

(19)



(11)

EP 3 120 199 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
07.12.2022 Bulletin 2022/49

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04C 3/06 ^(2006.01) **G04B 17/06** ^(2006.01)
G04B 18/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15711739.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/063; G04B 18/006

(22) Date de dépôt: **20.03.2015**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2015/056015

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2015/140332 (24.09.2015 Gazette 2015/38)

(54) **OSCILLATEUR HORLOGER**

UHRENOSZILLATOR

CLOCK OSCILLATOR

(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

(72) Inventeurs:
 • **BUTTET, Mathias**
CH-1125 Monnaz (CH)
 • **BLUMENTHAL, Jean-Michel**
CH-1290 Chavannes-des-Bois (CH)

(30) Priorité: **21.03.2014 EP 14161204**
11.06.2014 CH 883142014

(74) Mandataire: **Moinas & Savoye SARL**
27, rue de la Croix-d'Or
1204 Genève (CH)

(43) Date de publication de la demande:
25.01.2017 Bulletin 2017/04

(73) Titulaire: **Hublot S.A., Genève**
1204 Genève (CH)

(56) Documents cités:
WO-A1-2010/108884 WO-A2-2008/029158
CH-A2- 705 679 US-A- 3 338 048
US-A- 5 490 436 US-A1- 2008 174 166
US-A1- 2013 051 191

EP 3 120 199 B1

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

Description

[0001] L'invention concerne un oscillateur horloger. Elle concerne aussi un mouvement horloger ou une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comprenant un tel oscillateur. Elle concerne enfin un procédé de fonctionnement d'un oscillateur horloger ou un régulateur horloger.

[0002] Il est connu que les montres mécaniques présentent une précision chronométrique moins importante que celles des montres à quartz. On sait encore que de très nombreux paramètres tels que notamment la température, l'usure, les conditions tribologiques, le degré d'armage du barillet, la position de la montre, ont des influences sur la précision chronométrique des montres mécaniques. On sait encore qu'il est fastidieux de régler une montre mécanique, car cela impose d'ouvrir la montre avant de pouvoir agir sur des éléments de réglage de la fréquence de l'oscillateur, notamment de pouvoir agir sur une raquetterie.

[0003] Le document US3338048 décrit un oscillateur balancier-spiral comprenant au moins un élément massif dont la configuration est modifiable de sorte à modifier le moment d'inertie de l'organe, l'élément massif étant agencé de sorte que la configuration de l'élément massif est modifiable de manière active ou commandée alors que l'organe est en mouvement.

[0004] Le document WO2008/029158 décrit un balancier à compensation thermique, c'est-à-dire un balancier dont l'inertie est modifiée selon sa température.

[0005] Le but de l'invention est de fournir un organe tournant permettant de remédier aux inconvénients mentionnés précédemment et d'améliorer les organes tournants connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un organe tournant à une fréquence donnée avec précision.

[0006] Un oscillateur selon l'invention est défini par la revendication 1.

[0007] Différents modes de réalisation d'un oscillateur selon l'invention sont définis par les revendications 2 à 7.

[0008] Un mouvement selon l'invention est défini par la revendication 8.

[0009] Une pièce d'horlogerie selon l'invention est définie par la revendication 9.

[0010] Un procédé selon l'invention est défini par la revendication 10.

[0011] Différents modes de réalisation d'un procédé selon l'invention sont définis par les revendications 11 à 14.

[0012] Le dessin annexé représente, à titre d'exemples, plusieurs modes de réalisation d'un organe selon l'invention.

Les figures 1 à 3 illustrent une première variante d'un premier mode de réalisation d'un oscillateur horloger selon l'invention.

Les figures 4 et 5 illustrent une deuxième variante

du premier mode de réalisation de l'oscillateur horloger selon l'invention.

La figure 6 illustre une troisième variante du premier mode de réalisation de l'oscillateur horloger selon l'invention.

La figure 7 illustre le principe de fonctionnement du premier mode de réalisation de l'oscillateur horloger selon l'invention.

Les figures 8 à 11 illustrent une quatrième variante du premier mode de réalisation de l'oscillateur horloger selon l'invention.

Les figures 12 à 15 illustrent un deuxième mode de réalisation d'un oscillateur horloger selon l'invention.

La figure 16 illustre le principe de fonctionnement du deuxième mode de réalisation d'un oscillateur horloger selon l'invention.

La figure 17 est un schéma d'une pièce d'horlogerie selon l'invention.

[0013] L'invention réside dans les moyens permettant de réguler les oscillations d'un système de découpe du temps.

[0014] Les moyens mis en œuvre consistent à embarquer sur le système oscillant des composants électromécaniques permettant de gérer le moment d'inertie du système oscillant, notamment d'embarquer la totalité ou presque la totalité de l'électronique des composants électromécaniques permettant de gérer le moment d'inertie du système oscillant.

[0015] L'invention consiste donc en un système oscillant, c'est-à-dire un balancier qui est pourvu d'au moins une masselotte ou élément massif, par exemple trois. Par masselotte, on entend un plot d'une matière massive, notamment relativement dense ou lourde qui peut être déplacé radialement, par exemple le long d'un axe, par exemple le long d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation du balancier, cette masselotte servant à modifier le moment d'inertie dudit balancier. La plupart des balanciers haut de gamme sont pourvus de masselottes qui permettent un équilibrage statique et dynamique des balanciers. Quelquefois ce sont des vis qui déplacent leur masse plus ou moins à l'extérieur du balancier ou des rondelles maintenues par des clous ou des vis qui sont ajoutées dans la périphérie du balancier.

[0016] Avantageusement, on utilise des matières dites « piezoélectriques », matières qui sont excitées (qui se déforment) sous l'action d'un courant électrique.

[0017] Selon l'invention, le balancier ne sera pas équipé de masselottes, réglables mécaniquement pour modifier son moment d'inertie, mais par des éléments, par exemple trois poutres ou trois plots. Ces éléments comprendront des parties piezoélectriques ou plus généra-

lement des parties déformables lorsqu'on les soumet à un signal électrique et/ou magnétique, notamment un champ électrique et/ou magnétique.

[0018] Les éléments sont disposés en localisation triangulaire, par exemple. Sous l'action d'un courant électrique, ils modifieront leur position ou orientation, éloignant ou rapprochant leur masse du centre de gravité du balancier.

[0019] Il est évidemment concevable que les éléments piezoélectriques cités ci-dessus déplacent des éléments rapportés et solidaires d'eux-mêmes ou agissent uniquement pour pousser, étirer des éléments servant au déplacement de masses pour modifier le moment d'inertie du balancier.

[0020] Les moyens piezoélectriques peuvent être remplacés, complètement ou partiellement, par des moyens dits électromagnétiques et/ou magnétostrictifs.

[0021] Pour modifier la forme et créer donc un mouvement ou un déplacement des éléments piezoélectriques, un courant électrique doit être fourni à ces dits éléments. La gestion de cette distribution électrique est réalisée par un ensemble électronique désigné comme un calculateur. Ce calculateur, dans sa plus simple réalisation, contient les moyens électroniques lui permettant de comparer une mesure de l'oscillation mécanique à la fréquence délivrée par un oscillateur de référence, par exemple un quartz.

[0022] Pour l'alimentation électrique du système, au moins trois solutions sont envisagées :

1 Un induit embarqué sur le balancier produit cette énergie électrique grâce à des aimants inducteurs externes (c'est-à-dire externes au balancier) et fixes. Ces éléments inducteurs externes peuvent participer à la sustentation du système et lui donner son référencement géométrique. La source de courant électrique peut aussi être amenée par induction magnétique de l'extérieur du système à la partie assurant la fonction de calculateur.

2 Une source de courant électrique externe (c'est-à-dire externe au balancier) peut être raccordée au moyen de contacts frottants ou autres dispositifs.

3 La source de courant électrique peut provenir de batteries, par ex batteries lithium, embarquées sur l'oscillateur ou /et des supercondensateurs.

[0023] La solution 1 est celle qui a le moins d'éléments en contact de frottement, donc qui a le meilleur rendement mécanique des trois solutions ci-dessus.

[0024] L'entretien des oscillations du système est réalisé par le ressort-spiral et tout l'assortiment (le mécanisme d'échappement utilisé).

[0025] Un oscillateur selon l'invention peut être utilisé pour remplacer un oscillateur classique implanté dans un mouvement existant. Ceci est d'autant plus facile pour un mouvement classique pourvu d'une plateforme amovible sur laquelle sont installés tous les composants de l'échappement et du système oscillant, c'est-à-dire du

pignon d'échappement au balancier.

[0026] Ainsi, on pourrait remplacer une plateforme amovible classique par une plateforme selon l'invention, c'est-à-dire présentant un oscillateur selon l'invention.

Options d'application de l'invention

[0027] Le quartz pourrait être remplacé par un récepteur de signal contenant une information temporelle, notamment un signal existant public ou privé qui donnerait l'avantage supplémentaire de ne pas seulement donner un comptage de temps précis et relatif, mais une précision du temps absolue prenant en compte l'heure qu'il est exactement ainsi que d'autres informations comme la date du jour, etc.

[0028] De préférence, dans l'invention, on n'utilise pas une source de courant électrique extérieure à l'oscillateur, voire extérieure à tout le système, comme par exemple une génératrice liée à des rotors ou tout simplement des piles ou batteries.

[0029] L'énergie électrique de tout le système peut être produite par son propre fonctionnement. Par exemple, des bobines pourraient être positionnées entre un plateau calculateur et un plateau porte-bobines, les deux étant solidaires de l'axe oscillant du système et passeraient sans contact au dessus d'un ou plusieurs aimants lors de leur chemin oscillant. L'énergie de démarrage de tout le système et son entretien étant quant à elle fournie par l'organe-moteur de la montre, c'est-à-dire, dans un cas de montre mécanique, par un barillet en rappelant que l'énergie électrique et le système mis en place ont comme but principal la variation du moment d'inertie du système oscillant.

Autres domaines d'application de l'invention :

[0030] La caractéristique principale de l'invention consiste à modifier le moment d'inertie d'un oscillateur 5 lors de son fonctionnement. Mais, comme défini, un oscillateur évolue de part et d'autre d'un axe de rotation ou d'un axe d'équilibre stable. Toutefois, l'invention peut aussi servir à contrôler le moment d'inertie de tout mobile équilibré ou non dont le moment d'inertie est important pour le fonctionnement du système dont il fait partie. Certains systèmes de régulation mécanique permettant de contrôler la vitesse de rotation d'un composant autour de son axe, ont besoin de gérer le moment d'inertie pour faire varier la vitesse de rotation. L'exemple d'application dans l'horlogerie existe dans tous les régulateurs de vitesse. Les mécanismes de boîtes à musique, d'automates, ainsi que des répétitions dites à quart, à minute ou à grande sonnerie utilisent des mobiles comme régulateurs de vitesse pour réguler le temps qu'un système mettra à assurer sa fonction. Par exemple dans les mécanismes de répétition-minutes, on utilise habituellement un échappement à ancre pour réguler la vitesse de sonnerie. On peut alternativement imaginer d'utiliser un mobile à force centrifuge dans lequel des masselottes mo-

biles sur leur axe de rotation sont contraintes de s'écarter de leur axe de rotation en fonction de la vitesse de rotation de l'ensemble, la vitesse du mobile dépendant du moment d'inertie.

[0031] Dans un système de régulation de vitesse de rotation par effet centrifuge, lorsque les masses s'écartent grâce à une grande vitesse du système, le système consomme plus d'énergie, donc ralentit. En ralentissant, sous l'effet de la force centrifuge, les masselottes se rapprochent du centre de gravité de l'ensemble, donc l'ensemble s'accélère, etc.

[0032] Donc, l'invention, puisqu'elle permet d'autocontrôler le moment d'inertie d'un mobile, peut être utilisée comme régulateur de vitesse de rotation en lieu et place d'un système de réglage de vitesse de rotation à friction ou centrifuge ou à résistance de l'air.

[0033] Selon l'invention, l'organe oscillant de mécanisme horloger, notamment le balancier d'oscillateur horloger, comprend au moins un élément massique dont la configuration est modifiable de sorte à modifier le moment d'inertie de l'organe, l'élément massique étant agencé de sorte que la configuration de l'élément massique est modifiable de manière active ou commandée alors que l'organe est en mouvement ou à l'arrêt.

[0034] L'élément massique est par exemple en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif.

[0035] L'élément massique est par exemple agencé de sorte à occuper une première position stable définissant un premier moment d'inertie de l'organe ou une deuxième position stable définissant un deuxième moment d'inertie de l'organe. Avantageusement, les positions intermédiaires se trouvant entre la première position stable et la deuxième position stable sont des positions instables ou transitoires. L'organe peut comprendre un élément de modification de la configuration de l'élément massique. L'élément de modification de la configuration de l'élément massique est avantageusement monté sur l'organe. L'élément de modification est par exemple en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif.

[0036] L'élément massique peut comprendre au moins un premier élément magnétique ou électromagnétique de déplacement ou un élément de modification de la configuration de l'élément massique et un élément d'indexation de l'élément massique dans une première position stable et une deuxième position stable.

[0037] Le premier élément magnétique ou électromagnétique de déplacement peut être un aimant.

[0038] L'élément d'indexation peut comprendre une lame, notamment une lame précontrainte en flexion.

[0039] Un ensemble selon l'invention peut comprendre un organe comme défini précédemment et un deuxième élément magnétique ou électromagnétique de déplacement, notamment un électroaimant, les premier et deuxième éléments magnétiques ou électromagnétiques de déplacement coopérant.

[0040] L'ensemble peut comprendre un élément de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique,

notamment un élément de conversion en matériau piézoélectrique ou magnétostrictif et/ou l'ensemble peut comprendre un élément de conversion d'énergie solaire en énergie électrique, notamment un panneau photovoltaïque, l'élément de conversion étant notamment monté sur l'organe.

[0041] L'élément de conversion peut être constitué par l'élément massique et/ou l'élément de modification.

[0042] L'ensemble peut comprendre un circuit électronique, notamment un calculateur, le circuit étant en particulier monté sur l'organe, notamment monté sur un axe de rotation de l'organe.

[0043] Le circuit électronique peut comprendre un oscillateur de référence, notamment un oscillateur à base de circuit électrique résonnant ou à quartz.

[0044] L'ensemble peut comprendre un élément capteur d'une caractéristique du mouvement de l'organe, notamment un élément capteur de choc ou d'accélération, l'élément capteur étant notamment monté sur l'organe, l'élément capteur étant par exemple constitué par l'élément massique et/ou l'élément de modification.

[0045] L'ensemble peut être intégralement ou quasi-intégralement réalisé en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif.

[0046] Un oscillateur selon l'invention comprend:

- un organe oscillant comme défini précédemment ou un ensemble comme défini précédemment ; et
- un ressort spiral, en particulier un ressort spiral en matière piézoélectrique ou magnétostrictive ou en une matière quelconque ayant la capacité de produire un courant électrique lors de sa déformation géométrique.

[0047] Le ressort spiral peut être utilisé comme conducteur d'électricité et/ou l'oscillateur peut comprendre au moins deux spiraux servant de conducteurs d'électricité.

[0048] Des éléments peuvent permettre le transport d'électricité entre l'élément de modification et un système électronique de pilotage de l'élément de modification.

[0049] Un régulateur de vitesse horloger peut comprendre un organe tournant comme défini précédemment ou un ensemble comme défini précédemment.

[0050] Un mouvement horloger peut comprendre un oscillateur comme défini précédemment ou un organe comme défini précédemment ou un ensemble comme défini précédemment ou un régulateur comme défini précédemment.

[0051] Une pièce d'horlogerie, notamment une montre, en particulier une montre-bracelet, peut comprendre un mouvement comme défini précédemment ou un oscillateur comme défini précédemment ou un organe comme défini précédemment ou un ensemble comme défini précédemment ou un régulateur comme défini précédemment.

Premier mode de réalisation :

[0052] Un premier mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie 120 selon l'invention est décrit ci-après en référence aux figures 1 à 11.

[0053] La pièce d'horlogerie comprend un mouvement horloger 110. Le mouvement horloger comprend un oscillateur 100 ou un régulateur 100. L'oscillateur ou le régulateur comprend un ensemble incluant un organe 5, notamment un balancier 5.

[0054] Dans une première variante représentée sur les figures 1 à 3, une solution de production de l'énergie électrique permettant le déplacement des masses modifiant le moment d'inertie consiste en la mise en place des moyens suivants :

1. La gestion et la correction de la fréquence du système oscillant sont réalisées par un changement du moment d'inertie dudit système oscillant.

2. Les éléments piézoélectriques 4, qui ont la capacité d'être déformés lors de la réception d'un courant électrique, ont aussi la capacité de fournir, de produire un courant électrique lorsqu'ils subissent une déformation mécanique. Ces deux propriétés physiques de la matière piézoélectrique ou magnétostrictive peuvent être exploitées ensemble.

3. De préférence, les éléments en matière piézoélectrique 4 sont montés sur l'oscillateur 5 de telle sorte qu'ils soient dans un axe favorable pour être résonnants de fréquence induite 13 mécaniquement par le système d'échappement mis en œuvre dans la montre. Ainsi, des vibrations provenant de l'échappement, notamment des arrêts et des impulsions au niveau de l'échappement, mais encore provenant de tous les chocs, même ceux liés au port de la montre, font vibrer des éléments piézoélectriques et contribuent à générer un courant électrique par l'excitation plus ou moins continue de ces éléments piézoélectriques 4.

[0055] Etant entendu que les éléments piézoélectriques 4 délivrent un courant électrique U PZT, voir figure 7 lorsqu'ils sont soumis à une déformation géométrique et physique, des vibrations tendent à faire osciller ou/et à induire une fréquence (Durée Vibration PZT, Amplitude de vibration PZT) aux éléments piézoélectriques 4 en amortissant les différents chocs dans la montre 13. Nous pourrions par exemple, si besoin est, transformer la masse oscillante d'un mouvement mécanique à remontage automatique, à remontage dans un ou deux sens, en une masse oscillante délimitée dans son parcours angulaire par des butées avec ou sans ressorts d'amortissement. Les mouvements du porteur de la montre automatique provoqueraient des chocs de la masse oscillante sur ces butées et l'amortissement de ces chocs aurait pour conséquence de faire vibrer les éléments en matière piézoélectrique 4 qui peuvent alors être utilisés pour générer de l'énergie électrique.

[0056] Bien entendu, l'élément permettant de convertir de l'énergie mécanique en énergie électrique, peut convertir de l'énergie mécanique provenant de toutes sortes de sources mécaniques comme des chocs de composants dans la pièce d'horlogerie, des mouvements du porteur, voire même simplement le pouls du porteur.

[0057] Dans ce cas d'application privilégiée, toute la partie décrite dans le texte ci-dessus, comportant les bobines 9 et les aimants 10 peut être remplacée par cette disposition géométrique des éléments piézoélectriques 4 solidaires de l'oscillateur 5. La seule partie électronique réside dans le calculateur 7 qui a toujours l'option de se référencer à un quartz altemo-calculateur 6 ou à un temps absolu extérieur.

[0058] 4. L'avantage de cette solution, par rapport aux solutions précédentes, se trouve également dans la simplicité de réalisation et dans la réduction du nombre de composants mis en œuvre. Le système tout entier devient moins encombrant et surtout permet son installation dans toute montre mécanique déjà existante beaucoup plus facilement.

[0059] Dans une deuxième variante de réalisation représentée sur les figures 4 et 5, afin de ne pas embarquer la partie électronique ou circuit électronique 7, incluant le quartz 6, un calculateur et un générateur, il est possible de les mettre en œuvre hors du balancier. Ainsi, ces éléments sont de préférence implantés hors du système oscillant.

[0060] Afin de pouvoir recevoir et donner des informations électriques au dispositif oscillant, on peut utiliser des points de contact électrique comme le point d'attache extérieur du spiral, c'est-à-dire son contact avec le piton, le porte-piton ou la fixation de l'extrémité du spiral dans le bâti porte-oscillateur.

[0061] Pour avoir la possibilité d'un aller-retour électrique, on peut installer un deuxième spiral sur l'oscillateur, deuxième spiral qui sera pourvu comme le premier spiral d'une attache en son centre sur l'axe de l'oscillateur ou tout autre partie solidaire de celui-ci et l'extrémité extérieure de ce deuxième spiral sera en contact avec un autre piton, porte-piton ou fixation de l'extrémité de ce spiral au bâti porteur de l'oscillateur.

[0062] Il est évident que ce deuxième spiral peut être simplifié jusqu'à s'apparenter à un fil électrique disposé de façon à pouvoir maintenir sa fonction de transmission d'électricité pendant les oscillations de l'oscillateur (soit un enroulement en forme de spire ou un quelconque enroulement ou suffisamment flexible pour ne pas entraver la marche de l'oscillateur).

[0063] Cette option permet en définitive de n'avoir sur le système oscillateur de l'invention que les éléments standard à un balancier-spiral ordinaire, c'est-à-dire : axe de balancier, virole, spiral, balancier, double-plaqueau, cheville de plateau, ainsi que le piton à l'extrémité du spiral et les éléments piézoélectrique 4 permettant de modifier, selon l'alimentation électrique des éléments piézoélectriques 4, le moment d'inertie du balancier.

[0064] Dans une troisième variante représentée sur

les figures 6 et 8 à 11, un ou plusieurs éléments massiques 12 sont mis en place à l'extrémité d'un ou plusieurs éléments 4 de modification de la configuration de l'élément massique 12, comme des éléments piézoélectriques 4. Ainsi, le moment d'inertie du balancier peut être modifié selon l'alimentation électrique des éléments piézoélectriques 4.

Deuxième mode de réalisation

[0065] Un deuxième mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie 320 selon l'invention est décrit ci-après en référence aux figures 12 à 16. Dans ce deuxième mode de réalisation, les références numériques des éléments se déduisent, par l'ajout de 200, de celles des éléments identiques, similaires ou assurant la même fonction dans le premier mode de réalisation.

[0066] La pièce d'horlogerie comprend un mouvement horloger 310. Le mouvement horloger comprend un oscillateur 300 ou un régulateur 300. L'oscillateur ou le régulateur comprend un ensemble incluant un organe 205, notamment un balancier 205.

[0067] Dans le deuxième mode de réalisation, représenté sur les figures 12 à 16, l'organe 205 tournant, en particulier oscillant, du mécanisme horloger 300, notamment un balancier 205 d'un oscillateur horloger 300, comprend au moins un élément massique 204 dont la configuration est modifiable de sorte à modifier le moment d'inertie de l'organe. L'élément massique est agencé de sorte que la configuration de l'élément massique est modifiable de manière active ou commandée alors que l'organe est en mouvement ou à l'arrêt. L'au moins un élément massique 204 est de type « binaire » ou bistable. Ainsi, l'au moins un élément massique, peut occuper une première position stable et une deuxième position stable, les première et deuxième positions étant distinctes. La première position stable définit un premier moment d'inertie de l'organe tournant et la deuxième position stable définit un deuxième moment d'inertie de l'organe tournant.

[0068] L'au moins un élément massique peut comprendre un premier élément 242 magnétique ou électromagnétique de déplacement et un élément d'indexation 243 de l'élément massique dans les première et deuxième positions stables.

[0069] Ainsi, l'au moins un élément massique peut être déplacé entre un premier rayon de giration et un deuxième rayon de giration. Un rayon moyen de giration (moyenne pondérée des premier et deuxième rayons) permet de définir un moment d'inertie moyen et donc une fréquence de de rotation de l'organe tournant ou une fréquence d'oscillation de l'organe.

[0070] Pour réaliser ce déplacement, on utilise de préférence outre le premier élément magnétique ou électromagnétique de déplacement, un deuxième élément 252 magnétique ou électromagnétique. Les premier et deuxième éléments magnétiques ou électromagnétiques sont configurés pour coopérer ou interagir, au

moins dans une position définie de l'organe relativement au bâti. Cette position définie peut notamment être une position d'équilibre instable de l'organe oscillant (position dans laquelle la vitesse de l'organe s'annule), voire une position dans laquelle on arrête volontairement l'organe, notamment pendant une fraction de seconde, typiquement moins d'une demi-seconde, voire moins d'un quart de seconde. Cette position peut aussi être toute autre position quelconque de l'organe. Dans la position d'interaction, les premier et deuxième éléments magnétiques ou électromagnétiques sont par exemple en regard l'un de l'autre ou sensiblement.

[0071] Dans la position d'interaction, les premier et deuxième éléments magnétiques ou électromagnétiques peuvent interagir pour modifier le moment d'inertie de l'organe en déplaçant l'élément massique.

[0072] Dans une variante particulière, le deuxième élément magnétique ou électromagnétique est un électroaimant monté sur le bâti, notamment monté fixe sur le bâti. Le premier élément magnétique ou électromagnétique est un aimant monté sur l'organe. L'élément massique peut ici comprendre le premier élément magnétique ou électromagnétique et l'élément d'indexation. L'élément d'indexation peut ici consister en une lame bistable, comme un cliquant. La lame s'étend par exemple perpendiculairement à un rayon. Elle est par exemple fixée à ses deux extrémités et précontrainte en flexion. Elle peut être dans l'état stable ou dans la configuration stable représenté sur la figure 13 et correspondant à un premier moment d'inertie. Elle peut aussi adopter un autre état stable ou une autre configuration stable dans laquelle la lame est fléchie vers l'extérieur et correspondant à un deuxième moment d'inertie, le deuxième moment d'inertie étant supérieur au premier moment d'inertie. En effet, dans ce deuxième état le centre de gravité de l'élément massique 204 se trouve sur un rayon supérieur à celui sur lequel il se trouve lorsque la lame est la première configuration stable.

[0073] Des aimants montés sur l'organe mobile peuvent être utilisés pour générer de l'énergie électrique lorsqu'ils passent en regard d'électroaimants montés fixes sur le bâti.

[0074] Alternativement, un même couple aimant-électroaimant peut être utilisé pour déplacer l'élément massique et pour générer de l'énergie. En effet, il n'est peut-être pas nécessaire d'alimenter l'électroaimant à chaque passage de l'aimant pour modifier l'inertie de l'organe tournant. Dans ce cas, certains passages de l'aimant devant l'électroaimant peuvent être utilisés pour produire de l'énergie électrique. Enfin, les passages de l'aimant devant l'électroaimant peuvent être utilisés pour générer un signal permettant de déterminer la fréquence de rotation ou d'oscillation de l'organe. Une fois cette fréquence déterminée, on peut la comparer à une fréquence de référence comme déjà expliqué, puis de commander en conséquence des modifications du moment d'inertie de l'organe.

[0075] L'alimentation des électroaimants est réalisée

par un circuit électrique ou une unité de commande 207. Cette unité permet aussi de recueillir un signal représentatif de la fréquence de mouvement de l'organe. Cette unité comprend encore des éléments de comparaison de cette fréquence à une fréquence de référence. La fréquence de référence peut être donnée par un oscillateur électronique, notamment un quartz. De préférence, cette unité est fixée sur le bâti.

[0076] Ainsi, dans ce mode de réalisation, les éléments 242, 252 de déplacement sont disposés pour partie sur l'organe et pour partie sur le bâti, notamment. Dans cet exemple, un inducteur est un aimant monté sur l'organe et un induit est un électroaimant ou une bobine solidaire du bâti de l'oscillateur.

[0077] Des aimants montés sur l'organe ont pour fonction de modifier le moment d'inertie de l'organe puisqu'ils font partie d'éléments massiques mobiles, bistables. Toutefois, d'autres aimants pourraient être fixés sur l'organe et ne pourraient être dédiés qu'à la production d'énergie électrique. Il va de soi qu'il en est de même pour les induits se trouvant autour de l'organe puisque le nombre d'électroaimants ou de bobines pourrait être augmenté. Les dimensions propres de ces bobines complémentaires destinées uniquement à produire de l'énergie électrique pourraient aussi être augmentées.

[0078] Sur la figure 16, on a représenté l'évolution de la marche instantanée d'un oscillateur selon le troisième mode en fonction du temps, la configuration de l'oscillateur étant modifiée au fil du temps. On a aussi représenté des signaux de commande de modification de la configuration. En remarque, des signaux de même nature se succédant sont facultatifs. Seuls sont nécessaires les signaux qui vont effectivement commander une modification de configuration de l'oscillateur. On a encore représenté les évolutions du moment d'inertie au fil du temps, en conséquence des signaux de commande évoqués précédemment. On voit que les configurations de moment d'inertie sont telles qu'une première configuration provoque une marche négative et qu'une deuxième configuration provoque une marche positive. Ainsi, en commandant des plages temporelles dans lesquelles l'organe est configuré selon une première configuration et des plages temporelles dans lesquelles l'organe est configuré selon une deuxième configuration, il est possible d'annuler la marche diurne.

[0079] Un mode d'exécution d'un procédé de fonctionnement d'un oscillateur horloger selon l'invention est décrit ci-après. Il peut être mis en œuvre notamment avec n'importe lequel des modes de réalisation décrits précédemment.

[0080] Le procédé régit le fonctionnement d'un oscillateur horloger comprenant :

- un ressort spiral ; et
- un organe oscillant tel que décrit précédemment ou un ensemble tel que décrit précédemment.

[0081] Alternativement, le procédé régit le fonctionne-

ment d'un régulateur de vitesse tel que décrit précédemment.

[0082] De préférence, le procédé est automatique, c'est-à-dire sans intervention d'un utilisateur ou d'un horloger.

[0083] Le procédé comprend avantageusement les étapes suivantes :

- Détermination d'une fréquence courante du mouvement de l'organe ou d'une fréquence moyenne du mouvement sur une période, notamment sur une période glissante ;
- Comparaison de la fréquence déterminée à une fréquence de référence ;

En cas d'écart de fréquence, modification de l'inertie de l'organe, l'organe étant en mouvement ou à l'arrêt, notamment modification par activation d'un élément de modification de la configuration de l'élément massique.

[0084] Avantageusement, la modification de l'inertie de l'organe permet de minimiser l'écart de fréquence, voire d'annuler l'écart de fréquence.

[0085] De préférence, l'étape de modification comprend une déformation d'un élément massique et/ou un déplacement d'un élément massique, notamment déformation d'une lame précontrainte en flexion. Cette étape est par exemple mise en œuvre automatiquement.

[0086] L'étape de modification peut comprendre l'application d'un signal électrique, notamment une tension électrique, sur l'élément de modification, notamment sur un électroaimant 52.

[0087] L'étape de modification peut comprendre l'application d'un signal électrique, notamment une tension électrique, sur l'élément de modification qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou sur l'élément massique qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou l'étape de modification peut comprendre l'application d'un signal magnétique, notamment un champ magnétique, sur l'élément de modification qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou sur l'élément massique qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif.

[0088] L'étape de détermination peut comprendre une analyse et/ou un traitement d'un signal électrique fourni par un élément capteur, notamment un élément capteur monté sur l'organe, l'analyse ou le traitement étant réalisé par un élément de traitement ou d'analyse monté sur l'organe ou monté dans une pièce d'horlogerie équipée de l'organe et/ou l'analyse ou le traitement permettent le repérage et l'extraction de la valeur de la période de l'organe.

[0089] L'étape de comparaison peut être réalisée par un comparateur monté sur l'organe ou monté dans une pièce d'horlogerie équipée de l'organe.

[0090] Le procédé de fonctionnement peut comprendre une étape de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique, l'étape de conversion étant notam-

ment réalisée par un élément de conversion monté sur l'organe ou monté dans une pièce d'horlogerie équipée de l'organe.

[0091] Les étapes de détermination, de comparaison et de modification peuvent être réalisées, notamment réalisées automatiquement alors que l'organe est en mouvement.

[0092] Avantageusement, dans l'étape de modification, on positionne l'élément massique dans une première position stable si la fréquence déterminée est supérieure à la fréquence de référence et, dans l'étape de modification, on positionne l'élément massique dans une deuxième position stable si la fréquence déterminée est inférieure à la fréquence de référence. Les première et deuxième positions stables peuvent être les deux saules positions stables. Toutes les positions intermédiaires entre la première et deuxième positions stables peuvent être des positions instables ou transitoires.

[0093] Afin de mettre en œuvre le procédé selon l'invention, l'oscillateur ou le régulateur comprend tous les éléments matériels et/ou logiciels nécessaires à l'exécution des étapes évoquées précédemment. Certains éléments peuvent consister en des modules logiciels. Certains éléments matériels et/ou logiciels peuvent être inclus dans le circuit électrique 7.

[0094] Notamment, comme représenté sur la figure 17, l'oscillateur 100 ; 300 ou le régulateur comprend :

- un élément de détermination 501 d'une fréquence courante du mouvement de l'organe ou d'une fréquence moyenne du mouvement sur une période, notamment sur une période glissante ; cet élément peut être un capteur de mesure comprenant par exemple une bobine et un aimant ou comprenant un élément piézoélectrique 4.
- un élément de comparaison 502 de la fréquence déterminée à une fréquence de référence ; cet élément de comparaison peut être un comparateur attaqué en entrée par un signal de référence par exemple fourni par un quartz 6 ; 206 et par un signal de fréquence de l'organe par exemple fourni par un capteur.
- un élément de modification 503 de l'inertie de l'organe, par exemple un élément piézoélectrique 4 ; 252, 204 ; l'élément de modification étant activable l'organe étant en mouvement ou à l'arrêt.

[0095] Dans les différents modes de réalisation, les avantages des organes, oscillateurs et mouvement selon l'invention sont énumérés ci-après :

1. L'avantage principal est d'obtenir une précision de comptage du temps s'approchant ou identique à la précision de l'oscillateur électrique ou du quartz utilisé dans le système.
2. Un autre avantage réside dans le fait de bouleverser les critères de qualité de comptage du temps pour une montre mécanique en éliminant d'emblée

toutes les erreurs qui perturbent l'isochronisme de la montre mécanique. Par exemple, les effets de dilatation thermique qui changeraient le moment d'inertie des composants faisant partie du système réglant de la montre, les problèmes liés à la tribologie, c'est-à-dire à la présence ou non de lubrifiants actifs à certains endroits ou pas. L'invention annule en très grande partie les problèmes liés à l'usure des matériaux dans le temps. L'invention permet de remplacer de manière avantageuse tous les systèmes ayant comme objectif de distribuer une force égale dans le temps à l'organe réglant, ces systèmes se nomment « systèmes à force constante ». L'invention permet en outre d'agir directement sur la conséquence de la moyenne chronométrique de la montre en y modifiant uniquement le moment d'inertie de l'organe oscillant. L'avantage-clef de l'invention est donc la précision chronométrique car, en agissant directement sur la correction chronométrique et ceci en boucle, le système aura toujours tendance à vouloir modifier le moment d'inertie du balancier pour que le comptage du temps reste identique au comptage réalisé en parallèle par un oscillateur de référence comme un quartz.

3. Un avantage non négligeable sur le plan industriel consiste à pouvoir, grâce aux moyens mis en œuvre dans l'invention, envisager le changement d'un oscillateur classique avec son système de raquetterie conventionnel par un système oscillant selon l'invention.

4. En outre un néophyte ne pourrait pas prétendre faire la différence esthétiquement parlant entre une montre classique normale et une montre équipée mettant en œuvre l'invention. Le seul moyen d'identification à coup sûr, reste assurément la précision extrême délivrée par la montre selon l'invention.

5. Aucun changement de pile ou de batterie n'est à réaliser sur un système selon l'invention. Le fonctionnement de celui-ci est assuré par l'énergie mécanique délivrée par le ou les barillets classiques des montres mécaniques.

6. Aucune influence extérieure, chaleur excessive, froid extrême, champ magnétique, vibrations, différence de porté entre porteurs « mous » et porteurs « dynamiques », rien à part les chocs extrêmes qui casseraient des composants comme dans une montre normale, ne peut altérer le fonctionnement de la montre selon l'invention.

[0096] Définition des termes utilisés dans ce document.

- Le terme « autonome », signifie « qui s'administre lui-même ». On parle ici d'une gestion du moment d'inertie autonome, c'est-à-dire que, contrairement à tous les moyens connus jusqu'à présent en horlogerie, il n'y a pas besoin de régler des moyens manuellement. En effet, dans le cas d'un balancier stan-

dard le moment d'inertie est modifié par ajout ou complément de contrepoids (rondelles d'équilibrage) ou en faisant avancer ou éloigner des masses le long d'alésage et de filetage, ou encore en fraisant, pliant et encore dernièrement en remplaçant l'enlèvement de matière généralement effectué par de l'ablation de matière par rayonnement laser. L'utilisation du mot « autonome » est destinée à insister sur le fait que ce n'est pas un opérateur extérieur, humain ou machine, qui règle le moment d'inertie de l'oscillateur.

- Oscillateur mécanique: Dans tout ce document, le terme « oscillateur mécanique » définit un système évoluant de part et d'autre d'un équilibre stable. L'oscillateur est un système fonctionnant de façon périodique et de façon dynamique. L'oscillateur est un balancier de montre associé à un ressort spiral, synonyme d'organe réglant et, dans tout le domaine de la pendulerie, l'oscillateur serait justement l'organe appelé « pendule ».
- Matière piézoélectrique: on entendra dans ce document, par les termes « matière piézoélectrique » l'ensemble des matériaux piézoélectriques qui ont la particularité de produire de l'énergie en se déformant et inversement, de se déformer en présence d'un champ électrique. La structure moléculaire d'un cristal est un parfait équilibre électrique mais, quand on applique une pression sur ledit cristal, l'équilibre est rompu et il se forme un champ électrique.
- Par « configuration modifiable alors que l'organe est en mouvement », on entend qu'il est possible de modifier la configuration alors que l'organe est en mouvement. Cette formulation n'exclut pas la possibilité de modifier, de la même manière et/ou en utilisant les mêmes éléments, la configuration alors que l'organe est à l'arrêt, notamment à l'arrêt dans une position d'équilibre instable ou notamment pendant tout arrêt d'une fraction de seconde de l'organe.

[0097] Les matières piézoélectrique que utilisées dans l'invention peuvent être d'ordre mono cristalline ou de la famille des céramiques dont les grains sont orientés dans une direction prédéfinie en rapport à leur capacité piézoélectrique, ou encore des composites, c'est-à-dire des grains de matériaux piézoélectriques piégés dans une résine (matrice). On pourrait aussi utiliser des matériaux piézoélectriques sous forme de couches très minces de 0,1 à 20 microns d'épaisseur.

[0098] Par « la configuration de l'élément massique est modifiable de manière active ou commandée », on entend que la configuration de l'élément massique peut être commandée ou pilotée, notamment en fonction d'une logique prédéfinie dépendante d'un ou plusieurs paramètres. Ceci exclut que la configuration de l'élément massique soit modifiée de manière passive par exemple sous

l'effet d'une dilatation thermique de l'élément massique ou d'un support de l'élément massique sous l'effet de changements de température ambiante ou sous l'effet d'accélération. Ceci exclut également que la configuration de l'élément massique soit modifiée uniquement en fonction de la position de l'organe. La configuration est réalisée sur la base :

- d'une détermination d'une fréquence courante du mouvement de l'organe ou d'une fréquence moyenne du mouvement sur une période, notamment sur une période glissante ; et
- d'une comparaison de la fréquence déterminée à une fréquence de référence ; et/ou
- d'un écart de fréquence entre la fréquence déterminée et la fréquence de référence.

[0099] La formulation exclut également une modification faite par un horloger ou un utilisateur, notamment en déplaçant des masselottes.

[0100] Dans les différentes variantes et modes de réalisation, l'organe tournant ou l'ensemble ou l'oscillateur ou le mouvement ou la pièce d'horlogerie peut comprendre un élément photovoltaïque pour générer de l'énergie électrique de manière exclusive ou de manière complémentaire à d'autres technologies, notamment de manière complémentaire à l'énergie électrique produite par un ou plusieurs éléments piézoélectriques et/ou par un ou plusieurs éléments électromagnétiques comme des bobines.

[0101] Dans les différentes variantes et modes de réalisation, la précision atteinte permet de diminuer fortement la fréquence mécanique de l'oscillateur. Par exemple, au lieu des 20'600 alternances par heure ou des 28'800 alternances par heure ou encore 36'000 alternances par heure, la fréquence de fonctionnement d'un oscillateur selon l'invention peut être amenée à 7'200 alternances par heure ou moins, voire à 3'600 alternances par heure ou moins. Une telle diminution de fréquence mécanique permet de diminution de consommation d'énergie du système mécanique. Ainsi, moins la fréquence mécanique est élevée, plus la réserve de marche pour un même mécanisme est grande. On peut même parler de proportionnalité puisque si l'oscillateur fonctionne à une fréquence basse, moins de mobiles seront nécessaires dans le mouvement. Il s'ensuit moins de pertes d'énergie, donc un meilleur rendement. Par conséquent, si l'on divise par quatre la fréquence mécanique ordinaire, on peut imaginer multiplier par quatre l'autonomie de la montre, autrement dit le temps de déploiement du ressort de barillet.

[0102] Dans les différentes variantes et modes de réalisation, les perturbations agissant sur l'isochronisme de la montre sont corrigées par une gestion active de la fréquence de l'oscillateur. Toutefois, il est possible qu'en fin de déploiement du ressort de barillet, l'énergie fournie par le ressort ne soit plus suffisante pour faire fonctionner l'oscillateur correctement. Dans une telle hypothèse la

précision de l'oscillateur risque d'être mauvaise. Dès lors, les différentes variantes et modes de réalisation peuvent comprendre un mécanisme d'arrêt de l'oscillateur ou d'arrêt d'un ou plusieurs mobiles d'indication du temps. Ce mécanisme peut agir comme un stop-second. En particulier, le mécanisme peut comprendre un élément de type piézoélectrique qui recevrait un signal électrique commandant son déplacement ou sa déformation afin d'entraver le mouvement de l'oscillateur ou d'un ou plusieurs mobiles d'indication du temps lorsque trop peu d'énergie est disponible. Ainsi, on peut éviter que le système fonctionne sans qu'assez d'énergie mécanique soit disponible pour assurer un fonctionnement correct. Le mécanisme d'arrêt est donc apte à arrêter l'oscillateur ou un ou plusieurs mobiles d'indication du temps ou le rouage de finissage lorsque trop peu d'énergie est disponible dans le barillet.

Revendications

1. Oscillateur horloger (100 ; 300), comprenant :

- un ressort spiral (2), et
- un organe (5 ; 205) oscillant comprenant au moins un élément massique (4 ; 12 ; 204) dont la configuration est modifiable de sorte à modifier le moment d'inertie de l'organe,

l'élément massique étant agencé de sorte que la configuration de l'élément massique est (i) modifiable de manière active ou commandée alors que l'organe est en mouvement ou à l'arrêt, et (ii) réalisée sur la base :

- d'une détermination d'une fréquence courante du mouvement de l'organe ou d'une fréquence moyenne du mouvement sur une période, notamment sur une période glissante ; et
- d'une comparaison de la fréquence déterminée à une fréquence de référence ; et/ou
- d'un écart de fréquence entre la fréquence déterminée et la fréquence de référence,

l'élément massique étant par exemple en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou l'élément massique étant par exemple agencé de sorte à occuper une première position stable définissant un premier moment d'inertie de l'organe ou une deuxième position stable définissant un deuxième moment d'inertie de l'organe, l'oscillateur comprenant :

- un élément de détermination (501) de la fréquence courante du mouvement de l'organe ou de la fréquence moyenne du mouvement sur une période, notamment sur une période glissante, et

- un élément de comparaison (502) de la fréquence déterminée à la fréquence de référence, et
- un élément de modification (503) de l'inertie de l'organe, l'élément de modification étant activable alors que l'organe est en mouvement ou à l'arrêt.

2. Oscillateur horloger (100 ; 300) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'organe comprend un élément (4 ; 4a ; 4b ; 42 ; 204) de modification de la configuration de l'élément massique, l'élément de modification de la configuration de l'élément massique étant monté sur l'organe, l'élément de modification étant par exemple en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif, et/ou **en ce que** l'élément massique (4 ; 204) comprend au moins un premier élément (242) magnétique ou électromagnétique de déplacement ou un élément (242) de modification de la configuration de l'élément massique et un élément (243) d'indexation de l'élément massique dans une première position stable et une deuxième position stable.

3. Oscillateur horloger (100 ; 300) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** comprend un deuxième élément (52) magnétique ou électromagnétique de déplacement, notamment un électroaimant, les premier et deuxième éléments magnétiques ou électromagnétiques de déplacement coopérant.

4. Oscillateur horloger (100 ; 300) selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend un élément (4 ; 4a ; 4b) de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique, notamment un élément de conversion en matériau piézoélectrique ou magnétostrictif et/ou **en ce qu'il** comprend un élément de conversion d'énergie solaire en énergie électrique, notamment un panneau photovoltaïque, l'élément de conversion étant notamment monté sur l'organe.

5. Oscillateur horloger (100 ; 300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un circuit électronique (7), notamment un calculateur (7), le circuit étant en particulier monté sur l'organe, notamment monté sur un axe (1) de rotation de l'organe.

6. Oscillateur horloger (100 ; 300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un élément capteur (4 ; 4a ; 4b ; 204) d'une caractéristique du mouvement de l'organe, notamment un élément capteur de choc ou d'accélération, l'élément capteur étant notamment monté sur l'organe, l'élément capteur étant par exemple constitué par l'élément massique et/ou l'élément de mo-

- dification.
7. Oscillateur horloger (100; 300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ressort spiral est en matière piézoélectrique ou magnétostrictive. 5
8. Mouvement horloger (110 ; 310) comprenant un oscillateur (100 ; 300) selon l'une des revendications précédentes. 10
9. Pièce d'horlogerie (120 ; 320), notamment montre, en particulier montre-bracelet, comprenant un mouvement (110 ; 310) selon la revendication précédente ou un oscillateur (100 ; 300) selon l'une des revendications 1 à 7. 15
10. Procédé de fonctionnement, notamment procédé de fonctionnement automatique, 20
- d'un oscillateur horloger (100; 300) selon l'une des revendications 1 à 7, ou
 - d'un mouvement horloger selon la revendication 8, ou
 - d'une pièce d'horlogerie selon la revendication 9, 25
- le procédé comprenant les étapes suivantes :
- Détermination, par ledit élément de détermination (501) de l'oscillateur, d'une fréquence courante du mouvement de l'organe ou d'une fréquence moyenne du mouvement sur une période, notamment sur une période glissante ; 30
 - Comparaison, par ledit élément de comparaison (502) de l'oscillateur, de la fréquence déterminée à une fréquence de référence ; 35
 - En cas d'écart de fréquence, modification, par ledit élément de modification (503) de l'oscillateur, de l'inertie de l'organe, l'organe étant en mouvement ou à l'arrêt, notamment modification par activation d'un élément de modification de la configuration de l'élément massique. 40
11. Procédé de fonctionnement selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'étape de modification comprend une déformation d'un élément massique et/ou un déplacement d'un élément massique, notamment déformation d'une lame précontrainte en flexion. 45 50
12. Procédé de fonctionnement selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que** l'étape de modification comprend l'application d'un signal électrique, notamment une tension électrique, sur l'élément de modification, notamment sur un électroaimant (52). 55
13. Procédé de fonctionnement selon la revendication

10 ou 11, **caractérisé en ce que** l'étape de modification comprend l'application d'un signal électrique, notamment une tension électrique, sur l'élément de modification qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou sur l'élément massique qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou **en ce que** l'étape de modification comprend l'application d'un signal magnétique, notamment un champ magnétique, sur l'élément de modification qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif et/ou sur l'élément massique qui est en matériau piézoélectrique ou en matériau magnétostrictif.

14. Procédé de fonctionnement selon l'une des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce que** :

- l'étape de détermination comprend une analyse et/ou un traitement d'un signal électrique fourni par un élément capteur, notamment un élément capteur monté sur l'organe, l'analyse ou le traitement étant réalisé par un élément de traitement ou d'analyse monté sur l'organe ou monté dans une pièce d'horlogerie équipée de l'organe et/ou l'analyse ou le traitement permettent le repérage et l'extraction de la valeur de la période de l'organe ; et/ou

- l'étape de comparaison est réalisée par un comparateur monté sur l'organe ou monté dans une pièce d'horlogerie équipée de l'organe ; et/ou

- le procédé comprend une étape de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique, l'étape de conversion étant notamment réalisée par un élément de conversion monté sur l'organe ou monté dans une pièce d'horlogerie équipée de l'organe ; et/ou

- les étapes de détermination, de comparaison et de modification sont réalisées, notamment réalisées automatiquement, alors que l'organe est en mouvement ; et/ou

- dans l'étape de modification, on positionne l'élément massique dans une première position stable si la fréquence déterminée est supérieure à la fréquence de référence et on positionne l'élément massique dans une deuxième position stable si la fréquence déterminée est inférieure à la fréquence de référence.

Patentansprüche

1. Uhrenoszillator (100; 300), umfassend:

- eine Spiralfeder (2) und
- ein oszillierendes Organ (5; 205), das mindestens ein massives Element (4; 12; 204) umfasst, dessen Konfiguration veränderbar ist, um das

Trägheitsmoment des Organs zu verändern,

wobei das massive Element so angeordnet ist, dass die Konfiguration des massiven Elements (i) aktiv oder gesteuert veränderbar ist, während sich das Organ in Bewegung befindet oder stillsteht, und (ii) ausgeführt wird basierend auf:

- einer Ermittlung einer aktuellen Frequenz der Bewegung des Organs oder einer mittleren Frequenz der Bewegung über eine Periode, insbesondere über eine gleitende Periode; und
- einem Vergleich der ermittelten Frequenz mit einer Referenzfrequenz; und/oder
- einer Frequenzabweichung zwischen der ermittelten Frequenz und der Referenzfrequenz,

wobei das massive Element beispielsweise aus piezoelektrischem Material oder aus magnetostruktivem Material gefertigt ist und/oder das massive Element beispielsweise so angeordnet ist, dass es eine erste stabile Position, die ein erstes Trägheitsmoment des Organs definiert, oder eine zweite stabile Position, die ein zweites Trägheitsmoment des Organs definiert, einnimmt,

wobei der Oszillator Folgendes umfasst:

- ein Element (501) zum Ermitteln der aktuellen Frequenz der Bewegung des Organs oder der mittleren Frequenz der Bewegung über eine Periode, insbesondere über eine gleitende Periode, und
- ein Element (502) zum Vergleichen der ermittelten Frequenz mit der Referenzfrequenz, und
- ein Element (503) zum Ändern der Trägheit des Organs, wobei das Änderungselement aktivierbar ist, während das Organ in Bewegung ist oder stillsteht.

2. Uhrenoszillator (100; 300) nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Organ ein Element (4; 4a; 4b; 42; 204) zum Ändern der Konfiguration des massiven Elements umfasst, wobei das Element zum Ändern der Konfiguration des massiven Elements am Organ angebracht ist, wobei das Änderungselement beispielsweise aus piezoelektrischem Material oder aus magnetostruktivem Material gefertigt ist, und/oder dass das massive Element (4; 204) mindestens ein erstes magnetisches oder elektromagnetisches Bewegungselement (242) oder ein Element (242) zum Ändern der Konfiguration des massiven Elements und ein Element (243) zum Indexieren des massiven Elements in einer ersten stabilen Position und einer zweiten stabilen Position umfasst.
3. Uhrenoszillator (100; 300) nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** er

ein zweites magnetisches oder elektromagnetisches Bewegungselement (52), insbesondere einen Elektromagneten, umfasst, wobei das erste und das zweite magnetische bzw. elektromagnetische Bewegungselement zusammenwirken.

4. Uhrenoszillator (100; 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** er ein Element (4; 4a; 4b) zum Umwandeln von mechanischer Energie in elektrische Energie umfasst, insbesondere ein Umwandlungselement aus piezoelektrischem oder magnetostruktivem Material, und/oder dass er ein Element zum Umwandeln von Sonnenenergie in elektrische Energie umfasst, insbesondere eine Photovoltaikplatte, wobei das Umwandlungselement insbesondere am Organ angebracht ist.
5. Uhrenoszillator (100; 300) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine elektronische Schaltung (7), insbesondere einen Rechner (7), umfasst, wobei die Schaltung insbesondere am Organ, insbesondere auf einer Drehachse (1) des Organs, angebracht ist.
6. Uhrenoszillator (100; 300) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er ein Sensorelement (4; 4a; 4b; 204) zum Erfassen eines Merkmals der Bewegung des Organs, insbesondere ein Stoß- oder Beschleunigungssensorelement, umfasst, wobei das Sensorelement insbesondere am Organ angebracht ist, wobei das Sensorelement beispielsweise durch das massive Element und/oder das Änderungselement gebildet wird.
7. Uhrenoszillator (100; 300) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder aus piezoelektrischem oder magnetostruktivem Material gefertigt ist.
8. Uhrwerk (110; 310), umfassend einen Oszillator (100; 300) nach einem der vorangehenden Ansprüche.
9. Zeitmessgerät (120; 320), insbesondere eine Uhr, insbesondere eine Armbanduhr, umfassend ein Uhrwerk (110; 310) nach dem vorangehenden Anspruch oder einen Oszillator (100; 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
10. Verfahren für den Betrieb, insbesondere Verfahren für den automatischen Betrieb,
 - eines Oszillators (100; 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder
 - eines Uhrwerks nach Anspruch 8 oder
 - eines Zeitmessgeräts nach Anspruch 9,

wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Ermitteln einer aktuellen Frequenz der Bewegung des Organs oder einer mittleren Frequenz der Bewegung über eine Periode, insbesondere über eine gleitende Periode, durch das Element (501) des Oszillators;
 - Vergleichen der ermittelten Frequenz mit einer Referenzfrequenz durch das Element (502) des Oszillators;
 - im Falle einer Frequenzabweichung, Ändern der Trägheit des Organs durch das Element (503) des Oszillators, wobei das Organ in Bewegung ist oder stillsteht, insbesondere Ändern durch Aktivieren eines Elements zum Ändern der Konfiguration des massiven Elements.
11. Betriebsverfahren nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Änderungsschritt eine Verformung eines massiven Elements und/oder eine Verschiebung eines massiven Elements, insbesondere eine Verformung eines auf Biegung vorgespannten Blatts, umfasst.
12. Betriebsverfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Änderungsschritt das Anlegen eines elektrischen Signals, insbesondere einer elektrischen Spannung, an das Änderungselement, insbesondere an einen Elektromagneten (52), umfasst.
13. Betriebsverfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Änderungsschritt das Anlegen eines elektrischen Signals, insbesondere einer elektrischen Spannung, an das aus piezoelektrischem Material oder magnetostruktivem Material gefertigte Änderungselement und/oder an das aus piezoelektrischem Material oder aus magnetostruktivem Material gefertigte massive Element umfasst und/oder dass der Änderungsschritt das Anlegen eines magnetischen Signals, insbesondere eines Magnetfelds, an das aus piezoelektrischem Material oder aus magnetostruktivem Material gefertigte Änderungselement und/oder an das aus piezoelektrischem Material oder aus magnetostruktivem Material gefertigte massive Element umfasst.
14. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass:**
- der Ermittlungsschritt eine Analyse und/oder eine Verarbeitung eines von einem Sensorelement, insbesondere einem am Organ angebrachten Sensorelement, bereitgestellten elektrischen Signals umfasst, wobei die Analyse bzw. die Verarbeitung durch ein Verarbeitungs- bzw. Analyseelement erfolgt, das am Organ angebracht ist oder in einem mit dem Organ ausgestatteten Zeitmessgerät angebracht ist,

und/oder wobei die Analyse bzw. die Verarbeitung die Ermittlung und die Extraktion des Wertes der Periode des Organs ermöglicht; und/oder

- der Vergleichsschritt durch einen Komparator durchgeführt wird, der am Organ angebracht ist oder in einem mit dem Organ ausgestatteten Zeitmessgerät angebracht ist; und/oder
- das Verfahren einen Schritt des Umwandeln von mechanischer Energie in elektrische Energie umfasst, wobei der Umwandlungsschritt insbesondere durch ein Umwandlungselement erfolgt, das am Organ angebracht ist oder in einem mit dem Organ ausgestatteten Zeitmessgerät angebracht ist; und/oder
- der Ermittlungs-, der Vergleichs- und der Umwandlungsschritt ausgeführt werden, insbesondere automatisch ausgeführt werden, während das Organ in Bewegung ist; und/oder
- bei dem Änderungsschritt das massive Element in eine erste stabile Position gebracht wird, wenn die ermittelte Frequenz größer als die Referenzfrequenz ist, und das massive Element in eine zweite stabile Position gebracht wird, wenn die ermittelte Frequenz kleiner als die Referenzfrequenz ist.

Claims

1. A horological oscillator (100; 300) comprising:
- a spiral spring (2), and
 - an oscillating member (5; 205) comprising at least one weight (4; 12; 204) the configuration of which can be modified so as to modify the moment of inertia of the member,
- the weight being arranged such that the configuration of the weight can be (i) modified actively or in a controlled manner while the member is moving or stopped, and (ii) carried out on the basis of:
- determining a current frequency of the movement of the member or an average frequency of the movement over a period, notably over a sliding period; and
 - comparing the determined frequency to a reference frequency; and/or
 - a frequency deviation between the determined frequency and a reference frequency,
- the weight being, for example, made of piezoelectric material or of magnetostrictive material and/or the weight being, for example, arranged so as to occupy a first stable position defining a first moment of inertia of the member or a second stable position defining a second moment of inertia of the member,

the oscillator comprising:

- an element for determining (501) a current frequency of the movement of the member or an average frequency of the movement over a period, notably over a sliding period; and
 - an element for comparing (502) the determined frequency to a reference frequency; and
 - an element for modifying (503) the inertia of the member, the modification element being able to be activated with the member being in motion or stopped.
2. The horological oscillator as claimed in the preceding claim, wherein the oscillator comprises an element (4; 4a; 4b; 42; 204) for modifying the configuration of the weight, the element for modifying the configuration of the weight being mounted on the member, the modification element being, for example, made of piezoelectric material or of magnetostrictive material, and/or wherein the weight (4; 204) comprises at least a first magnetic or electromagnetic displacement element (242) or an element (242) for modifying the configuration of the weight and an element (243) for indexing the weight in a first stable position and a second stable position.
 3. The horological oscillator (100; 300) as claimed in one of the preceding claims, wherein it comprises a second magnetic or electromagnetic displacement element (52), notably an electromagnet, the first and second magnetic or electromagnetic displacement elements cooperating.
 4. The horological oscillator (100; 300) as claimed in one of claims 1 to 2, wherein it comprises an element (4; 4a; 4b) for converting mechanical energy into electrical energy, notably a conversion element made of piezoelectric or magnetostrictive material and/or wherein it comprises an element for converting solar energy into electrical energy, notably a photovoltaic panel, the conversion element being notably mounted on the member.
 5. The horological oscillator (100; 300) as claimed in one of claims 1 to 5, or the assembly as claimed in one of claims 6 to 8, wherein it comprises an electronic circuit (7), notably a computer (7), the circuit being in particular mounted on the member, notably mounted on an axis (1) of rotation of the member.
 6. The horological oscillator (100; 300) as claimed in one of the preceding claims, wherein it comprises a sensor element (4; 4a; 4b; 204) for a characteristic of the movement of the member, notably a shock or acceleration sensor element, the sensor element being notably mounted on the member, the sensor element consisting, for example, of the weight and/or

the modification element.

7. The horological oscillator (100; 300) as claimed in one of the preceding claims, wherein the spiral spring is made of piezoelectric or magnetostrictive material.
8. A horological movement (110; 310) comprising an oscillator (100; 300) as claimed in one of the preceding claims.
9. A timepiece (120; 320), notably a watch, in particular a wrist watch, comprising a movement (110; 310) as claimed in the preceding claim or an oscillator (100; 300) as claimed in one of claims 1 to 7.
10. An operating method, notably an automatic operating method,
 - for a horological oscillator (100; 300) as claimed in one of claims 1 to 7,
 or
 - for an horological movement as claimed in claim 8,
 or
 - for a timepiece as claimed in claim 9,
 the method comprising the following steps:
 - determining a current frequency of the movement of the member or an average frequency of the movement over a period, notably over a sliding period, by said element for determining (501) of the oscillator;
 - comparing the determined frequency to a reference frequency, by said element for comparing (502) of the oscillator;
 - in case of frequency deviation, modifying the inertia of the member, the member being in motion or stopped, notably modifying by activation of an element for modifying the configuration of the weight, by said element for modifying (503) of the oscillator.
11. The operating method as claimed in the preceding claim, wherein the modification step comprises a deformation of a weight and/or a displacement of a weight, notably deformation of a flexurally prestressed blade.
12. The operating method as claimed in claim 10 or 11, wherein the modification step comprises the application of an electrical signal, notably an electrical voltage, to the modification element, notably to an electromagnet (52).

13. The operating method as claimed in claim 10 or 11, wherein the modification step comprises the application of an electrical signal, notably an electrical voltage, to the modification element which is made of piezoelectric material or of magnetostrictive material and/or to the weight which is made of piezoelectric material or of magnetostrictive material and/or wherein the modification step comprises the application of a magnetic signal, notably a magnetic field, to the modification element which is made of piezoelectric material or of magnetostrictive material and/or to the weight which is made of piezoelectric material or of magnetostrictive material.

5

10

14. The operating method as claimed in one of claims 10 to 13, wherein:

15

- the determination step comprises an analysis and/or a processing of an electrical signal supplied by a sensor element, notably a sensor element mounted on the member, the analysis or the processing being performed by a processing or an analysis element mounted on the member or mounted in a timepiece equipped with the member and/or the analysis or the processing making it possible to identify and extract the value of the period of the member, and/or

20

25

- the comparison step is performed by a comparator mounted on the member or mounted in a timepiece equipped with the member, and/or

30

- the method comprises a step of conversion of mechanical energy into electrical energy, the convergence step being notably performed by a conversion element mounted on the member or mounted in a timepiece equipped with the member, and/or

35

- the determination, comparison and modification steps are performed, notably performed automatically while the member is in motion, and/or

40

- in the modification step, the weight is positioned in a first stable position if the determined frequency is higher than the reference frequency and wherein, in the modification step, the weight is positioned in a second stable position if the determined frequency is lower than the reference frequency.

45

50

55

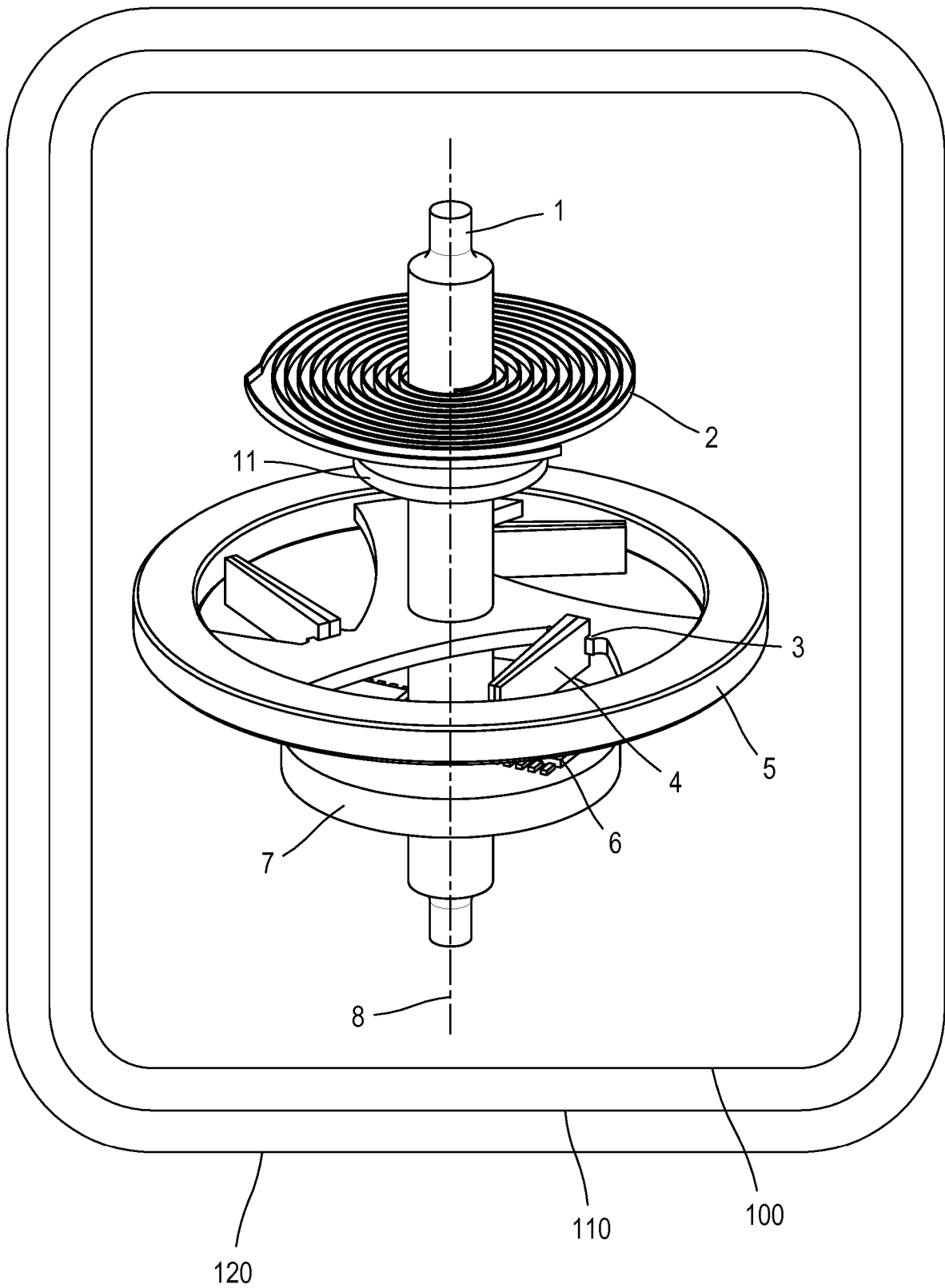


FIG. 1

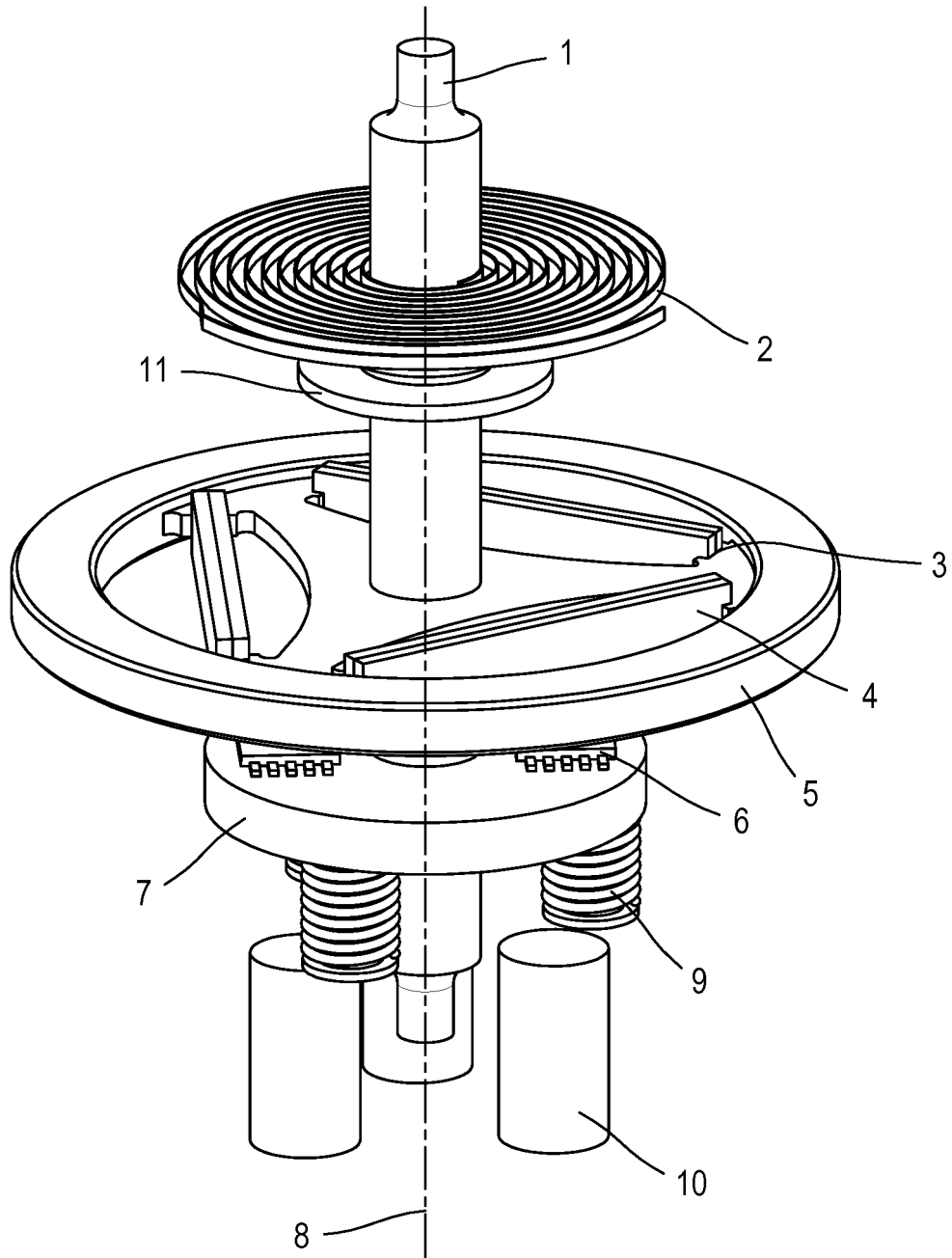


FIG. 2

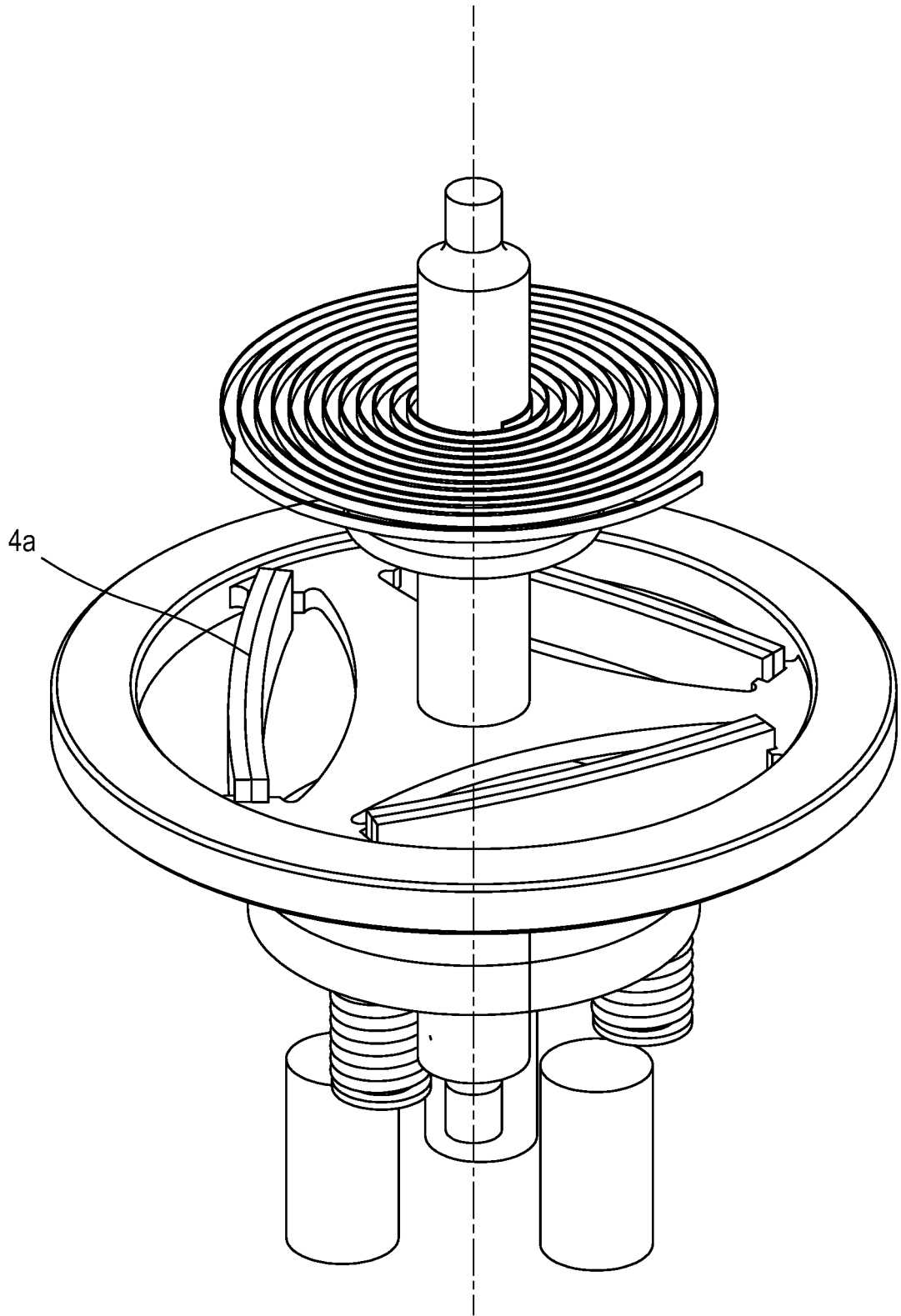


FIG. 3

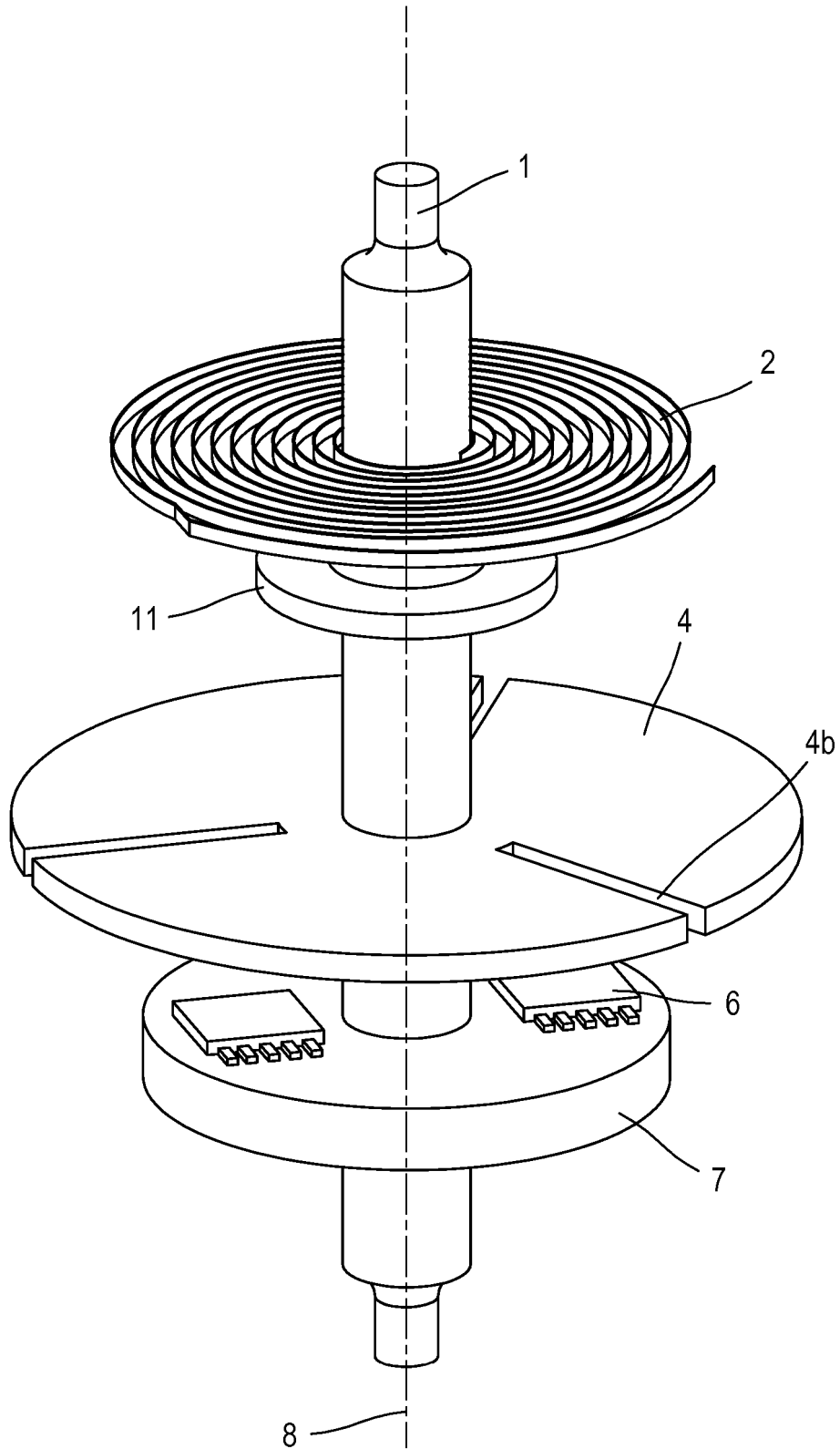


FIG. 4

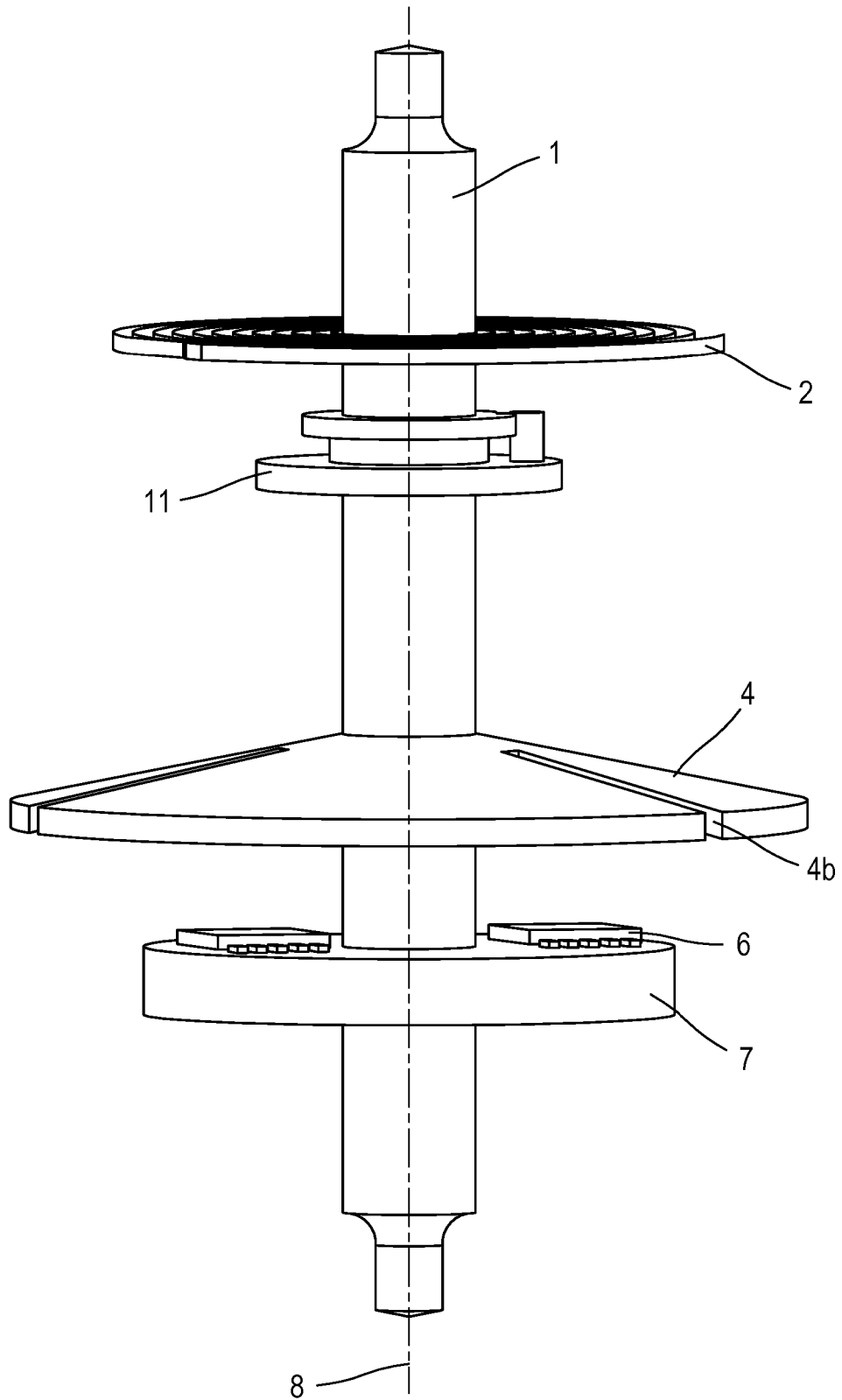


FIG. 5

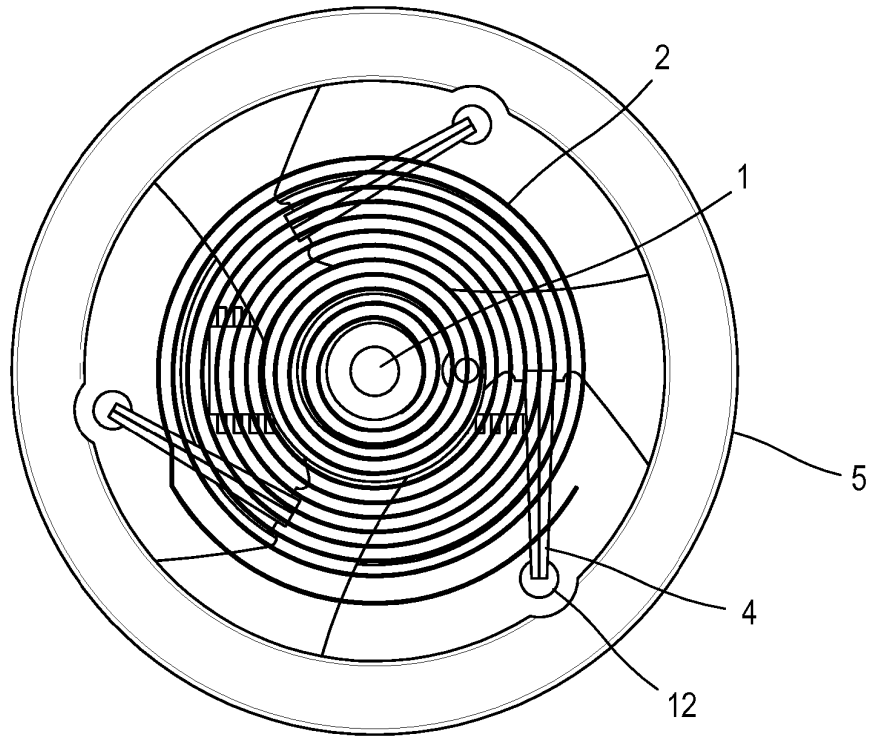


FIG. 6

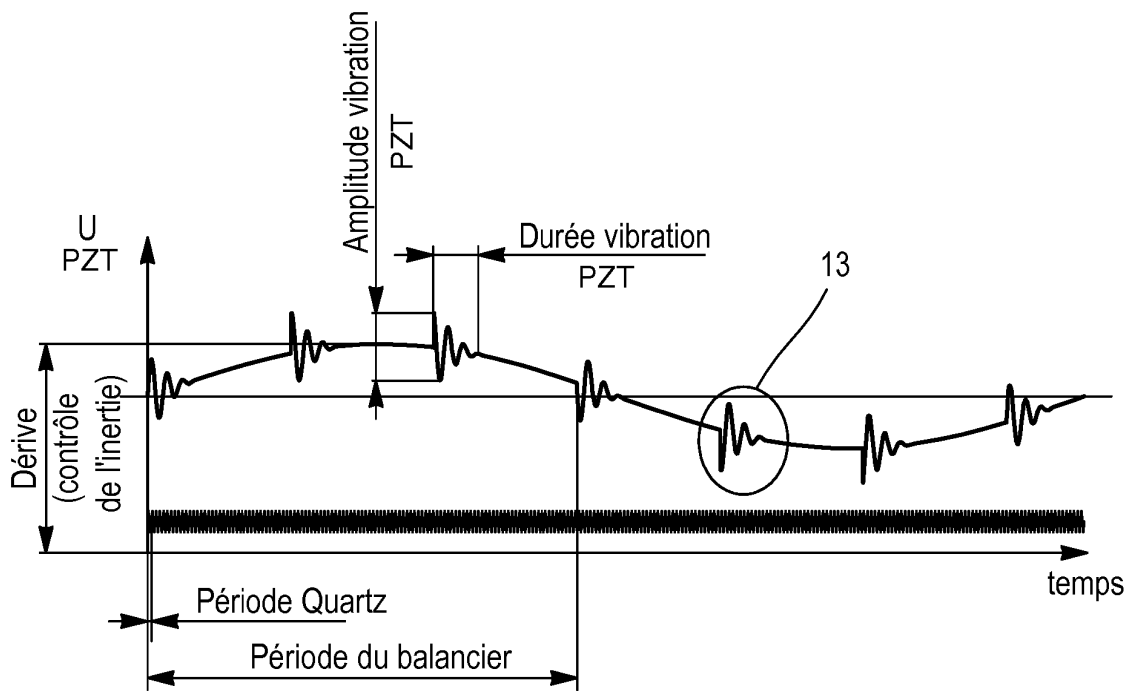
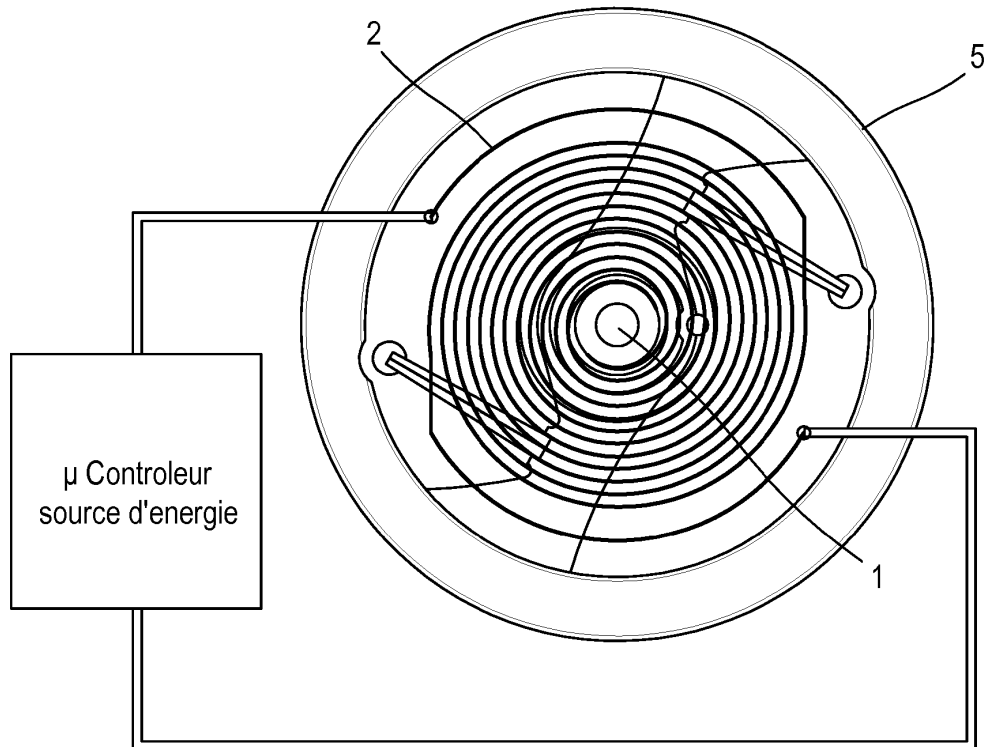
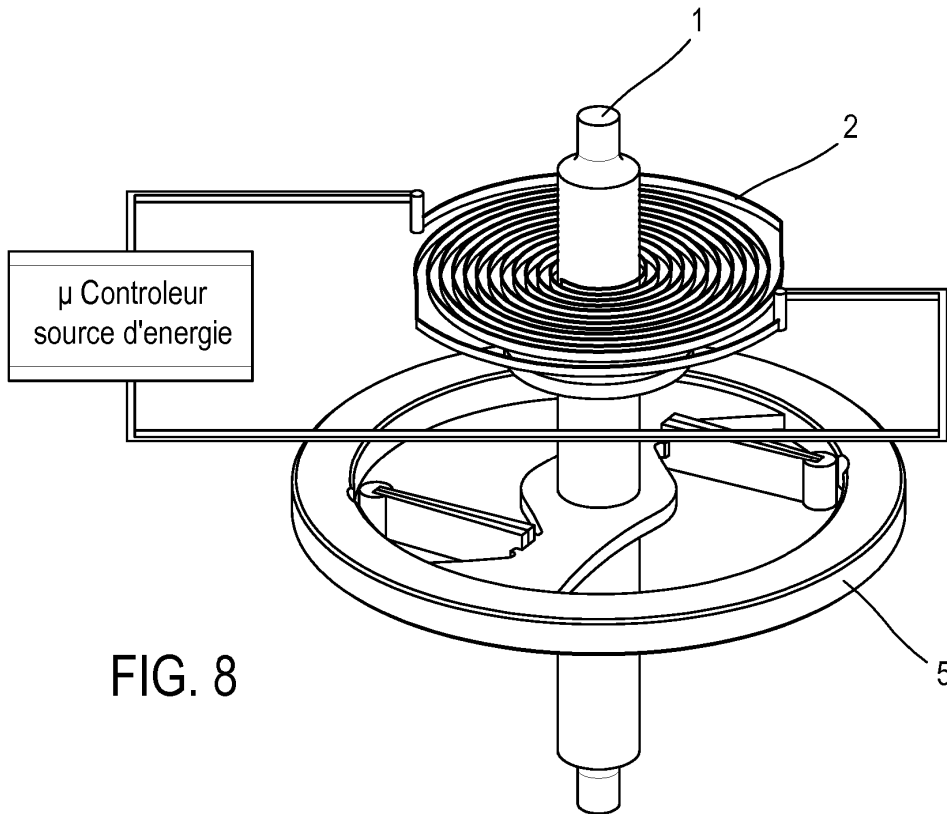


FIG. 7



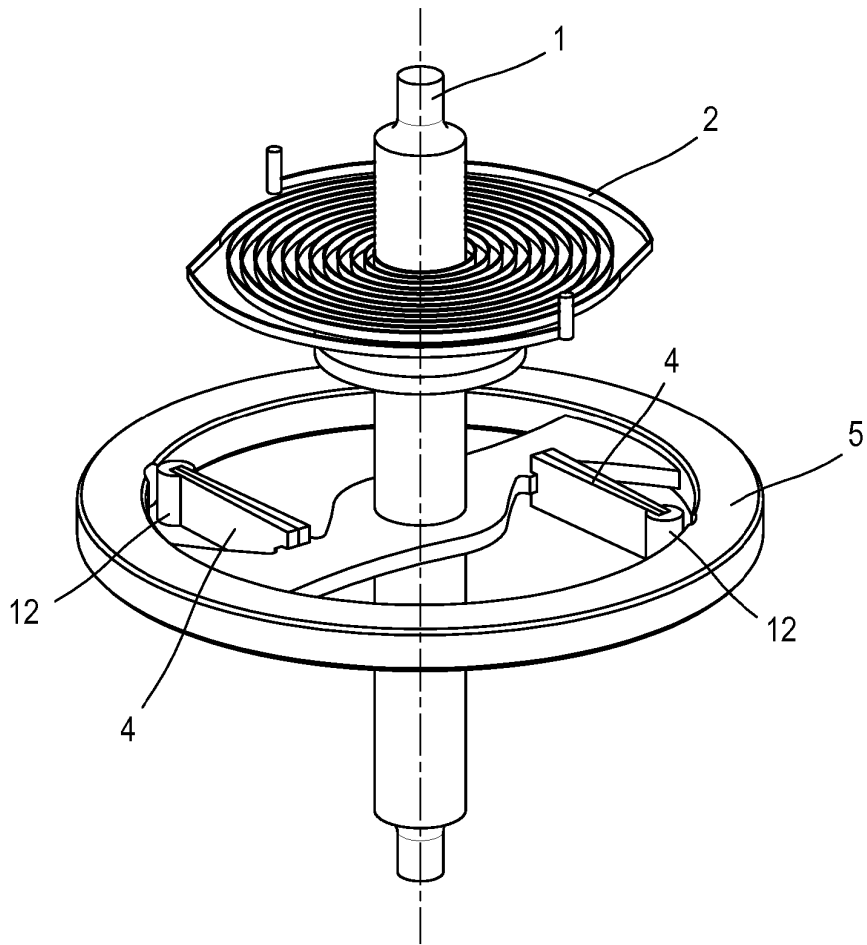


FIG. 10

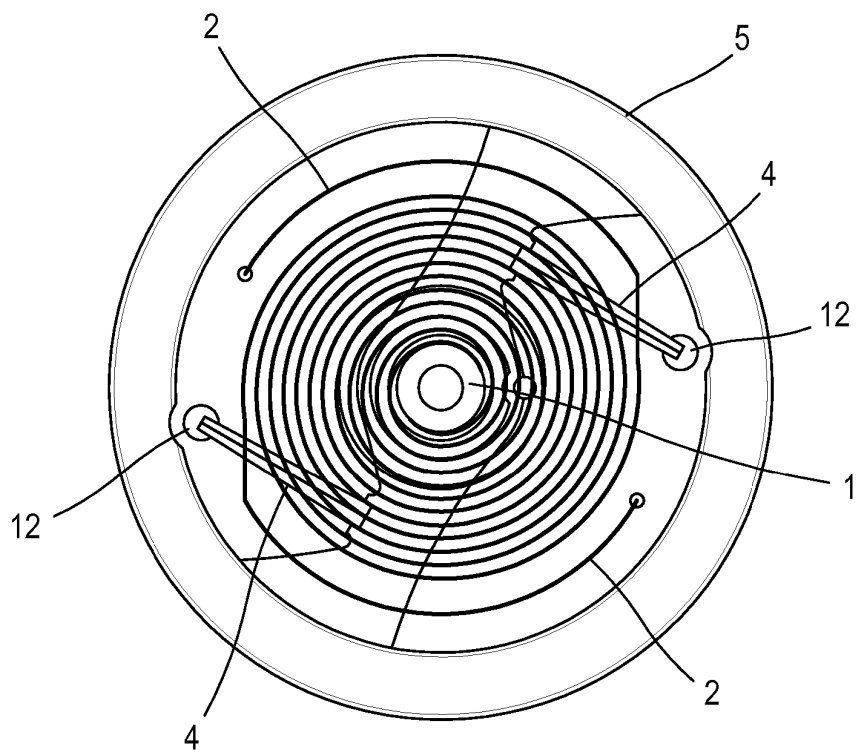
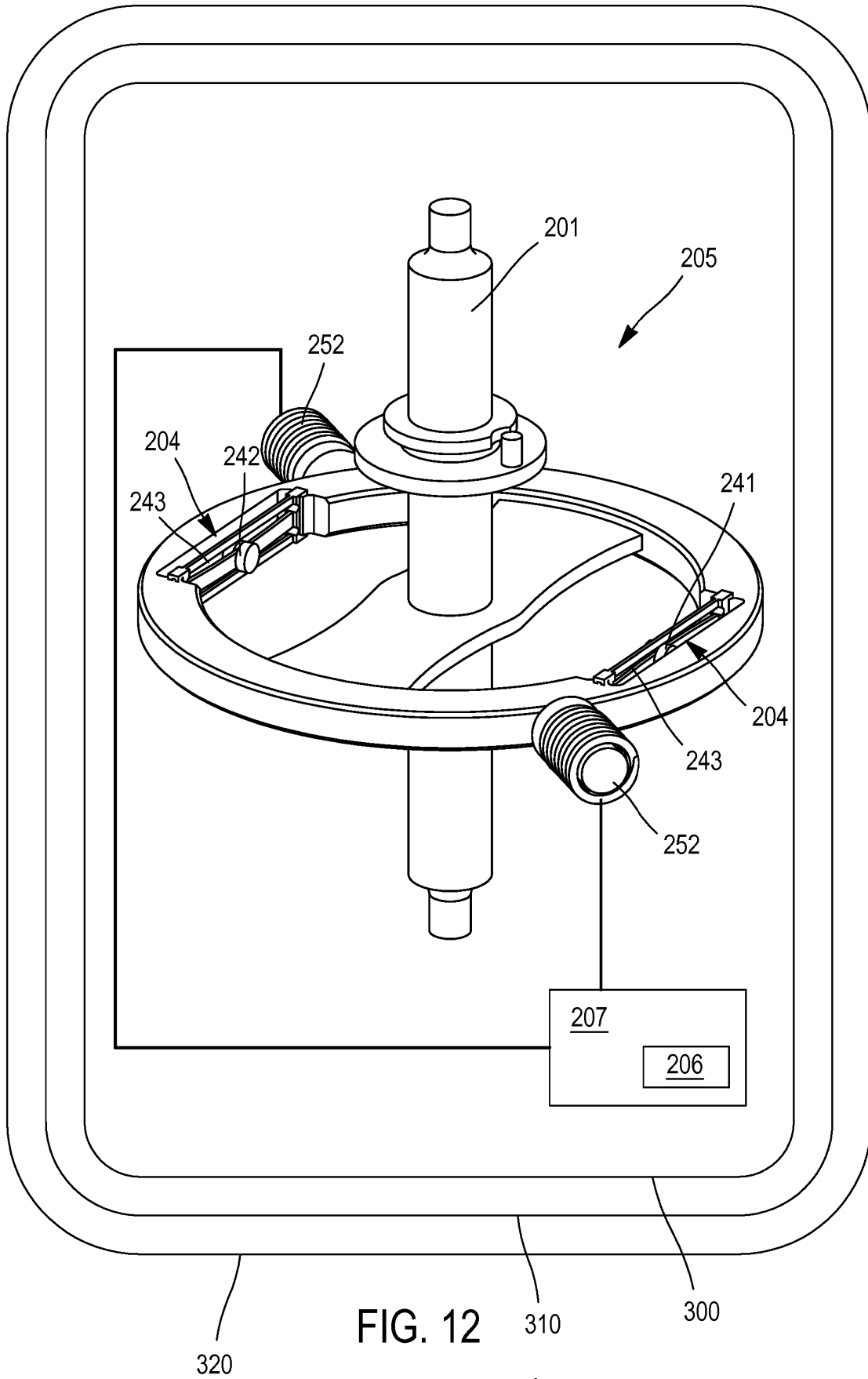


FIG. 11



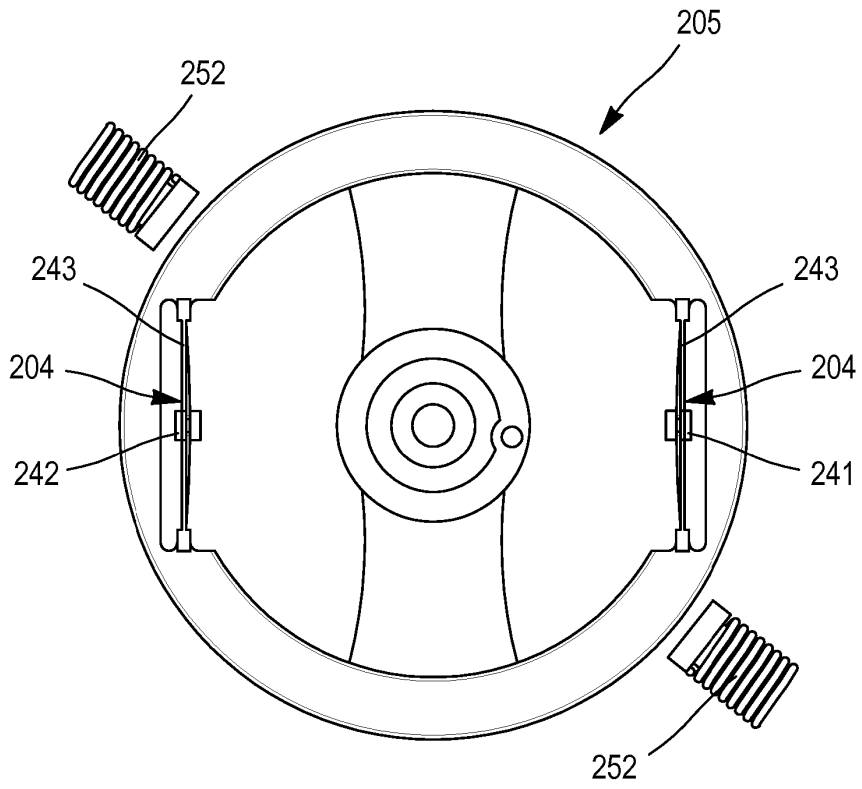


FIG. 13

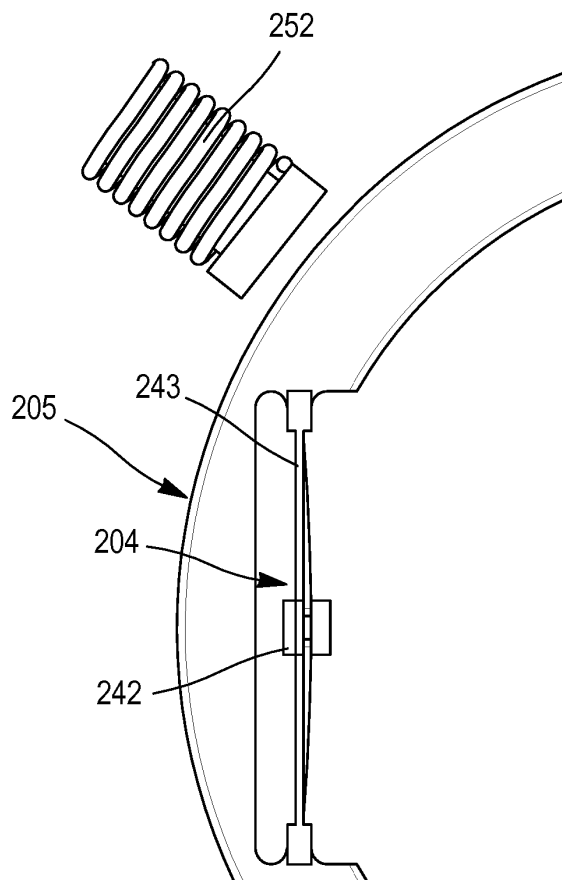


FIG. 14

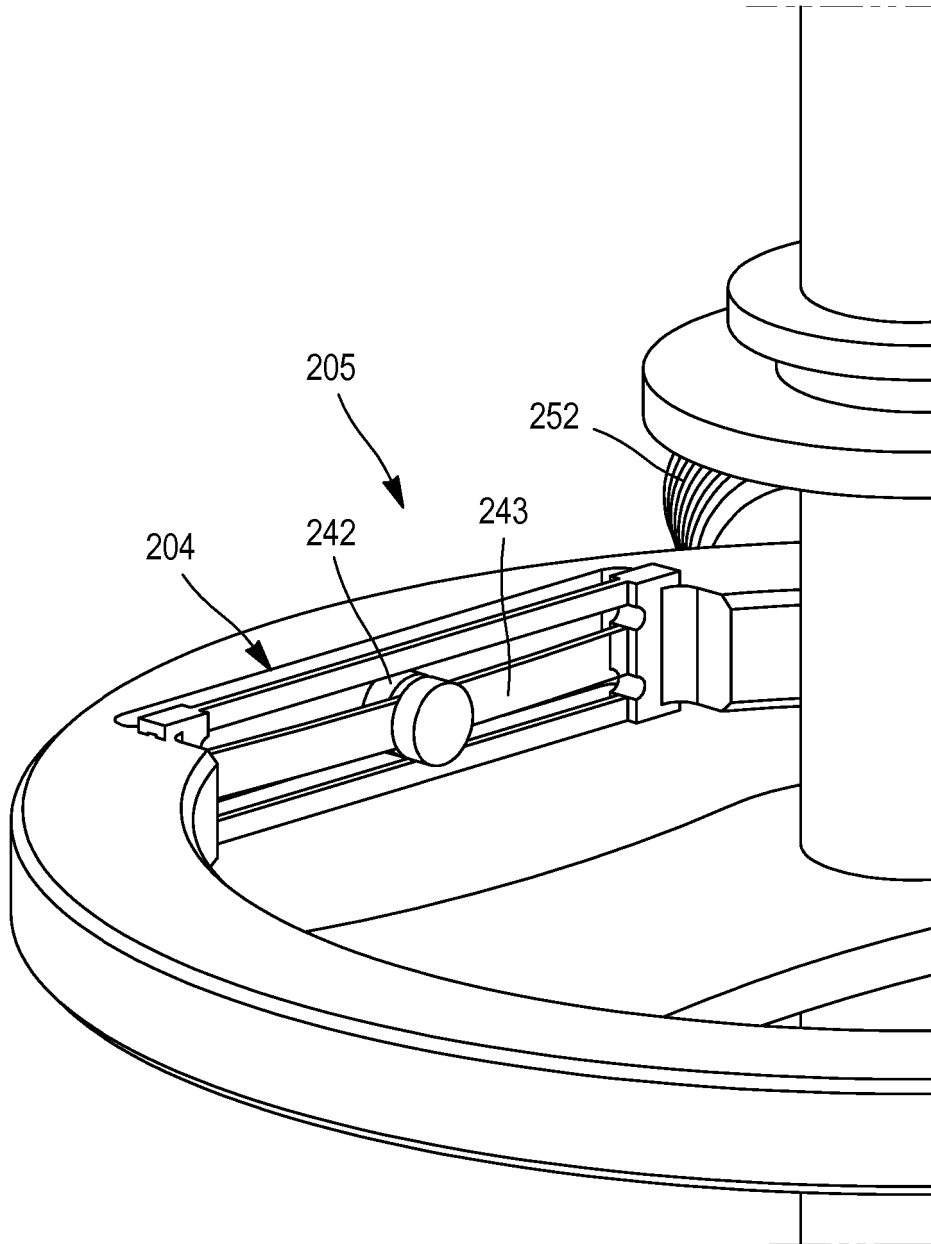


FIG. 15

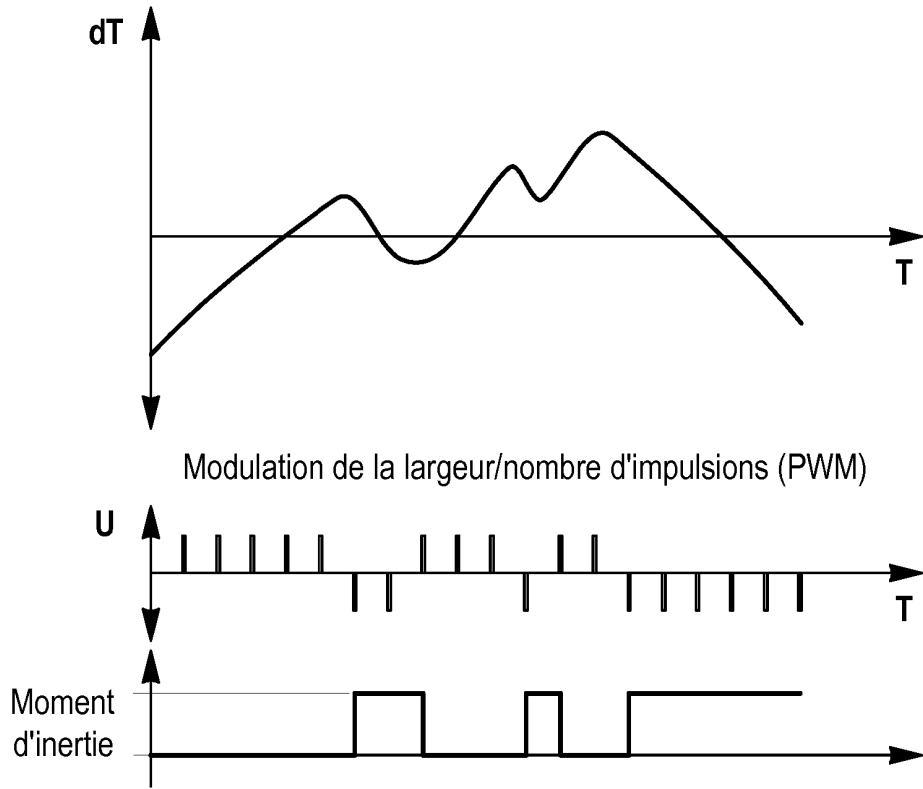


FIG. 16

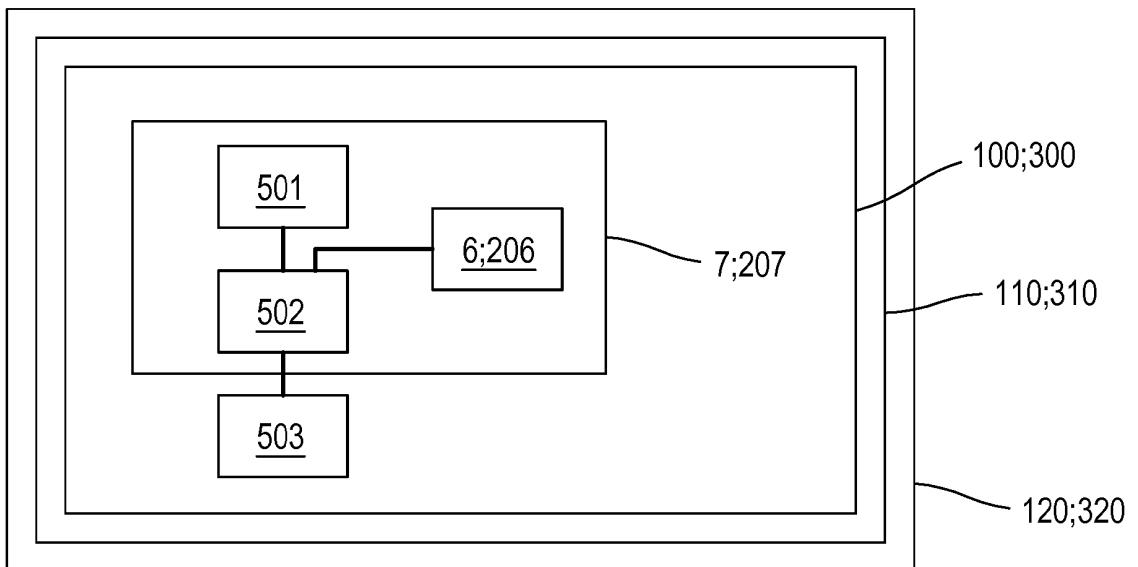


FIG. 17

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 3338048 A [0003]
- WO 2008029158 A [0004]