le mobile d'échappement 5 pivote dans le plan parallèle P' au plan P d'oscillation de l'élément massif 32a.

[0035] Dans l'exemple de la figure 12a, les éléments vibrants 31 ont une forme en arc de cercle. La figure 12b montre le résonateur de la figure 12a comprenant deux paires d'éléments vibrants 31, chacune paire comprenant deux éléments vibrants 31 en arc de cercle se faisant face résultant dans une forme cylindrique. La figure 12c montre le résonateur de la figure 12a comprenant trois paires d'éléments vibrants 31 selon la figure 12b. La figure 12d montre le résonateur de la figure 12a dans lequel chacun des éléments vibrants 31 comprend deux lames 31' parallèles disposées radialement. Le résonateur 3 comporte des segments 39 arrangés concentriques avec la serge 32a mais de diamètre inférieur à celle-ci. Lors de l'oscillation du résonateur 3, les segments 39 viennent presser contre l'une des lames 31', selon le sens de pivotement du résonateur 3. La force de rappel de la lame 31' pousse les segments 39 dans la direction inverse, permettant l'oscillation du résonateur 3.

[0036] Dans les différentes formes de réalisation de l'oscillateur 1 décrit jusqu'ici, l'élément massif 32 du résonateur 3 est entraîné en oscillation selon un mouvement rotatif, autrement dit, selon un mouvement de pivotement autour de son centre 12.

[0037] Un avantage de ces configurations où le résonateur 3 est entraîné en oscillation selon un mouvement rotatif comprend le maintien des écarts de marche entre les différentes positions de l'oscillateur 1 dans le champ gravitationnel ou lors de chocs.

[0038] La figure 13 représente une autre configuration de l'oscillateur 1, dans laquelle l'élément massif 32 comporte deux portions 32' s'étendant généralement dans un même plan P en arc de cercle par rapport à un centre 12. La roue d'échappement 5 est disposée dans l'espace intérieur 11 délimité par les portions massives 32', chacun portant un organe 40 de la partie ancre 4. Le mobile d'échappement 5 est monté pivotant autour du centre 12 de manière à ce qu'une denture (non représentée) de la roue d'échappement 5 vienne en coopération avec les organes 40. La roue d'échappement 5 est dans le même plan P que la roue d'échappement 5, cette dernière étant concentrique avec un cercle inscrit par les portions massives 32'. L'élément vibrant 31 comprend des lames 31' disposées en étoile (ici trois lames angulairement espacées d'environ 120°) et fixées à une extrémité proximale à la base 2 ayant la forme d'un arc de cercle. L'extrémité distale 35 des lames 31' est fixée à l'élément massif 32 par l'intermédiaire d'un pied 9. En fonctionnement, l'oscillation des lames 31' donne un mouvement d'oscillation dans le plan P comme indiqué par la flèche 90 dans la figure 13.

[0039] La superposition du centre de giration et du centre de masse du résonateur 3 de l'oscillateur 1 de la figure 13 minimise encore la sensibilité du système aux accélérations auxquelles il pourrait être soumis.

[0040] L'oscillateur 1 de l'invention peut cependant également inclure un résonateur où l'élément massif 32 est maintenable en oscillation selon un mouvement de translation.

[0041] Un tel mode de réalisation est illustré à la figure 14, le résonateur comprend un élément vibrant 31 formé de deux lames 31' fixé à la base 2 à leur extrémité proximale. Chacune des deux lames 31' porte, à leur extrémité distale 35, une portion massive 32' comprenant un organe 40 d'une partie ancre 4. Une roue d'échappement 5 est placée entre les deux portions massives 32' de manière à coopérer avec les organes 40. Les éléments vibrants 31 oscillent à partir de leur extrémité proximale, entraînant en translation dans un mouvement de va-et-vient les deux portions massives 32'. En particulier, les organes 40 reçoivent de façon alternée des impulsions des dents (non illustrées) de la roue d'échappement 5, de manière à alternativement verrouiller et libérer la roue d'échappement 5 et à entretenir les oscillations périodiques du résonateur 3.

[0042] Le rendement du résonateur 3 peut être perturbé par des éléments vibrants 31 résonant à des fréquences différentes. Le rendement du résonateur 3 peut également être perturbé par la mise en résonance des éléments vibrants 31 qui sont fixés à l'une de leur extrémités à la même base 2 et à l'autre extrémité au même élément massif 32, et qui oscilleraient avec des amplitudes différentes. Il est donc avantageux que les éléments vibrants 31 résonnent sensiblement à une amplitude (radiale ou transversale) qui est sensiblement la même.

[0043] Dans l'exemple de la figure 14, les deux portions massives 32' sont reliées rigidement, de sorte que les lames 31' et les portions massives 32' oscillent sensiblement à la même fréquence et selon la même amplitude.

[0044] Les éléments vibrants 31 oscillant sensiblement à la même fréquence permettent d'assurer toute perte due à des mouvements asynchrones de l'un ou l'autre des éléments vibrants 31. Ainsi, il est essentiel pour obtenir le meilleur facteur de qualité que l'ensemble des organes vibrant résonne à la même fréquence.

[0045] Bien que la plupart des procédés de fabrication pouvant être utilisés pour la fabrication de l'oscillateur 1 per-

mettent en principe d'assurer une parfaite réplique des géométries des éléments vibrants 31, l'utilisation d'un matériau à structure anisotrope, tel que certains siliciums monocristallins à orientation de type {001}, ne permettra pas une parfaite réplique dimensionnelle. Dans ce cas, des corrections de géométrie pourront permettre, dans le cas d'une configuration à un nombre d'éléments vibrants répartis de telle manière qu'ils ne sont pas tous dans le même axe cristallographique, de compenser la variation dimensionnelle et d'assurer une fréquence de résonance unique de l'ensemble des éléments vibrants.

[0046] Dans le cas d'un résonateur 1 réalisé dans un matériau à structure au moins partiellement pâteuse telle que certains verres, on pourra faire appel à la modification structurale de la matière de manière locale en l'exposant par irradiation par un laser femtoseconde.

[0047] L'oscillateur 1 de l'invention est particulièrement destiné à des fréquences élevées pouvant aller de 10Hz à 5'000Hz, la plage de fréquences idéale étant comprise entre 10Hz et 400Hz.

[0048] Les figures 15a et 15b montrent une vue du dessous de l'oscillateur 1 de la figure 14, illustrant les mouvements en translation en va-et-vient de l'élément massique 32 avec chacun des organes 40 de la partie ancre 4 venant en prise avec la denture de la roue d'échappement 5 ou la dégageant.

[0049] Encore dans un autre mode de réalisation montré à la figure 16, l'oscillateur 1 comprend un mobile d'échappement 5 qui pivote dans un plan sensiblement perpendiculaire au plan P dans lequel oscillent le premier résonateur 3, l'élément massique 32 et partie ancre 4.

[0050] En particulier, le résonateur 3 comprend deux lames 31' oscillant en torsion autour d'un axe 91 dans le plan P. L'extrémité distale 35 de chacune des lames 31' est fixée à l'élément massique 32 ayant la forme d'une serpe. Les organes 40 de la partie ancre 4 sont fixées, par exemple, sur le pourtour intérieur de l'élément massique 32. Le mobile d'échappement 5 peut être logé à l'intérieur de l'élément massique 32 de manière à coopérer avec les organes 40 de la partie ancre 4. Dans cette configuration, l'élément vibrant formé des deux lames 31' et l'élément massique 32 oscillent comme un pendule de torsion. Les lames 31' peuvent être constituées de lames doubles excitées à des fréquences dont les modes sont asymétriques et hors du plan P.

[0051] Les figures 17a et 17b montrent une vue du côté de l'oscillateur 1 de la figure 16, illustrant les mouvements en oscillation autour de l'axe 91, confondu à l'axe Y, de l'élément massique 32 avec chacune des organes 40 de la partie ancre 4 venant en prise avec la denture de la roue d'échappement 5 ou la dégageant.

[0052] Alors qu'une partie ancre 4 munie de deux organes 40 permet de laisser une dent 50 à chaque alternance, il est aussi possible d'équiper la partie ancre 4 d'un plus grand nombre de organes 40, et en variant l'espacement entre les organes 40, de sorte que la roue d'échappement 5 avance à une vitesse différente.

[0053] Selon un mode de réalisation illustré aux figures 18a et 18b, chaque partie ancre 4 est muni de quatre organes 40 au lieu de deux, répartis de telle manière qu'un seul organe 40 sur les quatre coopère avec une dent 50 de la roue d'échappement 5 à chaque oscillation. Une telle configuration permet d'obtenir une avance d'une demi-dent par alternance, soit une avance d'une dent pour deux alternances.

[0054] De la même manière, la fréquence de rotation peut encore être diminuée par l'adjonction de plus de deux organes 40 par partie ancre 4, 4'. Dans ce cas, il est aisé de modifier les fonctions des organes 40, de sorte que certains participent uniquement au dégagement de la roue 5 tandis que d'autres participent au dégagement et à l'impulsion, soit l'entretien du résonateur 3, obtenant ainsi un échappement dit à coups perdus, dont le rendement est généralement supérieur, comme c'est le cas des échappements à détente.

[0055] Il est aussi évident que de telles variantes d'échappement pourraient tout aussi bien s'appliquer, avec les adaptations nécessaires, à tout autre type d'échappement que ceux présentés aux figures 1 et 18, comme par exemple et sans être limitatif, à des échappements à ancre, à détente, à cylindre ou de type tangentiel ou des échappements sans contact, comme des échappements magnétiques.

[0056] L'oscillateur 1 peut être réalisé à partir d'un procédé ou d'une combinaison de procédés de microfabrication soustractive et/ou additive, à partir d'un seul substrat d'un matériau de préférence amagnétique ou de matériaux de base combinés entre eux et dont le matériau final sera de préférence amagnétique. Les matériaux choisis peuvent être de type métallique ou non métallique, ou une combinaison des deux.

[0057] Les matériaux amagnétiques métalliques comprennent des matériaux au moins partiellement métalliques tels que les alliages métalliques, les composites comprenant au moins un métal ainsi que les alliages métalliques au moins partiellement amorphes.

[0058] Les matériaux amagnétiques non métalliques choisis comprennent les verres (dont le quartz), les céramiques, les vitrocéramiques, les métalloïdes, comme par exemple le silicium, ainsi que les composites non métalliques.

[0059] De manière préférentielle, l'oscillateur 1 est réalisé à partir d'un seul substrat, de préférence un substrat de verre, de céramique, de vitrocéramique ou de silicium, ce dernier étant de préférence choisi sous la forme d'un wafer ou sous la forme d'un substrat qui se prête à des opérations de microfabrication à haut degré de précision et/ou de répétabilité telles que le DRIE ou la microfabrication par attaque sélective dans le volume, connue sous l'appellation ISLE (In Volume Selective Etching), et qui combine une irradiation par laser femtoseconde et une attaque chimique, et se prête particulièrement à certaines familles de verres.

[0060] Certains matériaux non métalliques étant plus fragiles, on peut avoir recours à un recouvrement au moins partiel de la surface du composant fini par une couche d'un matériau protecteur, comme par exemple le diamant, qui offre une couche dure protectrice et présentant de plus des propriétés tribologiques avantageuses. Le diamant est utilisé notamment pour le recouvrement de certains composants en silicium.

[0061] Avantageusement, la fréquence de l'oscillateur 1 peut être contrôlée en variant les dimensions des éléments vibrants 31 et/ou les dimensions de l'élément massique 32.

[0062] La fréquence d'oscillation des différents modes d'oscillation dépend de la géométrie de l'oscillateur 1 et peut être ajustée en modifiant le moment d'inertie de l'élément massique 32. A cette fin, mais aussi afin de modifier le rapport entre son inertie et son encombrement, et selon la nature du substrat utilisé pour la réalisation du résonateur 3, il peut être nécessaire de modifier l'inertie du résonateur, et plus particulièrement de son élément massique 32.

[0063] Un moment d'inertie plus élevé de l'élément massique 32 résulte dans une fréquence d'oscillation plus basse de l'oscillateur 1 et une durée d'oscillation plus longue (amortissement moins rapide des oscillations).

[0064] Le moment d'inertie de l'élément massique 32 peut être modifié en ajoutant ou enlevant des masselottes sur l'élément massique 32. En revenant à la figure 1, de telles masselottes 34 sont logées dans les évidements 36. La ou les masselottes 34 peuvent être ajoutées et détachées de l'élément massique 32 de manière à pouvoir modifier le moment d'inertie de l'élément massique 32. La ou les masselottes 34 permettent de modifier le moment d'inertie de l'élément massique 32 et donc du résonateur 3, sans augmenter sensiblement l'encombrement de l'oscillateur 1.

[0065] Ainsi, il est possible de faire appel à des masselottes 34 rapportées qui peuvent être assemblées par des moyens adaptés aux matériaux choisis et tolérances de positionnement et dimensionnement requises. Les masselottes 34 peuvent être jointes à l'élément massique 32 par des procédés de collage, brasage, soudage ou encore bonding, après avoir recouvert le substrat, le cas échéant, d'une couche adéquate, ou en avoir traité sa surface pour optimiser l'adhésion, voire favoriser une diffusion partielle.

[0066] Il est également possible de modifier le moment d'inertie de du résonateur 3 en faisant croître de la matière, par exemple par croissance galvanique, par frittage ou d'autres procédés additifs applicables à des microcomposants, sur une ou plusieurs des faces du résonateur 3 (par exemple, de l'élément massique 32). Il est également possible de faire appel à des procédés mécaniques d'assemblage tels le vissage, le sertissage ou rivage, le goupillage ou encore le montage dans une structure élastique, par serrage.

[0067] La masselotte 34 est avantageusement fabriquée dans un matériau ayant une densité supérieure à celui utilisé pour le reste du résonateur 3. Par exemple, la masselotte 34 peut être fabriquée en or ou en tout autre métal ou alliage dense. Selon la quantité d'inertie à modifier, il peut aussi être fait appel à des masselottes de densité égale, voire inférieure, à celle du matériau du résonateur, la finesse d'ajustement étant alors améliorée.

[0068] Si les masselottes 34 requises ont la même densité que celle du matériau de base, on pourra les réaliser dans la même matière, voire en une seule pièce, tout en les considérant tout de même comme des masselottes, dans la mesure où leur dimensionnement sera choisi pour remplir la fonction précitée.

[0069] Afin d'ajuster la fréquence après fabrication du résonateur 3, notamment pour l'appairer au mécanisme avec lequel il coopère, comme par exemple le mouvement horloger dont il assure la régulation, il est possible de modifier l'inertie de l'élément massique 32 et/ou des masselottes 34. En particulier, la fréquence peut être augmentée par ablation de matière sur l'élément massique 32 et/ou la masselotte 34.

[0070] L'ablation de matière peut être réalisée par usinage (mécanique, laser, chimique ou autre), par rupture d'éléments détachables (comme par exemple décrit dans le document CH656044) ou par tout autre procédé approprié. Si des éléments détachables sont utilisés, ils peuvent être réalisés lors de la même opération que l'opération de fabrication du résonateur 3.

[0071] Les masselottes 34 peuvent avoir toutes la même taille et la même masse. Alternativement, pour obtenir un réglage plus fin avec une plage plus grande, on peut utiliser des masselottes 34 avec des masses différentes. A titre d'exemple, les masselottes 34 peuvent être dimensionnés en cinq masses différentes afin de correspondre, respectivement, à une correction de : 1 s/j, 2 s/j, 4 s/j, 8 s/j, et 16 s/j. De cette façon, il est possible de corriger de 1 à 31 s/j en détachant une combinaison d'éléments appropriés.

[0072] Une autre manière de modifier la fréquence des oscillations du résonateur 3 consiste à modifier la rigidité des éléments vibrants 31, de préférence en modifiant leur moment quadratique et/ou la rigidité locale du matériau.

[0073] La figure 19 représente l'oscillateur 1 selon un autre mode d'exécution. L'oscillateur 1 comprend un premier résonateur 3 configuré de manière semblable à celle illustrée à la figure 14. L'oscillateur 1 comprend en outre un second résonateur 7. Le second résonateur 7 ne comporte pas de partie ancre 4 et ne coopère pas avec le mobile d'échappement (non représenté à la figure 19). Le second résonateur 7 est configuré pour pouvoir osciller librement, c'est-à-dire, sans être perturbé par la partie ancre 4 du premier résonateur 3.

[0074] Le second oscillateur 7 peut être accouplé à l'oscillation du premier résonateur 3 de l'oscillateur 1 par résonance sympathique. Le second oscillateur 7 permet ainsi de réduire les perturbations causées par partie ancre 4 pendant le fonctionnement de l'oscillateur 1, par exemple, des perturbations dues aux chocs des dents 50 du mobile d'échappement 5 sur les organes 40 de la partie ancre 4.

[0075] La transmission et l'accouplage des vibrations entre le premier résonateur 3 qui coopère avec le mobile d'échappement 5 et le second résonateur 7, peut se faire par l'intermédiaire de structures de support (résonance mécanique), d'un fluide ambiant (résonance acoustique) ou par couplage magnétique. Dans le cas d'un couplage par l'intermédiaire d'un fluide ambiant, la surface de l'organe réglant 1 peut être modifiée (par exemple par nano structuration) de manière à augmenter la pression d'ondes déplacées et ainsi favoriser la qualité de la synchronisation. De façon alternative ou en combinaison, la géométrie de l'oscillateur 1 peut être modifiée. Dans le cas d'un couplage magnétique, le second résonateur libre 7 peut être monté sous une atmosphère contrôlée, par exemple dans une capsule magnétiquement perméable (non représentée), de manière à améliorer le facteur de qualité de l'organe réglant 1. De manière générale, le second oscillateur 7 contribue à l'amélioration du facteur de qualité du résonateur 3.

[0076] Dans un mode de réalisation illustré à la figure 20, l'oscillateur 1 comporte un mécanisme marche/arrêt 60 comprenant un levier 61 actionné par la tirette 62 d'un mécanisme de mise à l'heure et configuré pour arrêter et maintenir en arrêt l'oscillateur 1, en arrêtant les éléments vibrants 31 de l'oscillateur 1 dans une position de déséquilibre, correspondant à l'une des deux positions extrêmes du résonateur 3 en mode de fonctionnement normal (voire une position excentrée par rapport à la roue d'échappement 5) de façon à assurer une fonction d'auto-démarrage d'un mouvement horloger. De façon préférée, l'oscillateur 1 est mis en marche dans le premier mode d'oscillation. Afin d'éviter des déplacements excessifs du résonateur en cas de choc, des butées (non représentées) peuvent être configurées de manière à limiter le mouvement de l'oscillateur 1 selon les axes "x", "y" et "z" en cas de choc important.

[0077] La fonction d'auto-démarrage pourra aussi de manière avantageuse être facilitée par la réalisation de géométries spécifiques sur les organes de la partie ancre 4 du résonateur et des dents du mobile d'échappement 50, dont la combinaison, en plus de répondre aux fonctions d'échappement requises, permettra de favoriser une position instable de l'oscillateur, en forçant notamment un déplacement des deux éléments entre eux à partir de la position d'équilibre du résonateur lorsqu'il ne coopère avec aucun organe.

[0078] Les figures 21a et 21b représentent une vue de détail des dents 50 de la roue d'échappement 5, selon un mode de réalisation. Chacune des dents 50 de la roue d'échappement 5 comprend un plan d'impulsion 51 et un plan de repos 52 inclinés. Chacune des levées 40 comprend également un plan de repos 41 incliné mais ne comprend pas de plan d'impulsion, le sommet 42 de la levée 40 ayant plutôt une forme de pointe, dont l'extrémité pourra présenter un arrondi plus ou moins prononcé. La configuration des dents 50 de la roue d'échappement 5 et des levées 40 dans ce mode de réalisation permet aux levées 40 de recevoir les impulsions des dents 50, et d'entretenir les oscillations du résonateur 3 tout en faisant avancer la roue d'échappement 5.

[0079] De manière à limiter de possibles rebonds des levées 40 lors de l'impulsion sur les dents 50 de la roue d'échappement 5, cette dernière peut être pourvue de bras 53 élastiques de manière à absorber les chocs des levées 40 sur les dents 50.

[0080] L'oscillateur 1 peut comprendre des moyens de compensation thermique incluant des revêtements compensateurs, des matières à coefficient thermoélastique nul, des matières à structure localement modifiées, et enfin des autres moyens analogues à ceux utilisés sur les balanciers, par exemple des structures bimétalliques, ou autres.

[0081] Par exemple, si l'oscillateur 1 est fabriqué en silicium, il peut comprendre un revêtement en dioxyde de silicium déposé sur au moins une partie de sa surface. Alternativement, les moyens de compensation thermique d'un organe réglant 1 en silicium peuvent être un des moyens décrits dans le document CH699780 de la demanderesse.

[0082] Dans une autre exécution, l'organe réglant est fabriqué dans un matériau de la famille des verres et la thermocompensation est obtenue par revêtement à base d'oxyde d'aluminium dont le coefficient thermoélastique est de signe opposé à celui du substrat.

[0083] Dans une autre exécution encore, le résonateur est réalisé dans un matériau vitreux ayant un premier coefficient thermoélastique et la thermocompensation est obtenue par modification locale d'une portion des organes, de sorte à donner à cette portion un second coefficient thermoélastique compensant le premier, cette modification étant de préférence obtenue par irradiation.

[0084] Le résonateur 3 peut être réalisé en silicium et la thermocompensation obtenue par l'apport d'un matériau présentant un coefficient thermoélastique de signe opposé à celui du silicium, et répartie de manière uniforme ou discontinue en surface et/ou au sein de la matière composant les éléments vibrants 31.

[0085] Le matériau de thermocompensation peut être un dioxyde de silicium (SiO₂).

[0086] Dans le résonateur 3 décrit ici, la partie ancre 4 est solidarifiée avec l'élément massique 32. La partie ancre 4 est rendue solidaire avec l'élément massique 32 par tout moyen approprié. Par exemple, la partie ancre 4 est rendue solidaire avec l'élément massique 32 par collage, soudage ou un autre moyen de fixation de la partie ancre 4 sur l'élément massique 32. La partie ancre 4 peut également être formée intégrale avec l'élément massique 32, notamment lors de la fabrication du résonateur 1. Le résonateur 3 ne nécessite donc pas l'ajout d'une ancre séparée, permettant avantageusement de diminuer le nombre de pièces et le nombre de frottements perturbateurs à chaque contact entre les pièces.

[0087] Afin de réduire le nombre de pièces dans le rouage et/ou de simplifier ses nombrages, qui déterminent les rapports de vitesses entre les mobiles du rouage du mouvement avec lequel il coopère, pour par exemple afficher des informations de périodes spécifiques, l'oscillateur peut être dimensionné de manière à conférer à son mobile d'échap-

pement une vitesse de rotation singulière. Par exemple, le mobile d'échappement peut effectuer une rotation en une seconde, ou en des multiples entiers ou fractionnels.

[0088] L'oscillateur 1 peut être conçu de telle manière que son mobile d'échappement 5 coopère avec son résonateur 3 selon plusieurs modes, notamment en vue de procéder à un appairage entre résonateur 3 et le mobile d'échappement 5. La figure 22 présente à cet effet le résonateur 3, semblable à celui de la figure 11, équipé de trois parties ancre 4, chaque comprenant un organe 40 disposé à l'extrémité de deux portions massiques 32' adjacentes (une seule partie ancre 4 est visible complètement). Par exemple, un tel arrangement peut comprendre une partie ancre 4 par espace intérieur 11. Cet arrangement permet de positionner le résonateur 3 par rapport au mobile d'échappement 5 selon 3 positions angulaires différentes pour le faire coopérer avec la partie ancre 4 la plus appropriée pour atteindre les performances désirées.

[0089] De la même manière, la figure 23 présente un résonateur 3 avec quatre parties ancre 4, chaque partie ancre 4 étant destinée à coopérer avec le mobile d'échappement 5 selon quatre modes différents.

[0090] Alors que ces variantes offrent déjà des possibilités d'appairage avantageuses, il existe encore d'autres façons d'appairer les deux organes ensemble pour rendre l'oscillateur plus largement utilisable pour une large gamme de mouvements horlogers, comme par exemple dans le cas de calibres ayant des couples proches mais dont l'écart ne permette pas d'utiliser un même oscillateur.

[0091] Ainsi, le mobile d'échappement 5 lui-même peut être dimensionné selon plusieurs variantes qui permettent d'étendre l'appairage à plus de classes d'oscillateurs.

[0092] D'une autre manière, la figure 24 présente une vue en coupe de l'oscillateur 1, face au plan passant par deux organes 40 de la partie ancre 4 coopérant avec le mobile d'échappement 5, selon un mode de réalisation. Le résonateur 3 comporte dans sa hauteur une pluralité de parties ancre 4 de géométries différentes, mais pouvant coopérer avec le même mobile d'échappement 5. En changeant le positionnement du mobile d'échappement 5 dans le plan Z du résonateur 3, il est ainsi possible d'obtenir des variantes supplémentaires qui pourraient aussi permettre, dans des cas particuliers, d'adapter la marche de la montre aux conditions de porter de son propriétaire.

[0093] La sélection de l'étage 8 du résonateur 3 avec lequel le mobile d'échappement 5 coopère peut se faire de différentes manières, la figure 24 représentant un mobile d'échappement comportant une planche d'échappement à montage flexible, prenant appui sur une pluralité de portées taillées dans son arbre, chacune de ces portées portant une ou plusieurs facettes ou méplats destinés à assurer l'entraînement en rotation des deux sans glissement. Dans ce cas, le pignon du mobile d'échappement sera monté directement sur le mobile et sera fixe, alors que l'horloger peut de manière appropriée déplacer la planche du mobile d'échappement 5 pour le faire coopérer avec la partie ancre 4 appropriée.

[0094] La facilité de mise en oeuvre de cette solution en ce qui concerne la manipulation et la flexibilité (aucun montage/démontage n'est requis) le destine particulièrement à des opérations dans lesquelles de telles opérations seraient pénalisantes (industrialisation, service après-vente, etc.).

[0095] D'une autre manière, toujours en faisant référence à la figure 24, le mobile d'échappement 5 peut coopérer avec partie ancre 4,40 qui est placée en dehors du plan médian du résonateur 3, la partie ancre 4,40 définissant un premier plan hors du plan médian du résonateur. Le résonateur 3 comporte alors une deuxième partie ancre 4,40 pour chaque partie ancre 4,40 placée sur ce premier plan hors du plan médian, les parties ancre 4,40 étant placées de manière symétrique inversée (pour assurer les mêmes fonctions lorsque les organes ne permettent pas des fonctions réversibles). L'appairage se fait alors en inversant le sens de montage du résonateur 3 et du mobile d'échappement 5, le mobile d'échappement étant monté de manière avantageuse centré sur son arbre 54.

[0096] L'ensemble des solutions d'appairage proposées précédemment peuvent naturellement être combinées afin d'étendre encore les gammes d'appairage, la combinaison d'une variante de mobile d'échappement 5 et des parties ancre 4, 40 appropriés du résonateur 3 permettant d'obtenir une même plage de fréquences pour un couple variable transmis au mobile d'échappement 5.

[0097] Le cas où le résonateur 3 dispose de plusieurs parties ancre 4 qui peuvent être différentes (dans le cas de l'appairage) ou identiques. Cette dernière variante présente l'avantage de pouvoir utiliser le même résonateur 3 pour réguler plusieurs rouages distincts, l'oscillateur 1 comportant dans ce cas une pluralité de mobiles d'échappement 5 coopérant chacun avec un rouage dédié.

[0098] Il va de soi que la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit et que diverses modifications et variantes simples peuvent être envisagées par l'homme de métier sans sortir du cadre de la présente invention.

[0099] Par exemple, la géométrie de l'oscillateur 1 et notamment la géométrie des éléments vibrants 31 peut être modifiée de différentes manières. Par exemple, chaque résonateur 3, chaque élément massique 32 et/ou chaque partie ancre 4 peuvent être assimilés ensemble comme un seul élément ou élément vibrant de l'oscillateur.

[0100] Par ailleurs, les organes 40 de la partie ancre 4 adaptées pour coopérer avec les dents 50 du mobile d'échappement 5 peuvent prendre différentes formes.

[0101] Dans une autre variante d'exécution non représentée, des butées permettent de limiter le mouvement trans-

versal dans le plan P. De telles butées peuvent être orientées sur un axe perpendiculaire au plan du mobile d'échappement, et montées sur le bâti destiné à recevoir l'oscillateur 1. Les butées peuvent également être intégrées directement à la géométrie du résonateur 3, de préférence à sa partie mobile, c'est-à-dire l'élément massique 32 ou la partie ancre 4, sans toutefois exclure d'autres solutions.

[0102] L'organe réglant et l'échappement de la présente invention possèdent également une esthétique inédite et ils peuvent être avantageusement incorporés dans un mouvement horloger d'une montre d'une manière permettant de les rendre visibles au porteur de la montre. A titre d'exemple, l'organe réglant et l'échappement peuvent être montés en dessus ou en dessous de l'organe moteur du mouvement. Pour donner également une indication des seconds, la roue d'échappement peut être adapté afin qu'elle tourne à une vitesse d'un tour par minute.

Numéros de référence employés sur les figures

1	oscillateur	41	plan de repos de la levée
10	bâti	42	sommet de la dent
11	espace intérieur	5	mobile d'échappement, roue d'échappement
12	centre		
14	partie supérieure du bâti	50	dent de la roue d'échappement
2	base	51	plan d'impulsion de la dent
20	moyens de montage	52	plan de repos de la dent
21	pont, pont supérieur	53	bras de la roue d'échappement
21'	pont inférieur	54	arbre
3	premier résonateur	6	butée
31	élément vibrant	60	mécanisme marche/arrêt
31'	portion repliée, lame	61	levier
32	élément massique	62	tirette
32'	portion massique	7	second résonateur
33	paroi	8	étage
34	masselotte	9	pied
35	extrémité distale	90	direction de l'oscillation
36	évidements	91	axe
37	élément détachable	P	plan
37'	section réduite d'élément détachable	P'	plan parallèle
38	logement		
39	segment		
4	partie ancre		
40	levée		

Revendications

1. Oscillateur pour la régulation d'un mouvement horloger mécanique, l'oscillateur (1) comportant un mobile d'échappement (5) et un premier résonateur (3); le premier résonateur (3) comprenant un élément massique (32); et une base (2) destinée à être montée fixe ou mobile sur le mouvement horloger;

caractérisé en ce que

le premier résonateur (3) constitue la base de temps de l'oscillateur (1); l'élément massique (32) est supporté seulement par la base (2) par l'intermédiaire d'au moins deux éléments vibrants (31), lesdits au moins deux éléments vibrants (31) maintenant l'élément massique (32) en oscillation; et

en ce que l'élément massique (32) comprend au moins une partie ancre (4), solidaire de l'élément massique (32) et configurée de manière à coopérer directement avec le mobile d'échappement (5) de sorte à entretenir des oscillations dudit premier résonateur (3) et à laisser le mobile d'échappement (5) se déplacer à chaque alternance des oscillations.

2. L'oscillateur selon la revendication 1, dans lequel lesdits au moins deux éléments vibrants (31) ont sensiblement la même fréquence propre et/ou oscillent avec une même amplitude.

EP 3 365 734 B1

3. L'oscillateur selon la revendication 1 ou 2,
dans lequel les au moins deux éléments vibrants (31) s'étendant radialement dans un plan (P) à partir de la base (2), au moins une extrémité distale (35) de chacun des éléments vibrants (31) étant fixée à l'élément massif (32).
- 5 4. L'oscillateur selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel ladite au moins une partie ancre (4) comprend au moins deux organes (40) destinés à coopérer avec le mobile d'échappement (5).
- 10 5. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 4,
dans lequel le mobile d'échappement (5) pivote sensiblement dans le même plan (P) que, ou dans un plan parallèle (P') à, celui dans lequel oscille le premier résonateur (3).
- 15 6. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 4,
dans lequel le mobile d'échappement (5) pivote dans un plan sensiblement perpendiculaire au plan (P) dans lequel oscille le premier résonateur (3).
- 20 7. L'oscillateur selon la revendication 5 ou 6,
dans lequel l'élément massif (32) et la partie ancre (4) oscillent autour d'un même axe.
- 25 8. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 7,
dans lequel le premier résonateur (3) comprend au moins deux éléments vibrants (31) s'étendant dans un plan (P) à partir de la base (2); une extrémité distale (35) de chacun des éléments vibrants (31) étant fixée à l'élément massif (32).
- 30 9. L'oscillateur selon la revendication 8,
dans lequel l'élément massif (32) comprend au moins deux portions (32') s'étendant radialement entre la base (2) et l'extrémité distale (35) des éléments vibrants (31).
- 35 10. L'oscillateur selon la revendication précédente,
dans lequel les au moins deux portions (32') de l'élément massif (32) oscillent sensiblement à la même fréquence et selon la même amplitude.
- 40 11. L'oscillateur selon la revendication 9 ou 10,
dans lequel les portions (32') de l'élément massif (32) sont reliées rigidement.
- 45 12. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 11,
dans lequel la partie ancre (4) comprend au moins deux organes (40).
- 50 13. L'oscillateur selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel chacun des éléments vibrants (31) comprend une lame ou poutre vibrante.
- 55 14. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 13,
dans lequel chacun des éléments vibrants (31) comprend une portion repliée (31') de type méandre ou serpent.
15. L'oscillateur selon l'une des revendication 1 à 14,
dans lequel chacun des éléments vibrants (31) a une forme en arc de cercle.
16. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 15,
dans lequel chacun des éléments vibrants (31) a une forme cylindrique.
17. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 16,
dans lequel chacun des éléments vibrants (31) comprend au moins deux lames (31') parallèles disposées radialement.
18. L'oscillateur selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel ladite au moins une partie ancre (4) est configurée de manière à coopérer directement avec des dents (50) du mobile d'échappement (5) de manière à faire pivoter ledit mobile d'échappement (5) à chaque alternance des oscillations.

EP 3 365 734 B1

- 5
19. L'oscillateur selon la revendication 18,
dans lequel la partie ancre (4) comprend au moins deux organes (40) arrangés de manière à ce qu'un seul organe (40) coopère avec une dent (50) de la roue d'échappement (5) à chaque oscillation, de sorte à ce que la roue d'échappement (5) pivote d'une demi dent (50) à chaque alternance des oscillations.
- 10
20. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 19,
dans lequel la lame vibrante est de section rectangulaire avec un rapport de la raideur sur la masse compris entre 0.1 et 1.0, et dont le rapport de la hauteur sur l'épaisseur est compris entre 3 et 20.
- 15
21. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 20,
dans lequel le premier résonateur (3) oscille avec une fréquence comprise entre 10 Hz et 5'000 Hz.
22. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 21,
dans lequel l'élément massique (32) comprend au moins une masselotte (34) qui peut être ajoutée et détachée de l'élément massique (32) de manière à pouvoir modifier le moment d'inertie de l'élément massique (32).
- 20
23. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 22,
comprenant en outre un bâti (10) arrangé pour recevoir l'oscillateur (1) et destiné à être monté fixe ou mobile sur le mouvement horloger.
- 25
24. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 23,
dans lequel le résonateur (3) est thermocompensé.
- 25
25. L'oscillateur selon la revendication 24,
dans lequel le résonateur (3) est réalisé en silicium et la thermocompensation est obtenue par l'apport d'un matériau de thermocompensation présentant un coefficient thermoélastique de signe opposé à celui du silicium.
- 30
26. L'oscillateur selon la revendication 25,
dans lequel le matériau de thermocompensation est un dioxyde de silicium.
- 35
27. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 26,
dans lequel la fréquence d'oscillation de l'oscillateur (1) est ajustable par modification de la masse de l'élément massique (32).
- 40
28. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 27,
dans lequel le résonateur (3) est équilibré dans toutes les positions de sorte avoir une variation de marche ne dépassant pas deux secondes entre les différentes positions.
- 45
29. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 28,
comprenant en outre un second résonateur (7) accouplé à l'oscillation du premier résonateur (3) par résonance sympathique et oscillant à une fréquence multiple, égale ou fractionnelle de celle du premier résonateur (3).
- 50
30. L'oscillateur selon la revendication 29,
dans lequel l'accouplage à l'oscillation comprend un couplage magnétique; et dans lequel le second oscillateur (7) est monté sous une atmosphère contrôlée.
- 55
31. L'oscillateur selon l'une des revendications 1 à 30,
comprenant en outre un mécanisme marche/arrêt configuré pour arrêter et maintenir en arrêt le résonateur (3) dans une position de déséquilibre et pour assurer une fonction d'auto-démarrage de l'oscillateur (1).
32. L'oscillateur selon la revendication 31,
dans lequel les géométries de la partie ancre (4) et/ou du mobile d'échappement (5) sont choisies de sorte à assurer un auto-démarrage lorsque la roue est soumise à un couple.
33. L'oscillateur selon l'une de revendications précédentes dans lequel le résonateur comporte plusieurs jeux d'organes destinés à coopérer avec plusieurs mobiles d'échappement.
34. Mouvement horloger à au moins un rouage comprenant un oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes.

35. Mouvement horloger comprenant un oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'oscillateur coopère avec plusieurs mobiles, chacun étant destiné à coopérer avec à rouage distinct.

5 **Patentansprüche**

1. Oszillator zur Regelung eines mechanischen Uhrwerks, wobei der Oszillator (1) ein Hemmungsrad (5) und einen ersten Resonator (3) aufweist; wobei der erste Resonator (3) ein Massenelement (32) aufweist; und eine Unterlage (2), welche dazu bestimmt ist, fest oder beweglich auf das Uhrwerk montiert zu werden; **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Resonator (3) die Zeitbasis des Oszillators (1) bildet; das Massenelement (32) nur durch die Unterlage (2) über mindestens zwei Schwingungselemente (31) gestützt wird, wobei die besagten mindestens zwei Schwingungselemente (31) das Massenelement (32) in Schwingung halten; und dass das Massenelement (32) mindestens einen Ankerteil (4) aufweist, der einstückig mit dem Massenelement (32) ausgebildet ist und so konfiguriert ist, um direkt mit dem Hemmungsrad (5) zusammenzuwirken, um die Schwingungen des besagten ersten Resonator (3) aufrechtzuerhalten, und um das Hemmungsrad (5) bei jedem Schwingungswechsel bewegen zu lassen.
- 20 2. Oszillator gemäss Anspruch 1, worin die besagten mindestens zwei Schwingungselemente (31) im Wesentlichen dieselbe Eigenfrequenz aufweisen und/oder mit derselben Amplitude schwingen.
3. Oszillator gemäss Anspruch 1 oder 2, worin die mindestens zwei Schwingungselemente (31) sich radial in einer Ebene (P) von der Unterlage (2) erstrecken, wobei mindestens ein distales Ende (35) von jedem der Schwingungselemente (31) jeweils am Massenelement (32) befestigt ist.
- 25 4. Oszillator gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der besagte mindestens eine Ankerteil (4) mindestens zwei Elemente (40) zum Zusammenwirken mit dem Hemmungsrad (5) aufweist.
- 30 5. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, worin das Hemmungsrad (5) im Wesentlichen in der gleichen Ebene (P) oder in einer parallelen Ebene (P') zu derjenigen schwenkt, in welcher der erste Resonator (3) schwingt.
6. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, worin das Hemmungsrad (5) in einer Ebene schwenkt, die im Wesentlichen senkrecht zur Ebene (P) ist, in welcher der erste Resonator (3) schwingt.
- 35 7. Oszillator gemäss Anspruch 5 oder 6, worin das Massenelement (32) und der Ankerteil (4) um eine gleiche Achse schwingen.
8. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, worin der erste Resonator (3) mindestens zwei Schwingungselemente (31) aufweist, welche sich in einer Ebene (P) aus der Unterlage (2) erstrecken; wobei ein distales Ende (35) jedes der Schwingungselemente (31) am Massenelement (32) befestigt ist.
- 40 9. Oszillator gemäss Anspruch 8, worin das Massenelement (32) mindestens zwei Abschnitte (32') aufweist, welche sich radial zwischen der Unterlage (2) und dem distalen Ende (35) der Schwingungselemente (31) erstrecken.
- 45 10. Oszillator gemäss dem vorhergehenden Anspruch, worin die mindestens zwei Abschnitte (32') des Massenelements (32) im Wesentlichen mit der selben Frequenz und gemäss der selben Amplitude schwingen.
11. Oszillator gemäss Anspruch 9 oder 10, worin die Abschnitte (32') des Massenelements (32) starr zusammenverbunden sind.
- 50 12. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 11, worin der Ankerteil (4) mindestens zwei Elemente (40) aufweist.
13. Oszillator gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, worin jedes der Schwingungselemente (31) eine Vibrationsplatte oder einen Vibrationsbalken aufweist.
- 55 14. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 13, worin jedes der Schwingungselemente (31) einen gefalteten Abschnitt (31') vom Mäander- oder Serpentinentyp aufweist.

EP 3 365 734 B1

15. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 14, worin jedes der Schwingungselemente (31) eine bogenförmige Form aufweist.
- 5 16. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 15, worin jedes der Schwingungselemente (31) eine zylindrische Form aufweist.
17. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 16, worin jedes der Schwingungselemente (31) mindestens zwei parallele Klingen (31') aufweist, die radial angeordnet sind.
- 10 18. Oszillator gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der besagte mindestens eine Ankerteil (4) so konfiguriert ist, um direkt mit den Zähnen (50) des Hemmungsrads (5) zusammenzuwirken, um das besagte Hemmungsrads (5) bei jedem Schwingungswechsel schwenken zu lassen.
- 15 19. Oszillator gemäss Anspruch 18, worin der Ankerteil (4) mindestens zwei Elemente (40) umfasst, welche so angeordnet sind, dass nur ein Element (40) mit einem Zahn (50) des Hemmungsrads (5) bei jeder Schwingung zusammenarbeitet, so dass das Hemmungsrads (5) bei jedem Schwingungswechsel um einen Halbzahn (50) schwenkt.
- 20 20. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 19, worin die vibrierende Klinge einen rechteckigen Querschnitt mit einem Verhältnis der Steifheit zur Masse zwischen 0,1 und 1,0 aufweist, und dessen Verhältnis der Höhe zur Dicke zwischen 3 und 20 liegt.
- 25 21. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 20, worin der erste Resonator (3) mit einer Frequenz zwischen 10 Hz und 5'000 Hz schwingt.
- 30 22. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 21, worin das Massenelement (32) mindestens ein Gewichtchen (34) aufweist, welches zum Masseelement (32) hinzugefügt und von diesem gelöst werden kann, um das Trägheitsmoment des Massenelements (32) ändern zu können.
- 35 23. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 22, ferner mit einem Rahmen (10) zur Aufnahme des Oszillators (1), und welcher dazu bestimmt ist, fest oder beweglich am Uhrwerk angebracht zu werden.
- 40 24. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 23, worin der Resonator (3) thermokompensiert ist.
- 45 25. Oszillator gemäss Anspruch 24, worin der Resonator (3) aus Silizium besteht und die Thermokompensation durch Zuführung eines Thermokompensationsmaterials mit einem thermoelastischen Koeffizienten mit entgegengesetztem Vorzeichen zu demjenigen von Silizium erhalten wird.
- 50 26. Oszillator gemäss Anspruch 25, worin das Thermokompensationsmaterial Siliziumdioxid ist.
- 55 27. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 26, worin die Oszillationsfrequenz des Oszillators (1) durch Ändern der Masse des Massenelements (32) einstellbar ist.
28. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 27, worin der Resonator (3) in allen Positionen so ausgeglichen ist, so dass er zwischen den verschiedenen Positionen eine Laufvariation von nicht mehr als zwei Sekunden aufweist.
29. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 28, ferner mit einem zweiten Resonator (7), der durch sympathische Resonanz mit der Schwingung des ersten Resonators (3) gekoppelt ist, und welcher mit einer Frequenz schwingt, die das Vielfache, das Gleiche oder ein Teil von derjenigen des ersten Resonators (3) ist.
30. Oszillator gemäss Anspruch 29, worin die Kopplung mit der Oszillation eine magnetische Kopplung umfasst; und worin der zweite Oszillator (7) in einer kontrollierten Atmosphäre montiert wird.
31. Oszillator gemäss einem der Ansprüche 1 bis 30, ferner mit einem Ein/Aus-Mechanismus, der konfiguriert ist, um den Resonator (3) in einer unausgeglichenen Position anzuhalten und zu halten, und um eine Selbststartfunktion des Oszillators (1) zu gewährleisten.
32. Oszillator gemäss Anspruch 31, worin die Geometrien des Ankerteils (4) und/oder des Hemmungsrades (5) so gewählt werden, dass sie einen Selbststart ermöglichen, wenn das Rad einem Drehmoment ausgesetzt ist.

33. Oszillator gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Resonator mehrere Sätze von Elementen umfasst, welche dazu bestimmt sind, mit mehreren Hemmungsrädern zusammenzuarbeiten.

5

34. Uhrwerk mit mindestens einem Zahnrad, umfassend einen Oszillator (1) gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche.

35. Uhrwerk mit einem Oszillator (1) gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Oszillator mit mehreren Rädern zusammenwirkt, welche jeweils mit einem separaten Zahnrad zusammenwirken sollen.

10

Claims

15

1. Oscillator for regulating a mechanical watch movement, the oscillator (1) comprising an escapement wheel (5) and a first resonator (3); the first resonator (3) comprising a mass element (32); and a base (2) designed to be fixed or movable on the watch movement;

characterized in that

the first resonator (3) constitutes the time base of the oscillator (1);

the mass element (32) being supported only by the base (2) via at least two vibrating elements (31), said at least two vibrating elements (31) maintaining the mass element (32) in oscillation; and

20

in that the mass element (32) comprises at least one anchor portion (4), secured to the mass element (32) and configured so as to cooperate directly with the escapement wheel (5) so as to maintain the oscillations of said first resonator (3) and to let the escapement wheel (5) move with each alternation of oscillations.

25

2. The oscillator according to claim 1, wherein said at least two vibrating elements (31) have substantially the same natural frequency and/or oscillate with the same amplitude.

30

3. The oscillator according to claim 1 or 2, wherein the at least two vibrating elements (31) extend radially in a plane (P) from the base (2), with at least one distal end (35) of each of the vibrating elements (31) being attached to the mass element (32).

35

4. The oscillator according to one of the previous claims, wherein said at least one anchor portion (4) comprises at least two members (40) designed to cooperate with the escapement wheel (5).

40

5. The oscillator according to one of the claims 1 to 4, wherein the escapement wheel (5) pivots substantially in the same plane (P) as, or in a plane parallel (P') to, that in which the first resonator (3) oscillates.

45

6. The oscillator according to one of the claims 1 to 4, wherein the escapement wheel (5) pivots in a plane substantially perpendicular to the plane (P) in which the first resonator (3) oscillates.

50

7. The oscillator according to claim 5 or 6, wherein the mass element (32) and the anchor portion (4) oscillate on the same axis.

8. The oscillator according to one of the claims 1 to 7, wherein the first resonator (3) comprises at least two vibrating elements (31) extending on a plane (P) from the base (2); a distal end (35) of each of the vibrating elements (31) being attached to the mass element (32).

55

9. The oscillator according to claim 8, wherein the mass element (32) comprises at least two portions (32') extending radially between the base (2) and the distal end (35) of the vibrating elements (31).

10. The oscillator according to the previous claim, wherein the at least two portions (32') of the mass element (32) oscillate substantially at the same frequency and with the same amplitude.

EP 3 365 734 B1

11. The oscillator according to claim 9 or 10,
wherein the portions (32') of the mass element (32) are rigidly linked.
- 5 12. The oscillator according to one of the claims 1 to 11,
wherein the anchor portion (4) comprises at least two members (40).
13. The oscillator according to one of the previous claims,
wherein each of the vibrating elements (31) comprises a vibrating plate or beam.
- 10 14. The oscillator according to one of the claims 1 to 13,
wherein each of the vibrating elements (31) comprises a folded portion (31') of meander or serpentine type.
- 15 15. The oscillator according to one of the claims 1 to 14,
wherein each of the vibrating elements (31) has an arcuate shape.
- 16 16. The oscillator according to one of the claims 1 to 15,
wherein each of the vibrating elements (31) has a cylindrical shape.
- 20 17. The oscillator according to one of the claims 1 to 16,
wherein each of the vibrating elements (31) comprises at least two parallel blades (31') arranged radially.
- 25 18. The oscillator according to one of the previous claims,
wherein said at least one anchor portion (4) is configured so as to cooperate directly with teeth (50) of the escapement
wheel (5) so as to rotate said escapement wheel (5) with each alternation of oscillations.
- 30 19. The oscillator according to claim 18,
wherein the anchor portion (4) comprises at least two members (40) arranged so that only one member (40) coop-
erates with a tooth (50) of the escapement wheel (5) at each oscillation, so that escapement wheel (5) pivots a half
tooth (50) with each alternation of oscillations.
- 35 20. The oscillator according to one of the claims 1 to 19,
wherein the vibrating blade is of rectangular section with a ratio of the stiffness to the mass comprised between 0.1
and 1.0, and whose ratio of the height to the thickness is comprised between 3 and 20.
- 40 21. The oscillator according to one of the claims 1 to 20,
wherein the first resonator (3) oscillates with a frequency between 10 Hz and 5000 Hz.
- 45 22. The oscillator according to one of the claims 1 to 21,
wherein the mass element (32) comprises at least one inertia-block (34) which can be added and detached from
the mass element (32) so as to be able to modify the moment of inertia of the mass element (32).
- 50 23. The oscillator according to one of the claims 1 to 22,
further comprising a frame (10) arranged to receive the oscillator (1) and designed to be mounted fixed or movable
on the watch movement.
- 55 24. The oscillator according to one of the claims 1 to 23,
wherein the resonator (3) is thermocompensated.
25. The oscillator according to claim 24,
wherein the resonator (3) is made of silicon and the thermocompensation is obtained by providing a thermocom-
pensation material having a thermoelastic coefficient of opposite sign to that of silicon.
26. The oscillator according to claim 25,
wherein the thermocompensation material is silicon dioxide.
27. The oscillator according to one of the claims 1 to 26,
wherein the oscillation frequency of the oscillator (1) is adjustable by changing the mass of the mass element (32).

EP 3 365 734 B1

28. The oscillator according to one of the claims 1 to 27,
wherein the resonator (3) is balanced in all positions so as to have a running variation of no more than two seconds
between the different positions.

5 **29.** The oscillator according to one of the claims 1 to 28,
further comprising a second resonator (7) coupled to the oscillation of the first resonator (3) by sympathetic resonance
and oscillating at a frequency that is multiple of, equal to or fractional to that of the first resonator (3).

10 **30.** The oscillator according to claim 29,
wherein the coupling to the oscillation comprises a magnetic coupling; and wherein the second oscillator (7) is
mounted under a controlled atmosphere.

15 **31.** The oscillator according to one of the claims 1 to 30,
comprising an on/off mechanism configured to stop and hold the resonator (3) in an unbalanced position and to
provide a self-starting function of the oscillator (1).

20 **32.** The oscillator according to claim 31,
wherein the geometries of the anchor portion (4) and/or of the escapement wheel (5) are selected so as to provide
a self-starting when the wheel is subjected to a torque.

33. The oscillator according to one of the previous claims wherein the resonator comprises several sets of members
intended to cooperate with several escapement wheels.

25 **34.** Watch movement with at least one gear comprising an oscillator (1) according to one of the previous claims.

35. Watch movement comprising an oscillator (1) according to one of the previous claims, wherein the oscillator coop-
erates with several wheels, each being intended to cooperate with a separate gear.

30

35

40

45

50

55

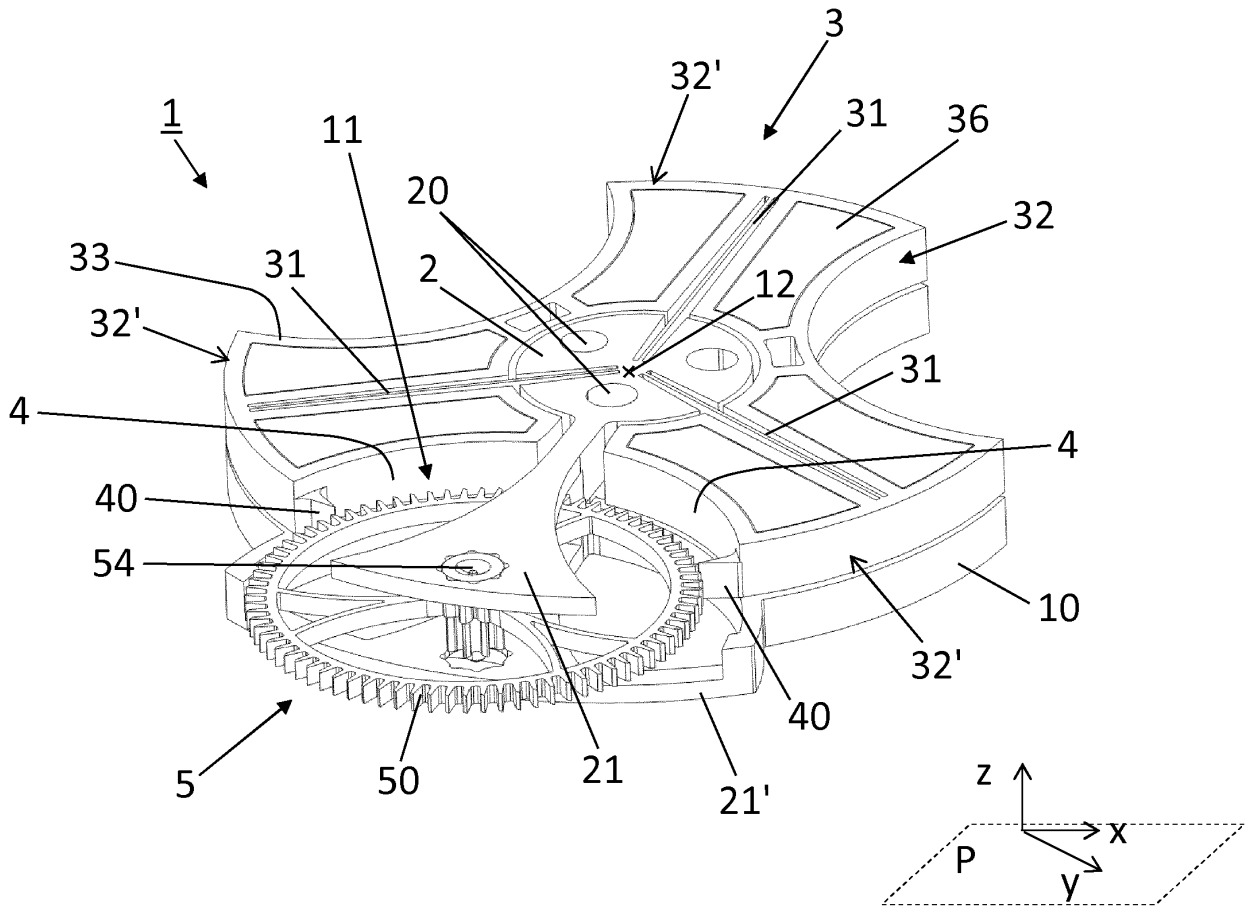


Fig. 1

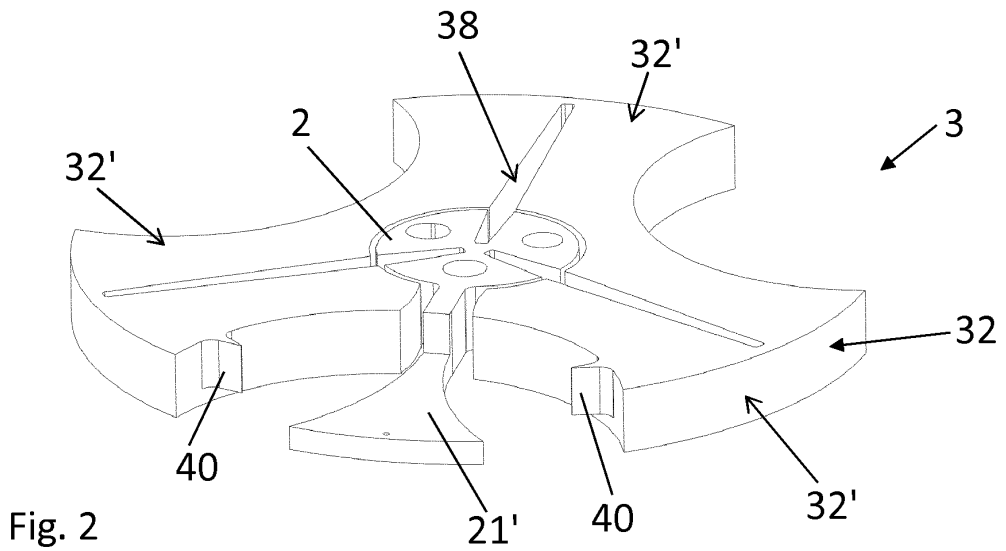


Fig. 2

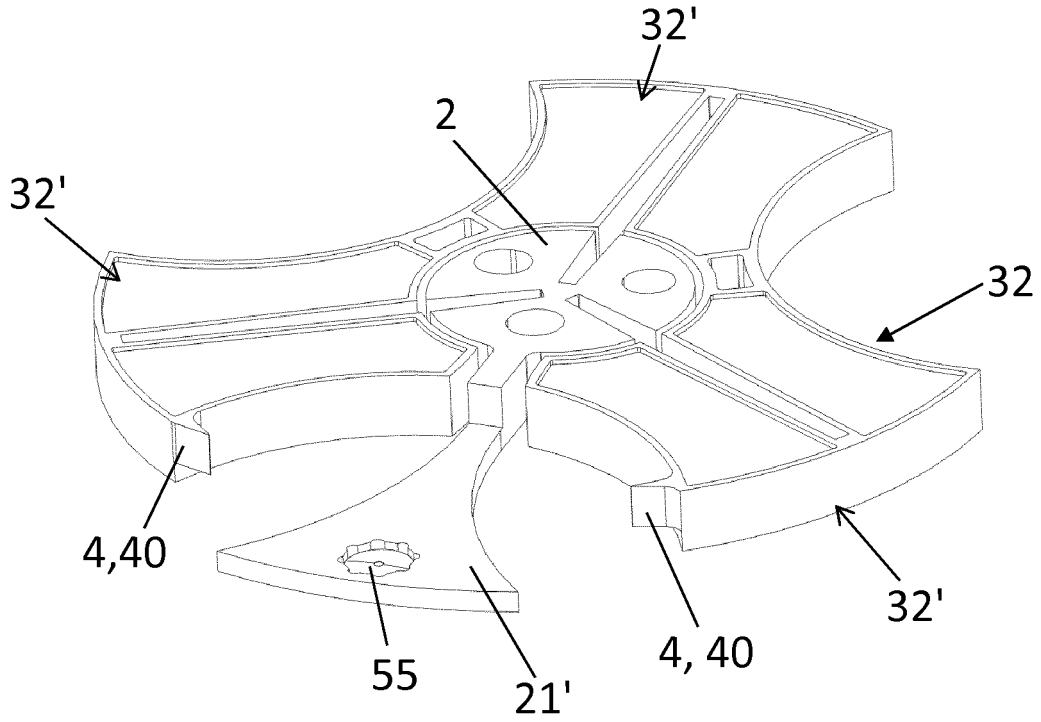


Fig. 3

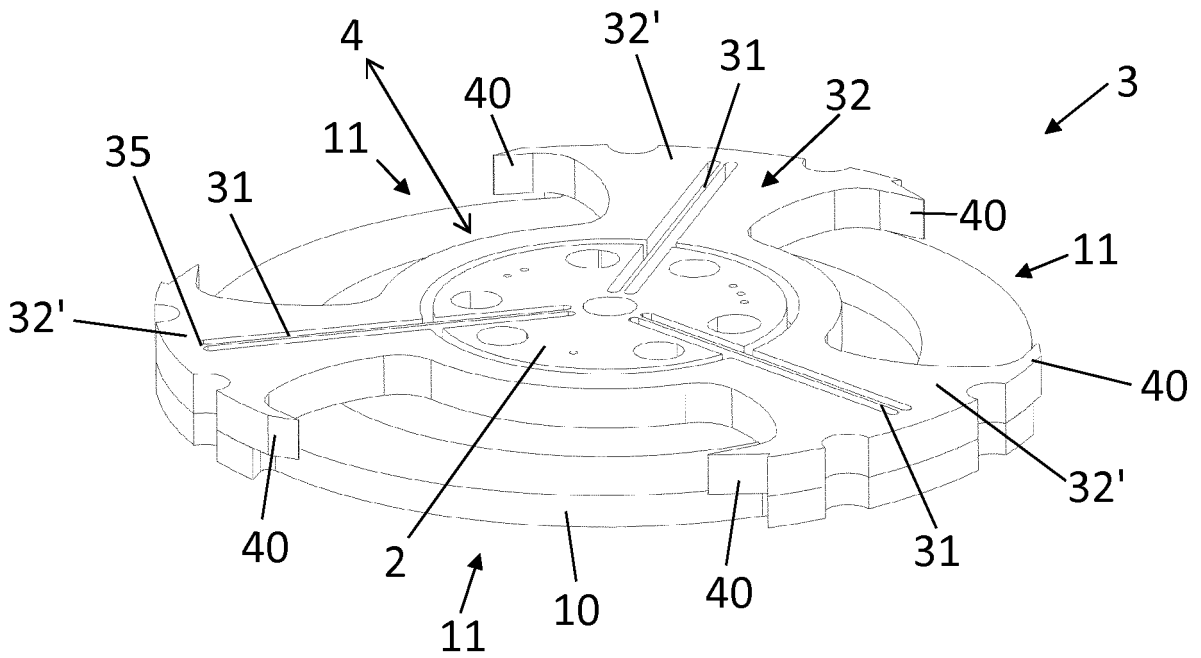


Fig. 4

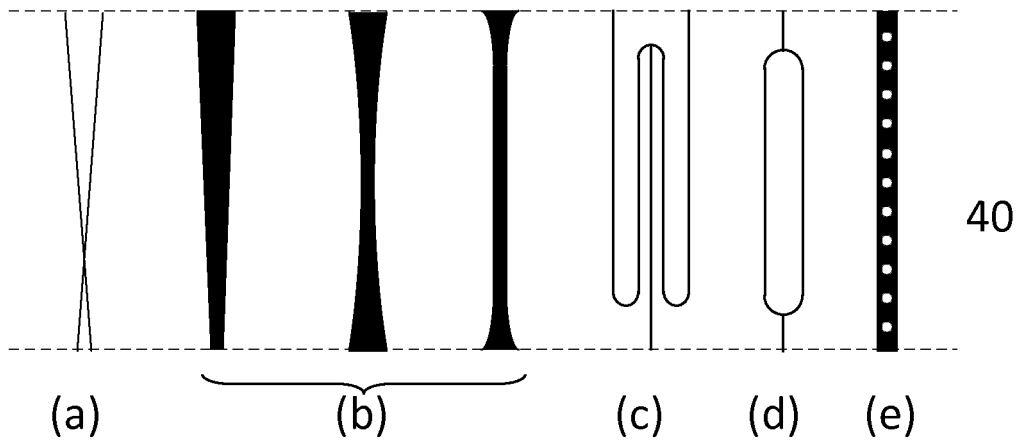


Fig. 5

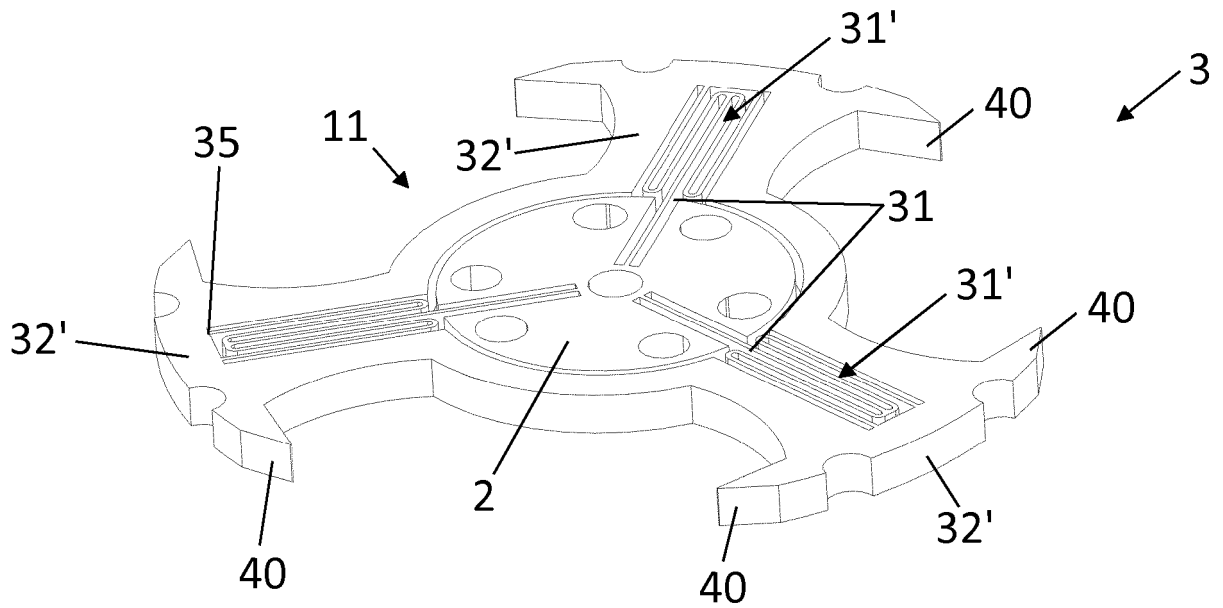


Fig. 6

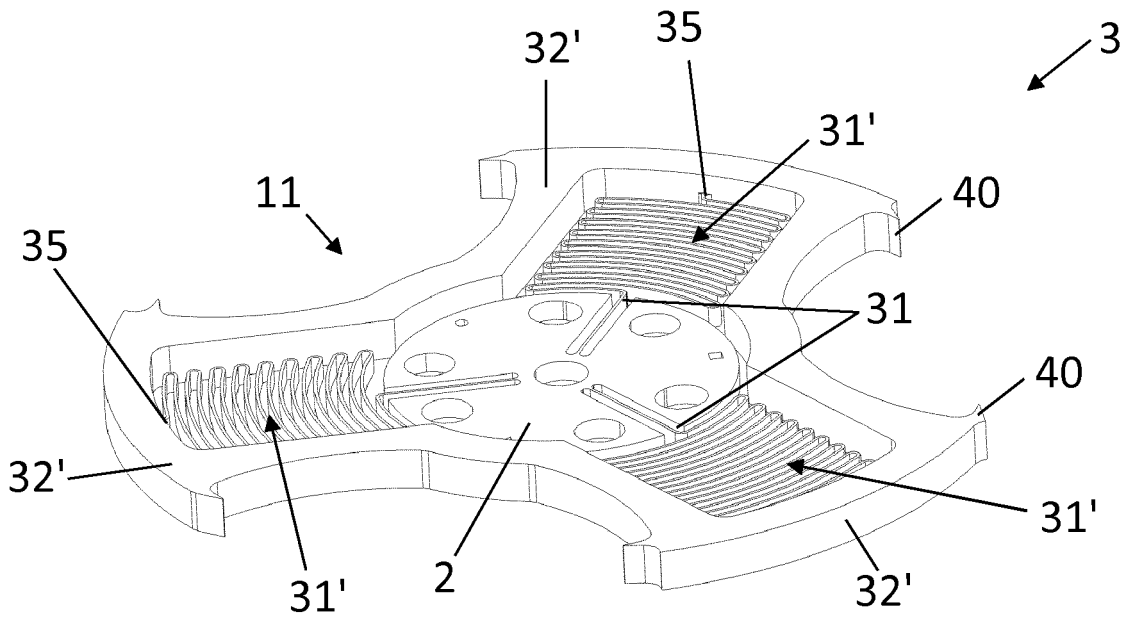


Fig. 7

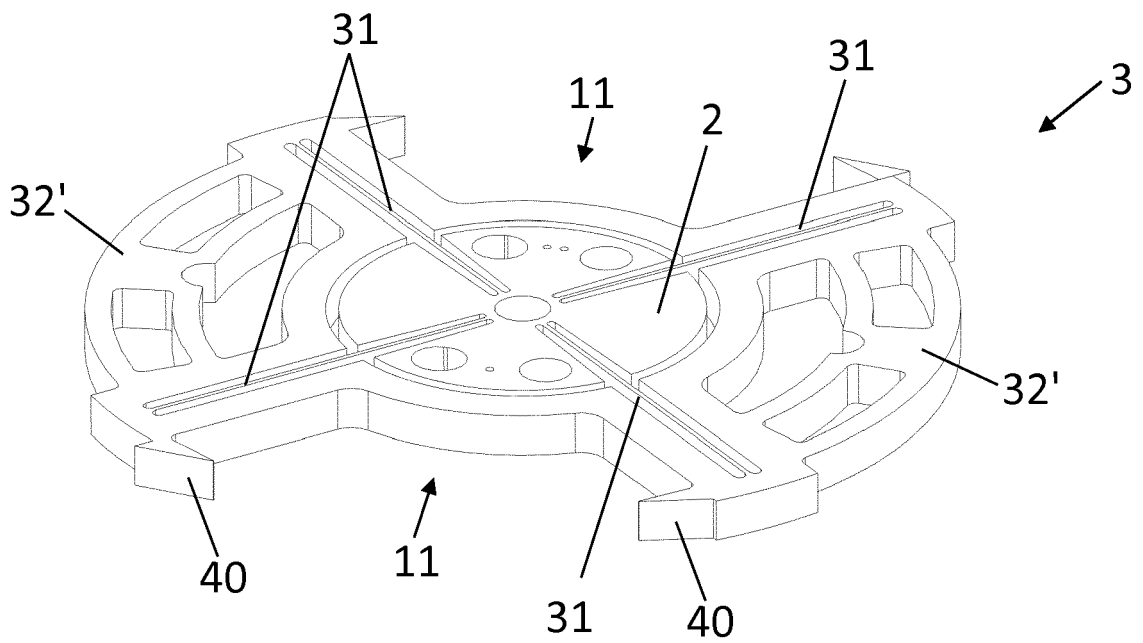


Fig. 8

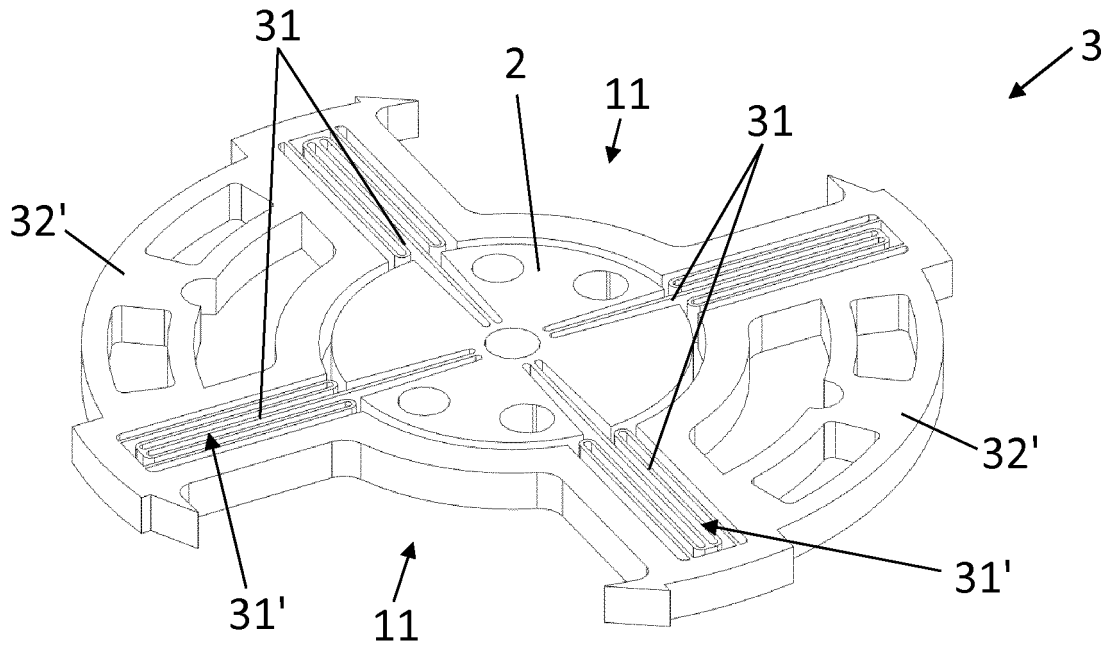


Fig. 9a

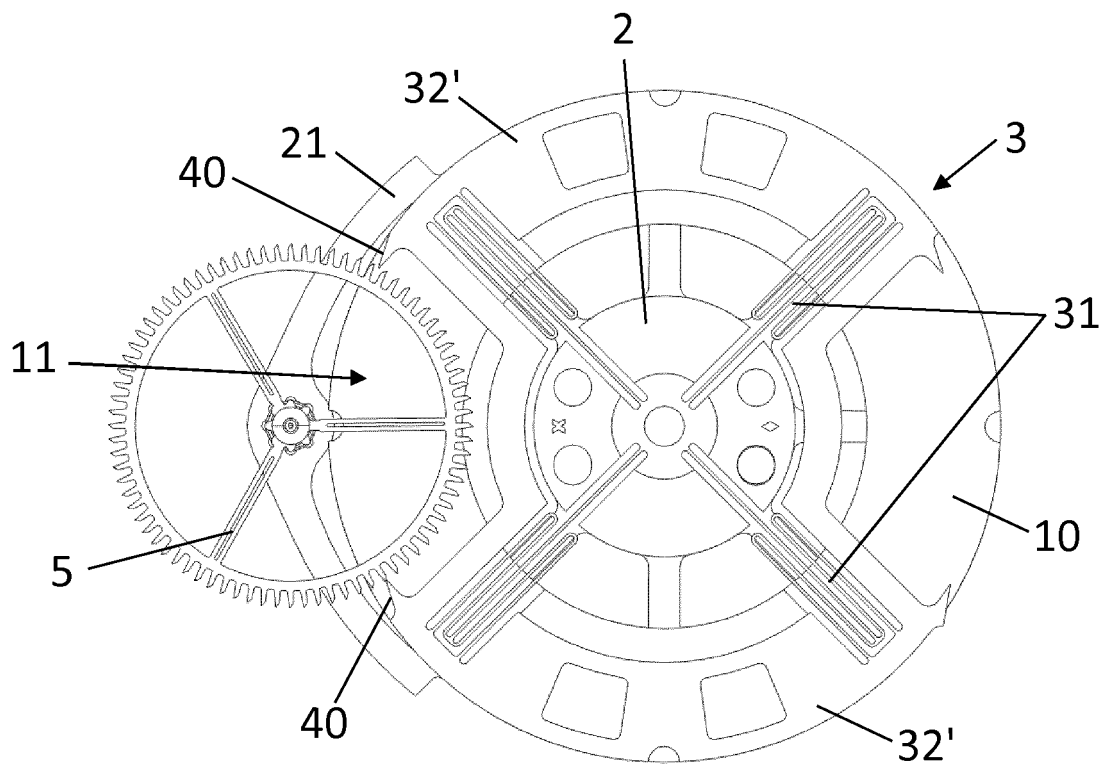
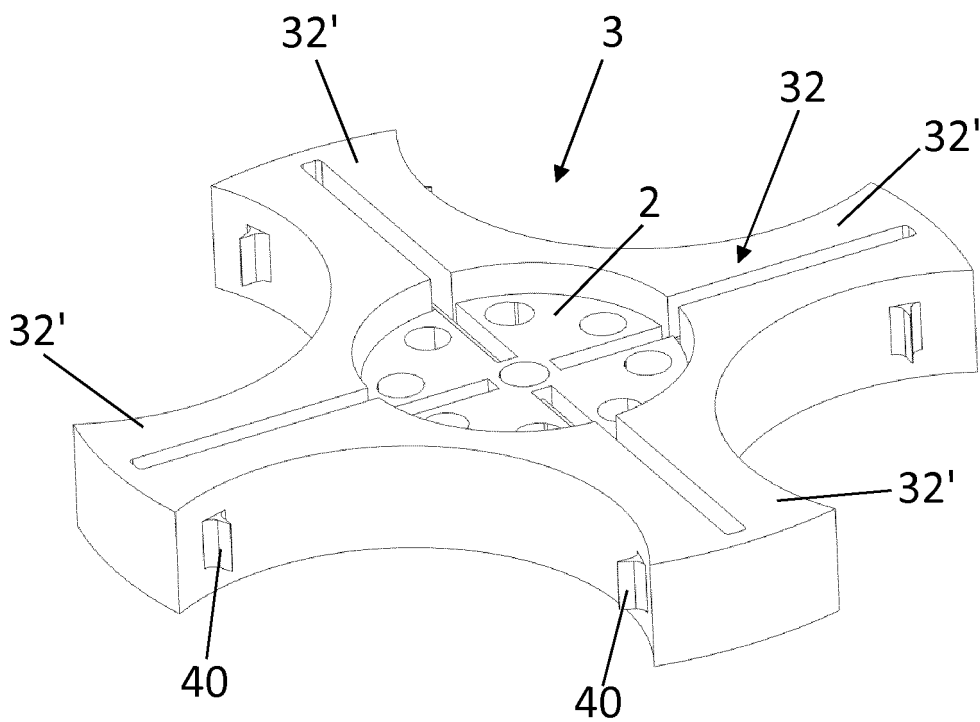
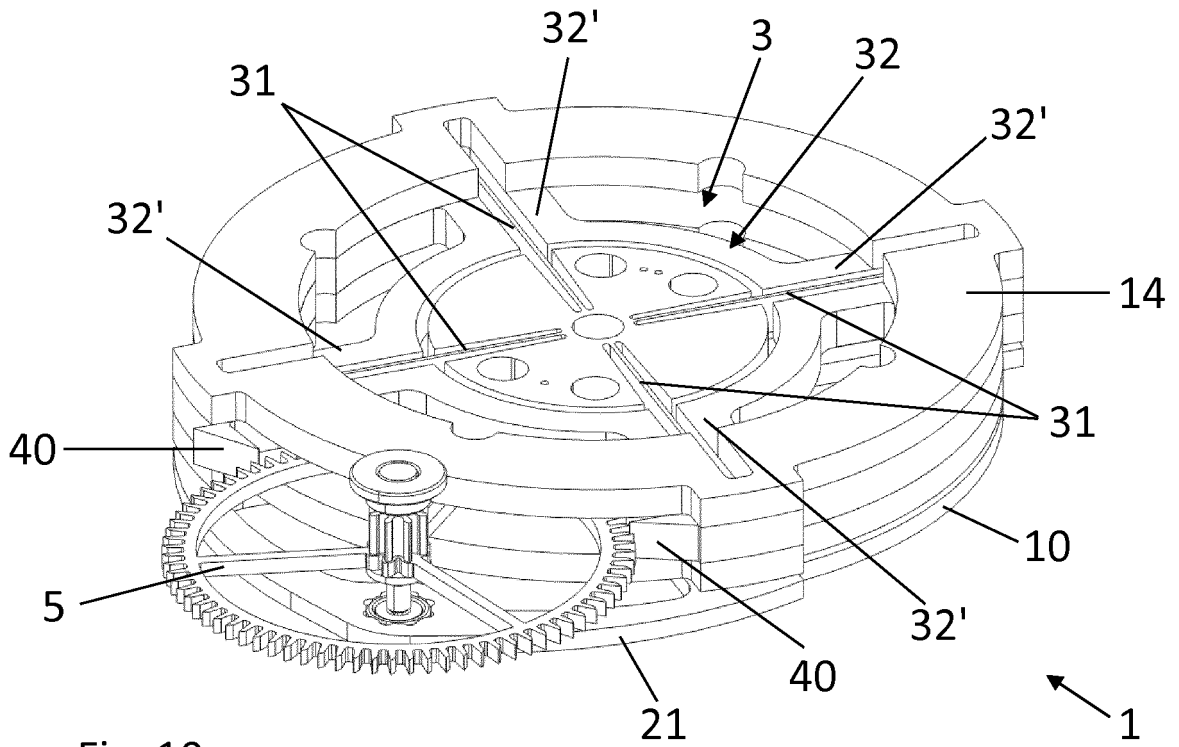


Fig. 9b



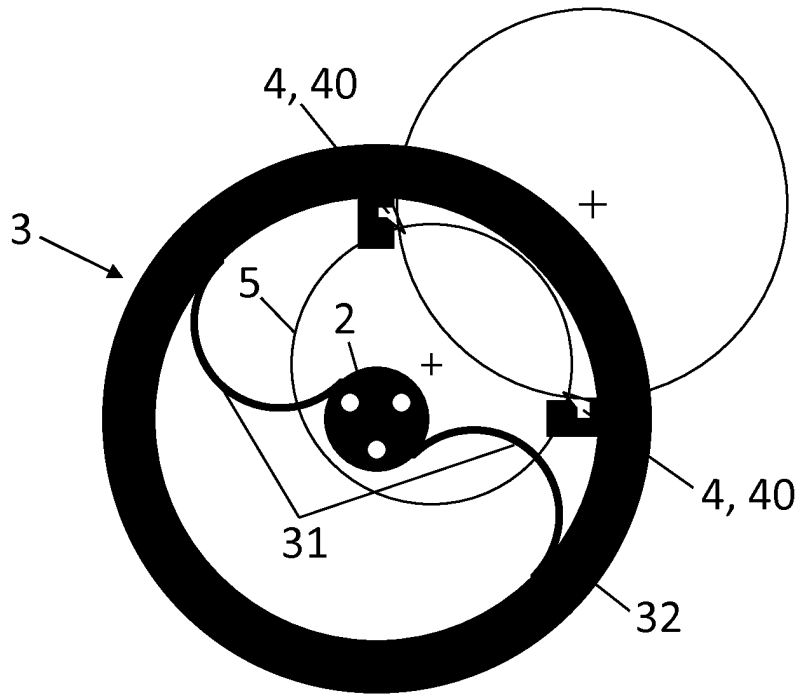


Fig. 12a

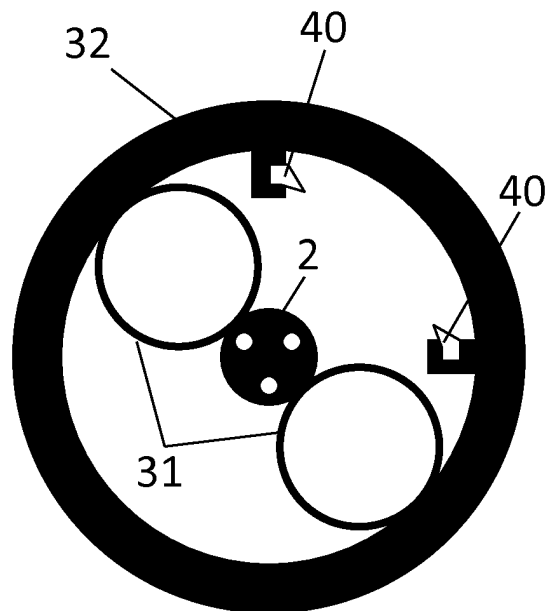


Fig. 12b

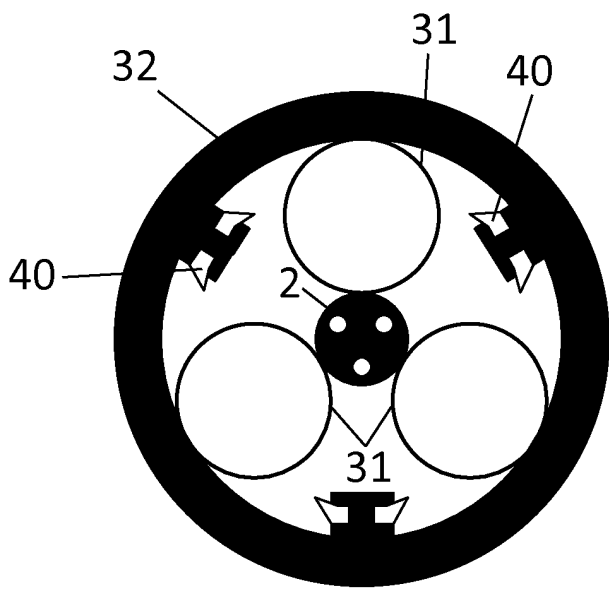


Fig. 12c

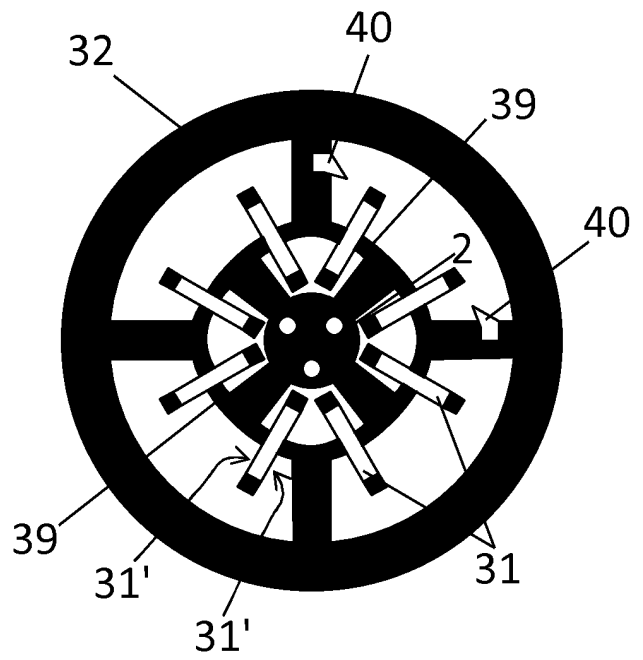


Fig. 12d

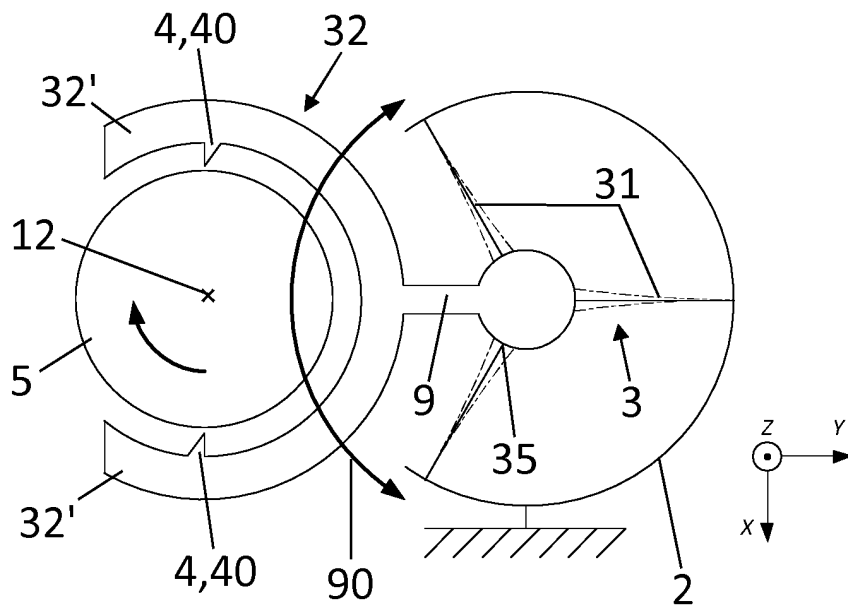


Fig. 13

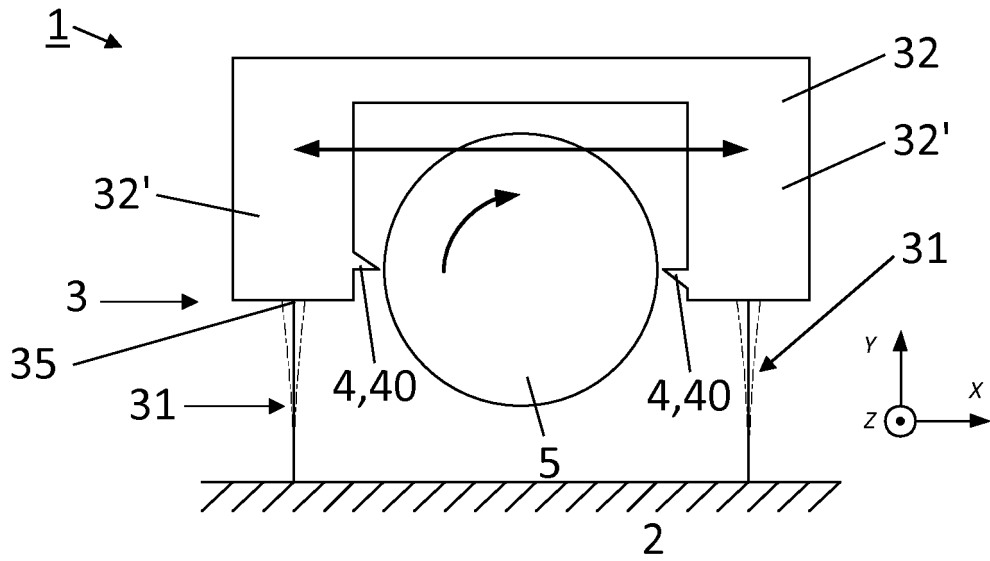


Fig. 14

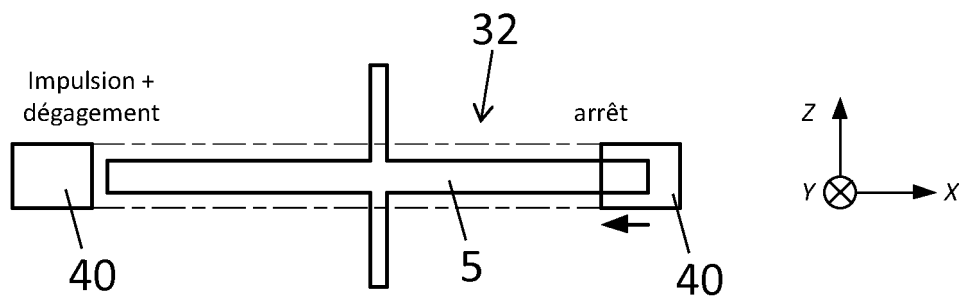


Fig. 15a

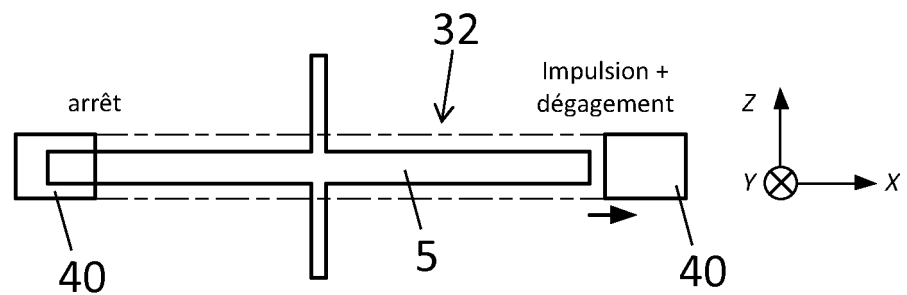


Fig. 15b

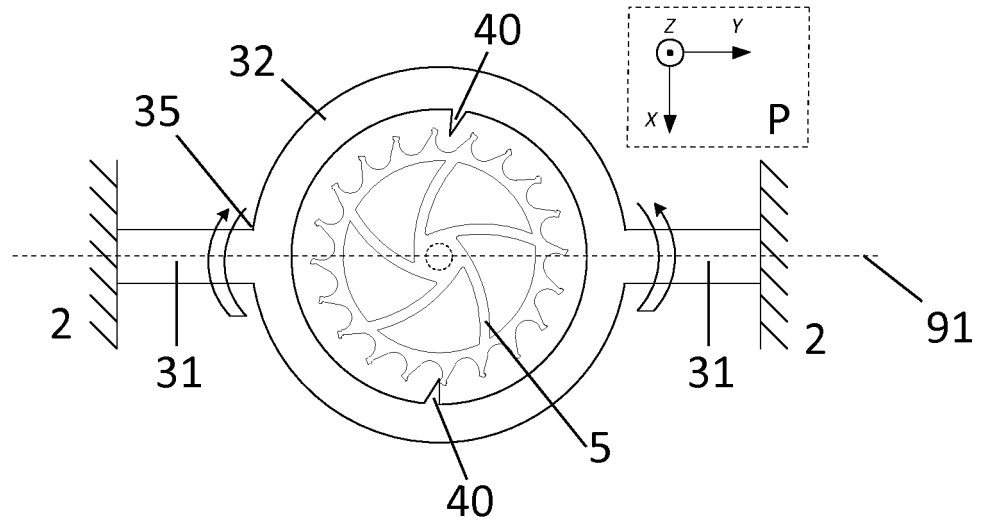


Fig. 16

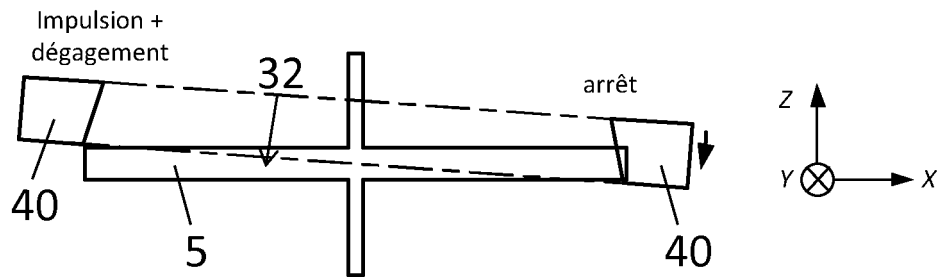


Fig. 17a

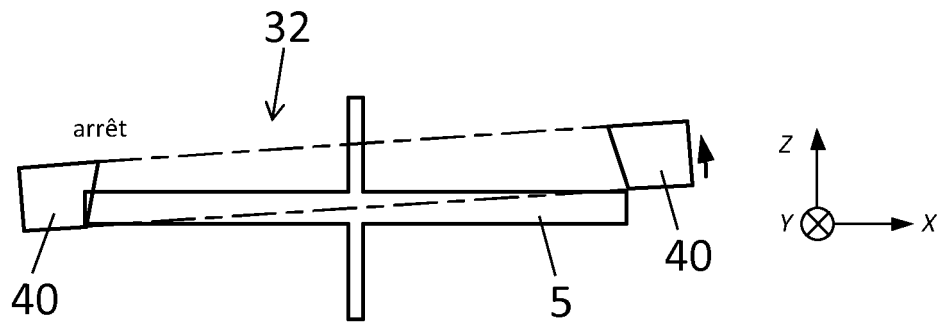


Fig. 17b

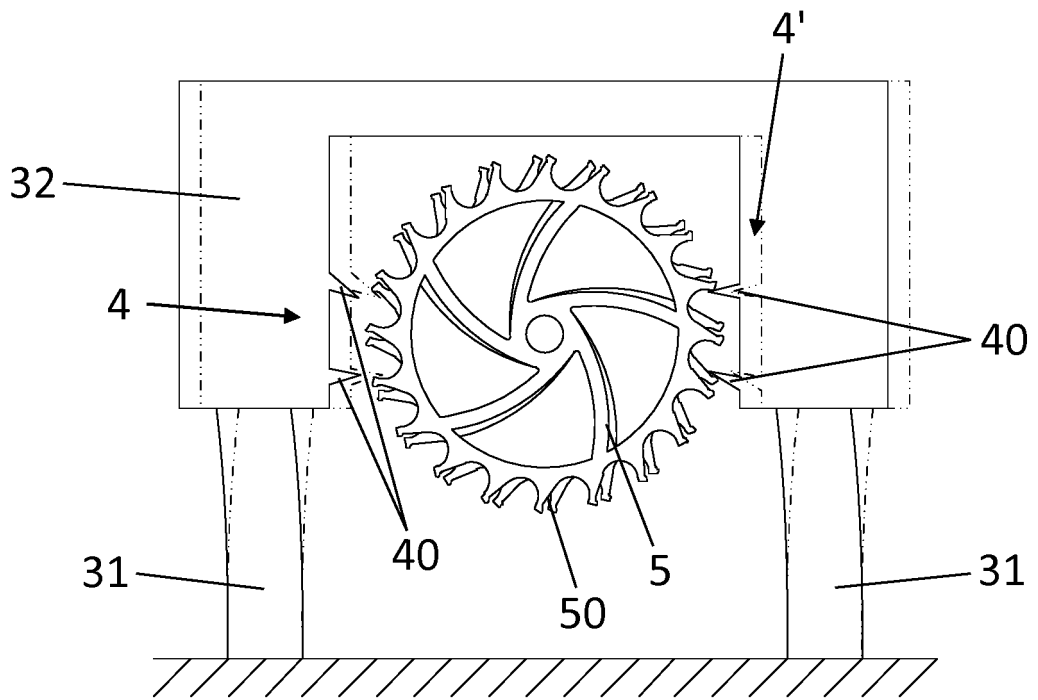


Fig. 18a

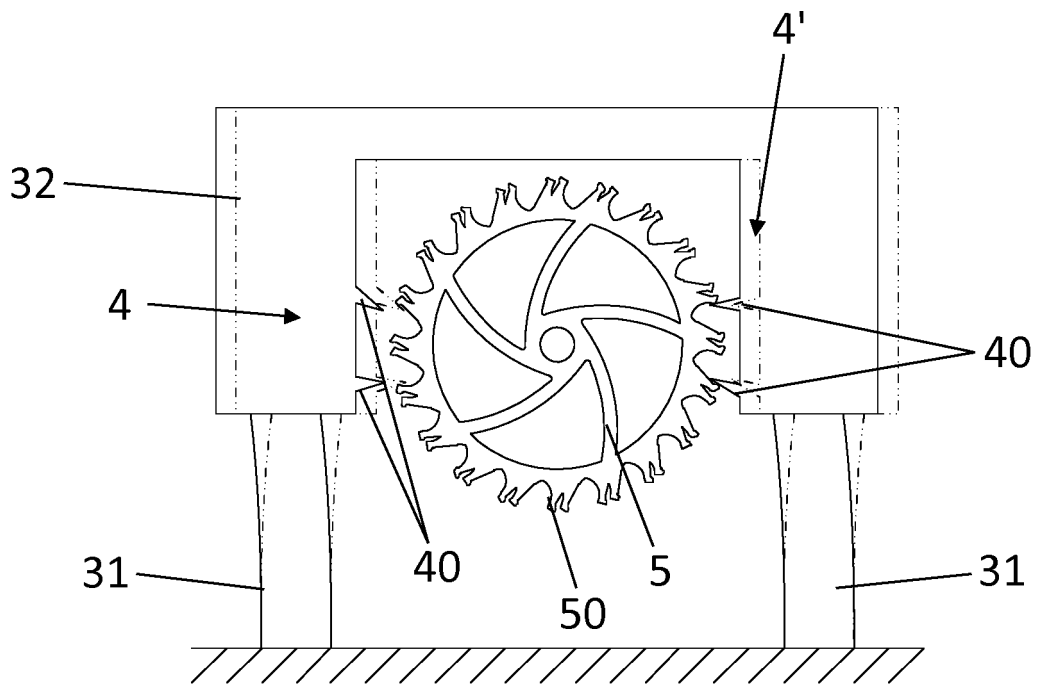


Fig. 18b

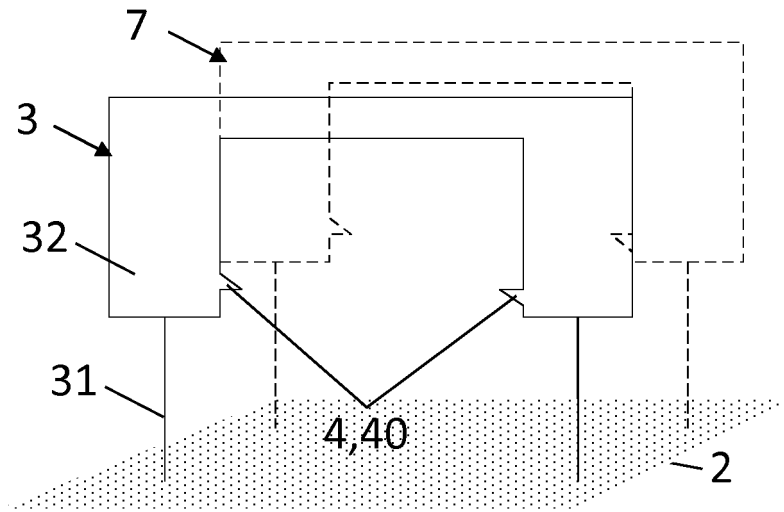


Fig. 19

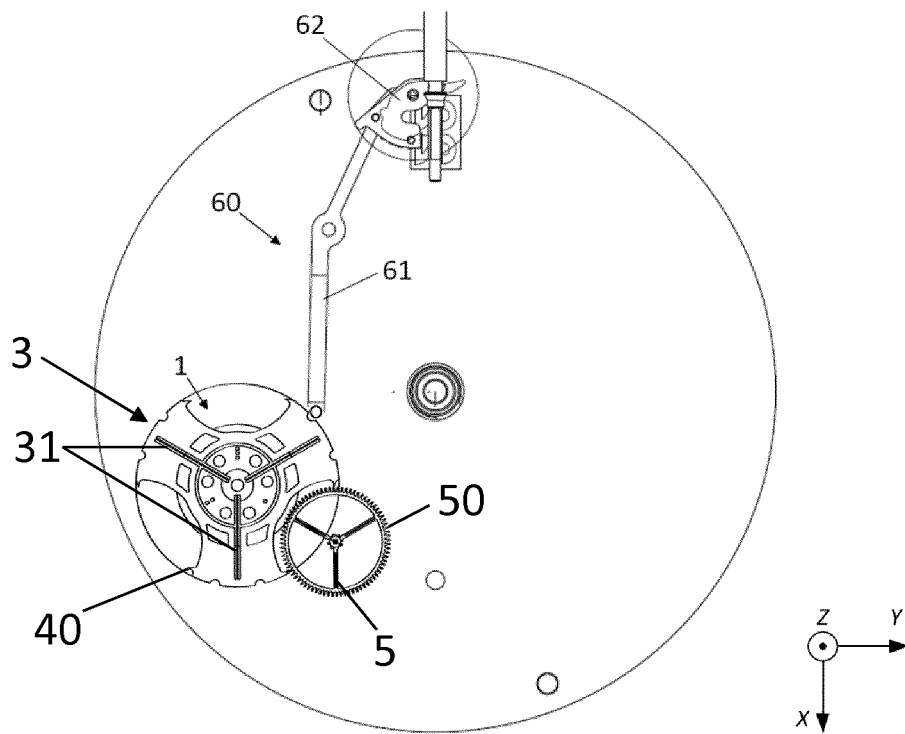


Fig. 20

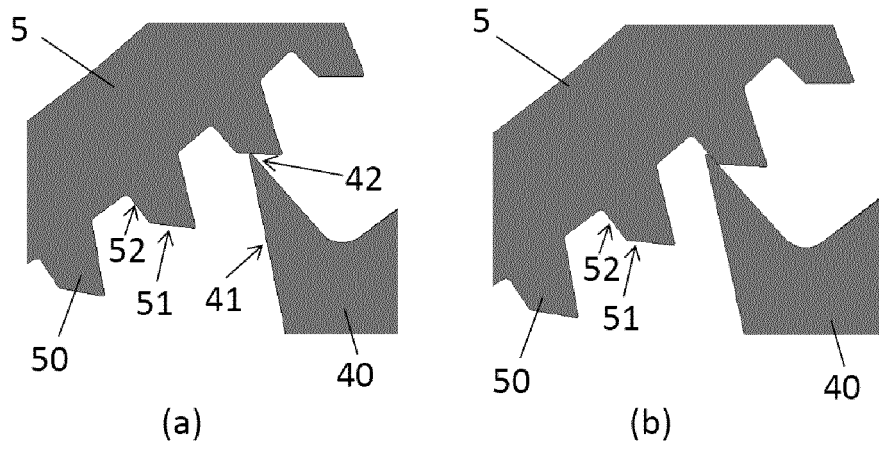


Fig. 21

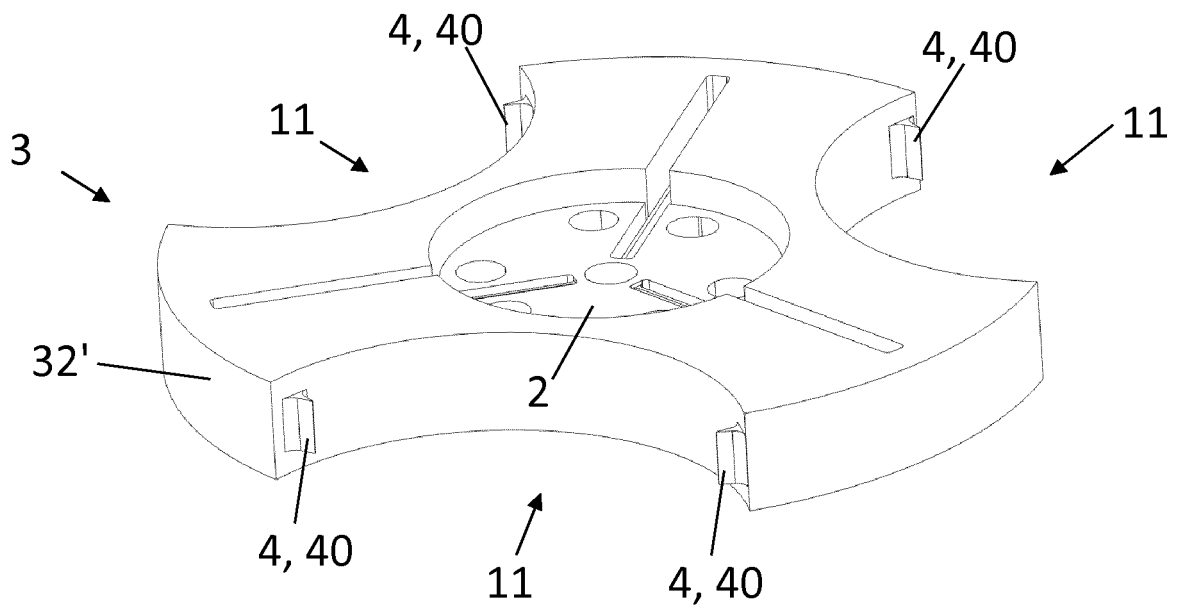


Fig. 22

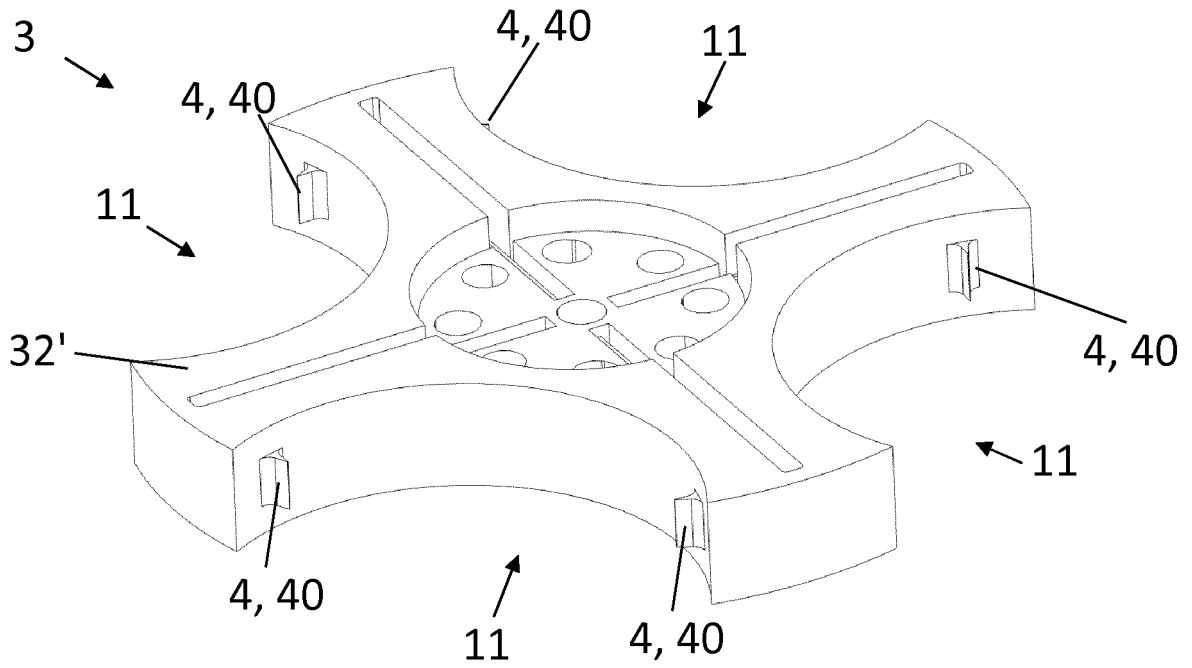


Fig. 23

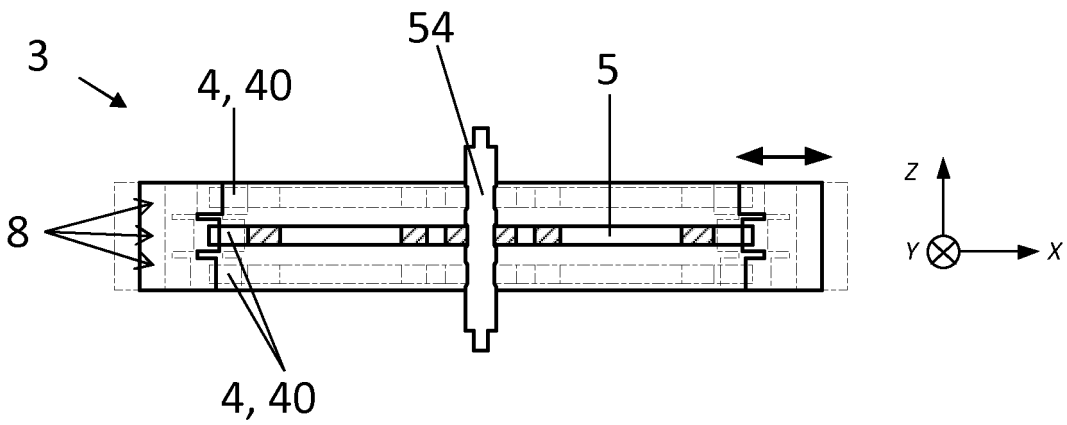


Fig. 24

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

- US 3440815 A [0003]
- CH 442153 [0004]
- WO 2013045573 A [0005]
- EP 2645189 A [0006]
- EP 2911012 A [0007]
- CH 656044 [0070]
- CH 699780 [0081]