

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **704 649 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B** **17/04** (2006.01)
G04B **17/20** (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00512/11

(22) Date de dépôt: 23.03.2011

(43) Demande publiée: 28.09.2012

(24) Brevet délivré: 15.04.2019

(45) Fascicule du brevet publié: 15.04.2019

(73) Titulaire(s):
LVMH Swiss Manufactures SA, Rue L.-J. Chevrolet 6a
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

(72) Inventeur(s):
Guy Sémon, 2000 Neuchâtel (CH)

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

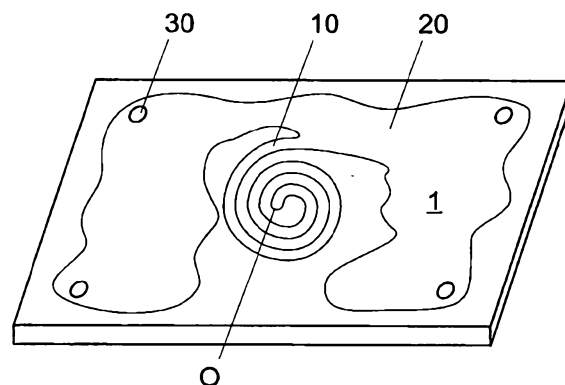
(54) **Élément oscillant pour organe réglant horloger.**

(57) L'invention concerne un élément oscillant pour organe réglant horloger comprenant

- une première zone (10) dont les oscillations déterminent la marche dudit organe réglant,
- une deuxième zone (20) distincte de la première zone (10), ladite deuxième zone (20) étant liée à la première zone et ayant un volume plus grand que le volume de la première zone caractérisé en ce que ladite deuxième zone (20) a une forme agencée pour compenser les déformations de la première zone (10) causées par la température, par des variations de température, par des champs magnétiques ou par la gravité afin d'améliorer l'isochronisme dudit organe réglant horloger,

et en ce que un substrat commun en forme de plaque comprend ladite première zone (10) et ladite deuxième zone (20).

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un tel élément oscillant (1).



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un élément oscillant pour organe réglant horloger, par exemple un ressort spiral, dont les oscillations déterminent la marche du mouvement, ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel élément oscillant.

Etat de la technique

[0002] L'organe réglant des montres mécaniques est habituellement composé d'un balancier, qui est un volant d'inertie, sur l'axe duquel est fixé un ressort en spirale appelé spiral ou ressort spiral. La fixation du spiral à l'axe du balancier se fait par l'intermédiaire d'une virole, à laquelle le spiral peut être goupillé, soudé, collé, etc. L'autre extrémité du spiral est fixée à la platine ou à un pont par l'intermédiaire d'un piton, dans lequel le spiral est goupillé ou collé au coq soit directement soit par l'intermédiaire d'un porte-piton mobile.

[0003] Entre la virole dont la position est fixe puisque liée à l'axe du balancier qui ne peut que tourner sur lui-même et le piton qui est lié à la platine, le spiral peut se déformer en fonction de la température, de la gravité, etc. ce qui nuit à l'isochronisme. Même en l'absence de perturbations, le centre de masse du spiral se déplace à chaque oscillation par rapport à son centre de rotation, résultant en une oscillation non parfaitement isochrone.

[0004] En effet on cherche à obtenir des oscillations du spiral les plus isochrones possible, c'est-à-dire des oscillations qui se produisent à des intervalles de temps égaux, de façon indépendante de leur amplitude, quelles que soient les variations ou les valeurs absolues de température, de la force de gravité, du champ magnétique, etc.

[0005] Dans l'état de la technique il est connu de réaliser les spiraux en invar, un alliage de Fer et de Nickel peu sensible au magnétisme et ayant un très faible coefficient de dilatation. Cependant, puisque sa dureté est faible et son coefficient thermique mauvais, il est nécessaire d'ajouter différents additifs à l'invar. En plus, puisque son module de Young, ou module d'élasticité, n'est pas optimale pour un spiral, les spiraux en invar sont plus grands que ceux réalisés dans un autre matériau, par exemple en acier,

[0006] Philips à la fin du XIX siècle a étudié des courbes terminales du spiral, ou courbes Philips, qui permettent au centre de gravité du spiral de se trouver au centre du spiral, c'est-à-dire sur l'axe du balancier, tout au long de l'oscillation. Selon l'application, une courbe de Philips particulière doit être choisie parmi les différentes courbes de Philips existantes, chaque courbe étant désignée par un numéro. Cette solution ne permet cependant pas de compenser des déformations du spiral liées par exemple à des variations de température. En outre elle permet seulement une correction moyenne de la déformation du spiral, sans donner la possibilité d'une correction ou réglage fin.

[0007] Le document US 2008 117 721 décrit un système oscillant dont l'extrémité extérieure du ressort spiral est fixée à un élément de retenue dont la position peut être ajustée dans un guide radial fixe par exemple à l'aide de vis, afin de compenser les erreurs d'isochronisme. Le réglage de la position de l'élément de retenue, et donc du piton, implique à l'utilisateur d'ouvrir la montre. Il est donc effectué une fois pour toute, et ne peut pas être modifié facilement en fonction de variations rapides de la température ou de l'inclinaison de la montre.

[0008] Le document EP 1 422 436 décrit un ressort spiral de balancier découpé dans une plaque de silicium monocristallin dont les spires ont une largeur et une épaisseur dimensionnées de manière à minimiser la dérive thermique de l'ensemble. Il est revêtu d'une couche d'oxyde de silicium amorphe. La présence du silicium et de son oxyde dont les coefficients de température sont de signe opposé permet de réduire les déformations du spiral causées par des variations de température, mais pas d'autres déformations, par exemple celles causées par une variation de l'inclinaison et de l'action de la gravité. Par ailleurs, la compensation des dilatations est seulement possible dans une plage de température limitée.

[0009] Le document EP 2 184 652 décrit un spiral à élévation de courbe comportant un ressort spiral en silicium ayant une courbe terminale et un dispositif d'élévation entre la spire externe du ressort spiral et la courbe terminale afin d'améliorer la concentricité de développement du spiral. Le spiral comporte au moins une partie en oxyde de silicium afin de le rendre plus résistant mécaniquement et d'ajuster son coefficient thermoélastique. Le dispositif d'élévation rend la spire externe du spiral solidaire de la courbe terminale. Cet arrangement permet avant tout de compenser les déformations du spiral causées par des variations de température, mais pas celles dues à d'autres facteurs. En outre le dispositif d'élévation de cette solution rend le spiral encombrant.

[0010] Le document CH 699 494 décrit un oscillateur mécanique présentant un coefficient thermoélastique optimisé comportant un ressort spiral constitué d'une âme en silicium monocristallin et d'au moins un revêtement périphérique à base d'un matériau présentant un coefficient thermoélastique différent de celui du silicium, le silicium monocristallin étant orienté selon l'axe cristallographique {1,1,1} pour optimiser le coefficient thermique de l'oscillateur mécanique dans son ensemble. Cette solution ne permet que de compenser des déformations du spiral causées par des variations de température dans une plage de variation réduite.

[0011] Le document EP 1 612 627 concerne un spiral auto-compensateur bi-matière. L'utilisation de deux matériaux rend le procédé de fabrication du spiral plus complexe.

[0012] Le document EP 1 791 039 décrit un ressort spiral de balancier fabriqué à partir d'une plaque de verre photo-structurable et présentant des zones soumises à une illumination UV afin d'être plus facilement et sélectivement éliminées par attaque chimique. Puisque le verre n'a pas des bonnes propriétés mécaniques pour un spiral, ces propriétés peuvent être améliorées en jouant sur la forme des masques et/ou leur nombre, ce qui rend cependant le procédé de fabrication complexe et coûteux.

[0013] Le document EP 1 519 250 décrit un résonateur balancier-spiral thermo-compensé grâce à la découpe et la structuration selon des orientations déterminées par rapport aux axes cristallographiques d'un cristal de quartz. Le résonateur doit donc être réalisé dans un matériau cristallin ayant des axes cristallographiques, ce qui limite le choix du matériau à utiliser pour le résonateur.

[0014] Il existe donc un besoin pour un élément oscillant pour organe réglant horloger, par exemple un ressort spiral oscillant, qui permette d'éviter au moins une des limitations de l'état de la technique mentionnées.

Bref résumé de l'invention

[0015] Un but de la présente invention est de proposer un élément oscillant pour organe réglant exempt des limitations des éléments oscillants connus.

[0016] Un autre but de l'invention est de proposer un élément oscillant pour organe réglant qui permette de compenser les déformations de l'élément causées par des variations de température, par l'influence variable de la gravité selon l'inclinaison par exemple, ou dues aux oscillations de l'élément, ceci afin d'améliorer l'isochronisme de l'organe réglant.

[0017] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen d'un élément oscillant pour organe réglant horloger selon la revendication 1 et au moyen de fabrication d'un élément oscillant pour organe réglant horloger selon la revendication 10.

[0018] Dans ce contexte l'expression «élément oscillant» indique un élément apte à osciller de façon à régler la marche du mouvement. L'élément oscillant possède des caractéristiques physiques telles que, par exemple, une masse, un coefficient de dilatation, un module de Young ou module d'élasticité, un coefficient de Poisson afin de caractériser la contraction de la matière perpendiculairement à la direction de l'effort appliqué, etc. Il possède aussi des caractéristiques géométriques, notamment une forme en fonction $f(\theta, r)$ qui représente une courbe mathématique paramétrée en fonction d'un angle θ et d'un rayon r , f appartenant de préférence appartenant à la famille des courbes cycloïdes avec des propriétés isochroniques, c'est-à-dire avec des oscillations qui se produisent à des intervalles de temps égaux, de façon indépendante de leur amplitude. Un élément oscillant produit donc en combinaison avec le balancier une modulation (ou réponse) caractéristique en fréquence et en amplitude, qui peut être représentée avec une fonction périodique.

[0019] Dans une variante préférentielle l'élément oscillant est un ressort spiral. Dans une autre variante l'élément oscillant est un pendule, par exemple un pendule de Foucault, ou tout autre élément oscillant, rectiligne ou non, avec des propriétés isochrones.

[0020] L'élément oscillant pour organe réglant horloger selon l'invention comprend

- une première zone dont les oscillations déterminent la marche dudit organe réglant,
- une deuxième zone liée à la première zone et ayant un volume plus grand que le volume de la première zone caractérisé en ce que

ladite deuxième zone a une forme agencée pour compenser les déformations de la première zone afin de garantir ledit isochronisme.

[0021] La deuxième zone a un volume plus grand que le volume de la première zone: en effet un volume plus grand permet de stocker d'avantage d'énergie mécanique, ce qui permet de compenser plus efficacement les déformations de la première zone.

[0022] La forme de la deuxième zone est avantageusement calculée de façon numérique (par exemple à l'aide de calcul par éléments finis ou de méthodes mathématiques numériques de résolution d'équation) sous la contrainte que l'isochronisme de l'organe réglant soit garanti.

[0023] La deuxième zone agit donc comme un filtre, par exemple un filtre passe-bande, pour amortir les oscillations transmises depuis la première zone à la platine du mouvement. Le filtrage est choisi de manière à améliorer l'isochronisme de la montre.

[0024] Dans une variante, la première zone est en forme de ressort spiral. D'autres formes d'éléments oscillants, par exemple des éléments oscillants en forme de poutre, de pendule oscillant, d'élément non parallélipédique, etc., peuvent être choisies pour la première zone.

[0025] La première zone et la deuxième zone sont avantageusement formées par découpe à partir d'un substrat commun. La première zone et la deuxième zone sont alors avantageusement réalisées dans le(s) même(s) matériau(s). Le substrat évidé peut être réalisé en un seul matériau, par exemple en silicium ou dans n'importe quel matériau déformable dans l'espace et que l'homme du métier juge approprié pour cette application. Dans une autre variante le substrat comprend deux ou plusieurs couches de matériaux différents. Dans une autre variante, le substrat est creux.

[0026] Dans une variante préférentielle le substrat est planaire, de façon à ce que la première et la deuxième zone appartiennent au même plan. Dans une autre variante le substrat n'est pas planaire et la première et la deuxième zone appartiennent à des plans différents. Cette dernière variante est plus encombrante que la première, mais permet d'augmenter les degrés de liberté pour définir la forme de la deuxième zone.

[0027] Un substrat multicouche, avec des couches formées dans plusieurs matériaux ou dans un même matériau mais avec une structure cristalline différente, peut aussi être employé. L'usage de plusieurs couches permet d'optimiser la fonction de filtrage. Par exemple, une des couches peut être amorphe et l'autre cristalline.

[0028] Dans une autre variante l'évidement dans un substrat commun est réalisé par des techniques photo-lithographiques.

[0029] Dans une variante la deuxième zone comprend un ou plusieurs trous de positionnement et/ou de fixation pour la fixer à la platine de la pièce d'horlogerie à laquelle appartient l'organe réglant. Une ou plusieurs goupilles et/ou une ou plusieurs vis coopèrent avec ce ou ces trous pour le positionnement et/ou la fixation.

[0030] Avantageusement, dans le cas où l'élément oscillant est un ressort spiral, la présence d'un piton pour fixer le spiral au coq et donc à la platine n'est plus nécessaire; la fixation à la platine est garantie par le(s) trou(s) de la deuxième zone coopérant avec une ou plusieurs goupilles et/ou une ou plusieurs vis. En d'autres termes, la fonction du piton dans le contexte de l'invention est réalisée par la deuxième zone de l'élément oscillant.

[0031] La deuxième zone est arrangée pour compenser les déformations indésirables de la première zone causées par des facteurs externes, telles que les variations de température, de champ magnétique, ou l'influence de la gravité, ou encore les oscillations propres de l'élément oscillant. Selon l'invention en effet les déformations calculées de la deuxième zone compensent les déformations indésirables de la première zone. Dans le cas où l'élément oscillant est un ressort spiral, la deuxième zone est aussi agencée pour contrôler la position de la virole du ressort spiral, c'est-à-dire que les déformations de la deuxième zone dues à la température ou à la gravité produisent un déplacement du point externe du ressort spiral qui est optimisé de façon à compenser les déformations indésirables de ressort spiral.

[0032] Dans un mode de réalisation, la première zone est un élément oscillant rattaché à une platine par l'intermédiaire de la deuxième zone. La première zone peut être un spiral monté sur un axe et la deuxième zone une zone qui permet de relier une extrémité, par exemple l'extrémité externe, de ce spiral ou d'un autre élément oscillant, à un point fixe du mouvement.

[0033] La deuxième zone permet donc de contrôler et de corriger dynamiquement les oscillations de la première zone sur lesquelles elle agit par le point de liaison entre ces deux zones, par exemple par l'extrémité externe d'une première zone conformée en spiral.

[0034] La deuxième zone peut avoir une forme complexe, comportant par exemple de nombreuses branches d'épaisseurs variées, reliées par des bifurcations etc.

[0035] Selon une variante, le procédé de fabrication d'un élément oscillant pour organe réglant horloger comprend une étape de calcul mathématique qui permet de calculer une forme optimale d'une deuxième zone de l'élément oscillant pour organe réglant, cette deuxième zone étant liée à une première zone oscillante, les oscillations de cette première zone déterminant l'isochronisme de l'organe réglant, cette deuxième zone ayant un volume plus grand que le volume de la première zone, le procédé comprenant l'étape suivante:

– définition de ladite forme afin de compenser les déformations dudit élément afin de garantir ledit isochronisme.

[0036] Avantageusement le calcul mathématique est un calcul par éléments finis. Un calcul impliquant la résolution d'équations différentielles définissant la topologie de l'élément oscillant peut aussi être employé.

[0037] La plaque est avantageusement modélisée comme une somme d'éléments simples (par exemple des poutres, etc.) liés entre eux au travers de liaisons, par exemple de pivots, etc.

[0038] Dans une variante le procédé selon l'invention comprend aussi

– la création d'un vocabulaire de formes géométriques simples

– l'écriture d'une grammaire pour ce vocabulaire.

[0039] Une ou plusieurs équations mathématiques sont résolues avec la contrainte que l'élément oscillant soit isochrone.

[0040] Un ou plusieurs gradients topologiques sont aussi calculés pour optimiser la forme de la deuxième zone.

[0041] Cette solution présente notamment l'avantage par rapport à l'art antérieur de garantir l'isochronisme de l'organe réglant en compensant les déformations indésirables de la première zone causées par des variations de température, gravité ou oscillations dudit élément avec des déformations calculées de la deuxième zone.

Brève description des figures

[0042] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

- La fig. 1 illustre une représentation d'un exemple de liaison pivot d'une forme géométrique simple appartenant au vocabulaire qui peut être défini dans une étape du procédé de calcul mathématique selon l'invention.
- La fig. 2 illustre une représentation d'une combinaison possible de formes géométriques simples qui appartiennent à la deuxième zone de l'élément oscillant selon l'invention, cette combinaison étant liée à la première zone.
- La fig. 3 illustre un mode de réalisation possible de l'organe réglant selon l'invention.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0043] L'élément oscillant pour organe réglant horloger selon l'invention comprend deux zones, une première et une deuxième zone. La première zone constitue un oscillateur mécanique dont les oscillations déterminent la marche du mouvement; des perturbations externes, par exemple dues à la température ou à l'influence de la gravité en fonction de l'inclinaison, ainsi que des déplacements du centre de gravité ou du baricentre, perturbent cependant l'isochronisme de l'oscillateur. La deuxième zone a une forme agencée pour compenser les déformations de la première zone oscillante afin de garantir l'isochronisme de l'organe réglant.

[0044] La forme afin de la deuxième zone est définie lors de la conception à l'aide d'un calcul à éléments finis. La première étape de la définition de cette forme comprend la création d'un vocabulaire de formes géométriques simples, telles que rectangle (poutre), triangle, cercle, etc., chaque forme étant caractérisée par un moment d'inertie différent. Les formes peuvent être définies en deux dimensions dans le cas d'une plaque, ou en trois dimensions si des variations d'épaisseur sont utiles.

[0045] Avantagusement, les dimensions de ces formes de base sont compatibles avec la résolution dimensionnelle désirée de l'élément oscillant, par exemple un ressort spiral.

[0046] Différentes liaisons mécaniques élémentaires sont utilisées pour modéliser les relations entre deux ou plusieurs formes de base liées entre elles par des contacts physiques. Un exemple de liaison mécanique élémentaire est la liaison pivot ou la liaison pivot glissant.

[0047] Chaque liaison mécanique élémentaire peut être représentée par deux torseurs, un torseur cinématique $\mathcal{C}$ et un torseur des contraintes $\mathcal{F}$, chaque torseur étant composé par deux lignes, la première ligne représentant un mouvement en translation et la deuxième un mouvement en rotation, et par trois colonnes, chaque colonne représentant une référence respectivement à l'axe x, y ou z d'un système de référence orthogonal.

[0048] La fig. 1 illustre une représentation d'un exemple de liaison pivot d'une forme géométrique simple M_0 appartenant au vocabulaire défini. La liaison pivot guide en rotation la forme M_0 et ne permet qu'une rotation autour de l'axe de liaison, qui dans l'exemple illustré est l'axe y.

[0049] Le torseur cinématique $\mathcal{C}$ et le torseur des contraintes $\mathcal{F}$ dans l'exemple de la fig. 1 ont la forme suivante

$$\mathcal{C} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_y & 0 \end{vmatrix} \quad \mathcal{F} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_y & 0 \end{vmatrix} \quad (1)$$

qui indique que la forme M_0 peut uniquement tourner autour de l'axe y. Les coefficients c_y et t_y peuvent être normalisés à 1.

[0050] Après la création du vocabulaire de formes géométriques simples, une grammaire est définie pour ce vocabulaire, c'est-à-dire un ensemble de règles qui gèrent les liaisons mécaniques dans une «phrase», c'est-à-dire un ensemble de mots composés par des formes géométriques simples.

[0051] Dans un organe réglant, un ressort spiral peut subir des déformations à cause de la force de gravité, de la température absolue ou des variations de température ou de ses propres oscillations: le ressort spiral se déforme donc cinématiquement et son centre de gravité O' se déplace par rapport à son extrémité interne O.

[0052] Selon une forme de réalisation de l'invention la forme de la deuxième zone 20, visible sur la fig. 3, est calculée en résolvant l'équation suivante:

$$f(O, O') = \text{const}|_t \quad (2)$$

qui impose une distance constante entre le centre de gravité O' et le point d'attache à la virole dans le temps t. La résolution de cette équation permet de définir la forme de la deuxième zone 20.

[0053] En effet, selon une forme de réalisation de l'invention, l'extrémité externe de l'élément oscillant, c'est-à-dire celle destinée à être liée à un piton dans le cas d'un ressort spiral, est liée à la platine fixe par l'intermédiaire de la zone déformable découpée dans un substrat et qui peut être modélisée par une phrase composée par des éléments ou formes M_1 , comme illustré sur la fig. 2. Les formes M_1 , M_2 et M_3 de la fig. 2 forment en effet une phrase et sont liées par des

liaisons mécaniques élémentaires. La forme M_1 est liée directement à la première zone 10 comprenant l'élément oscillant, par exemple un ressort spiral, en correspondance du point P et les trois formes appartiennent à la même surface de la première zone 10 et constituent la deuxième zone.

[0054] En contraignant le point P, par exemple en le forçant à suivre une trajectoire idéale, grâce à la liaison avec la deuxième zone 20, les déformations de la première zone 10 sont compensées par les déformations de la deuxième zone 20 de façon à ce que par exemple des variations de température n'affectent plus la position O du ressort spiral. L'isochronisme de l'organe réglant est ainsi garanti.

[0055] L'équation (2) permet une régulation de la compensation des déformations grâce à l'optimisation des surfaces de la deuxième zone 20 en calculant des gradients topologiques. En d'autres termes la régulation est réalisée par optimisation de surface.

[0056] La fig. 3 illustre un mode de réalisation possible de l'élément oscillant 1 selon l'invention. Il comprend une première zone 10 en forme de ressort spiral, et une deuxième zone 20 liée à la première zone et ayant un volume plus grand que le volume de la première zone 10. La forme de la deuxième zone 20 est calculée afin de garantir l'isochronisme de l'organe réglant.

[0057] Les deux zones 10, 20 sont formées par évidement dans un substrat commun 2, par exemple une plaque.

[0058] La deuxième zone 20 comprend un ou plusieurs trous 30 de positionnement et/ou de fixation qui coopèrent respectivement avec une ou plusieurs goupilles et/ou une ou plusieurs vis pour positionner respectivement fixer la pièce 1 à une platine.

[0059] Le substrat commun 2 peut être réalisé en un seul matériau, par exemple en silicium ou dans n'importe quel matériau déformable dans l'espace et que l'homme du métier juge adapté pour cette application. Dans une autre variante le substrat comprend deux ou plusieurs couches de matériaux différents. Dans une autre variante encore le substrat est creux.

[0060] Dans une variante préférentielle le substrat est planaire, de façon à ce que la première et la deuxième zone appartiennent au même plan. Dans une autre variante le substrat n'est pas planaire et la première et la deuxième zone appartiennent à différents plans. Cette dernière variante est plus encombrante de la première, mais permet d'augmenter les degrés de liberté de la définition de la forme pour la deuxième zone 20.

[0061] L'évidement dans un substrat commun peut être réalisé par des techniques photo-lithographiques.

[0062] Les formes de la zone 2 découpée dans le substrat sont avantageusement optimisées de façon à garantir une régulation efficace de la position du point externe du spiral constituant la zone 1, ainsi qu'une régulation efficace de la position du centre de gravité de ce spiral, de façon à garantir ainsi l'isochronisme. Une régulation efficace signifie que la zone 2 est capable de se déformer rapidement, avec une amplitude de déformation suffisante, et sans dérive dans le temps, en fonction de la température et de la gravité par exemple.

[0063] Le centre de masse du spiral est monté de manière conventionnelle sur un axe sur lequel est également assemblé le balancier de l'organe oscillant. Dans une variante le balancier de l'organe réglant est intégré dans le substrat commun 2.

[0064] L'échappement, qui a pour but de compter les oscillations du balancier, et qui laisse périodiquement échapper une parcelle de l'énergie motrice, par exemple provenant du barillet, pour restituer à l'organe réglant celle que lui font perdre les résistances passives (frottements) en fonctionnant comme organe distributeur d'énergie, peut aussi être intégré dans la plaque. L'échappement peut par exemple être constitué par une portion déformable élastiquement, par exemple en translation. Cette déformation donne droit au balancier de se déplacer en translation et de partir. Quand la portion élastique revient mue par l'énergie élastique emmagasinée, elle repousse le balancier. L'échappement agit ainsi comme un système bistable.

Numéros de référence employés sur les figures

[0065]

1	Elément oscillant
2	Substrat
10	Première zone
20	Deuxième zone
30	Trous
$M_{0,1,2,3}$	Formes géométriques simples

Revendications

1. Élément oscillant pour organe réglant horloger comprenant
 - une première zone (10) dont les oscillations déterminent la marche dudit organe réglant,
 - une deuxième zone (20) distincte de la première zone (10), ladite deuxième zone (20) étant liée à la première zone et ayant un volume plus grand que le volume de la première zone
 caractérisé en ce que
 ladite deuxième zone (20) a une forme agencée pour compenser les déformations de la première zone (10) causées par la température, par des variations de température, par des champs magnétiques ou par la gravité afin d'améliorer l'isochronisme dudit organe réglant horloger,
 et en ce que
 un substrat commun (2) en forme de plaque comprend ladite première zone (10) et ladite deuxième zone (20).
2. Élément oscillant selon la revendication 1, dans lequel ladite première zone constitue un ressort spiral.
3. Élément oscillant selon la revendication 1, dans lequel ladite première zone constitue un pendule.
4. Élément oscillant selon la revendication 2, dans lequel ladite deuxième zone (20) est agencée pour modifier dynamiquement la position de l'extrémité externe dudit ressort spiral.
5. Élément oscillant selon la revendication 2, dans lequel la forme de ladite deuxième zone (20) est définie pour imposer une distance constante entre le centre de gravité et le centre de rotation dudit ressort spiral dans le temps.
6. Élément oscillant selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel ladite deuxième zone (20) comprend un ou plusieurs trous (30) de positionnement et/ou de fixation pour la fixer à une platine.
7. Élément oscillant selon la revendication 1, ledit substrat en forme de plaque comportant:
 - un ressort, constituant ladite première zone;
 - ladite deuxième zone liée à l'extrémité externe de la dite première zone;
 - ledit élément comprenant des moyens de fixation dudit substrat à l'axe d'un balancier d'une part et au mouvement d'autre part.
8. Élément oscillant selon la revendication 7, dans lequel ledit substrat (2) est réalisé en un seul matériau ou en plusieurs couches de matériaux différents.
9. Procédé de fabrication d'un élément oscillant pour organe réglant horloger, comprenant:
 - formation par évidement dans un substrat commun (2) en forme de plaque d'une première zone (10) dont les oscillations déterminent la marche dudit organe réglant, et d'une deuxième zone (20) distincte de la première zone (10), ladite deuxième zone (20) étant liée à la première zone (10) et ayant un volume plus grand que le volume de la première zone (10), ladite deuxième zone (20) ayant une forme agencée afin de compenser les déformations de la première zone (10) causées par la température, par des variations de température, par des champs magnétiques ou par la gravité afin d'améliorer l'isochronisme dudit organe réglant.
10. Procédé selon la revendication 9, comprenant une étape de calcul mathématique d'une forme optimale de la deuxième zone (20), ledit calcul étant un calcul par éléments finis.
11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, comprenant aussi les étapes suivantes
 - création d'un vocabulaire de formes géométriques simples (M_i),
 - définition d'une grammaire pour ledit vocabulaire,
 - création de ladite forme de la deuxième zone en combinant lesdites formes géométriques simples (M_i) en respectant ladite grammaire.
12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, ledit évidement étant réalisé par des techniques photo-lithographiques.

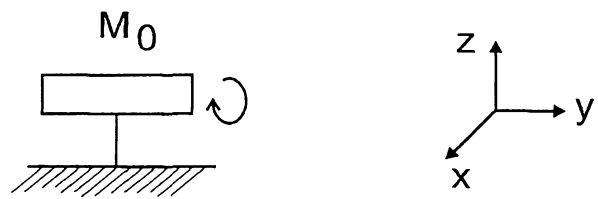


Fig.1

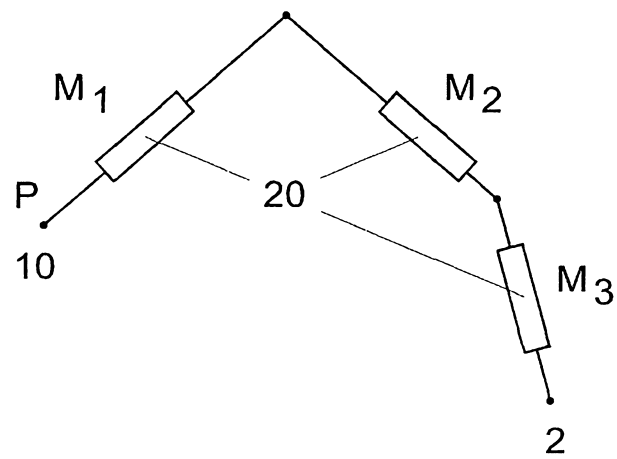


Fig.2

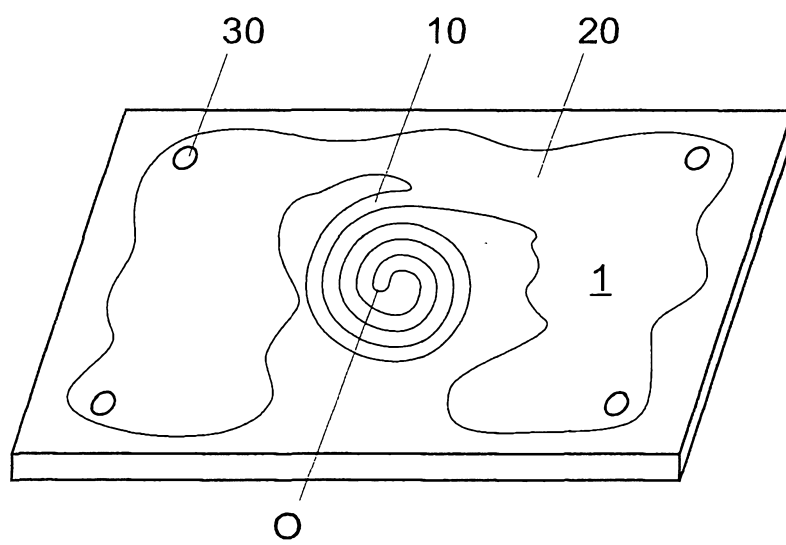


Fig.3