



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **703 581 A2**

(51) Int. Cl.: **G04B** 17/06 (2006.01)
G04F 7/08 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00499/11

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

(22) Date de dépôt: 22.03.2011

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

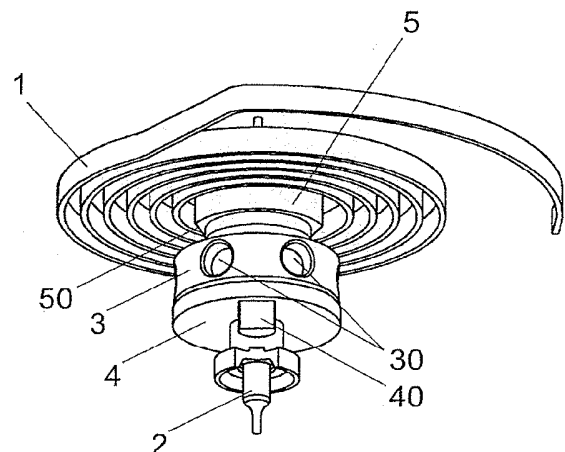
(43) Demande publiée: 13.01.2012

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

(54) **Ressort-spiral pour organe régulateur d'un chronographe mécanique.**

(57) L'invention concerne un ressort-spiral (1) pour organe régulateur d'un chronographe mécanique, caractérisé par une rigidité suffisamment importante pour permettre au ressort-spiral (1) d'osciller avec une fréquence d'oscillation de 500 Hz ou plus lorsque ce ressort-spiral (1) est monté sur un axe (2) de spiral.

L'invention concerne également un chronographe mécanique comportant un tel ressort-spiral.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un ressort-spiral pour organe régulateur d'un chronographe mécanique.

Etat de la technique

[0002] Les montres mécaniques comportent généralement un organe régulateur composé d'un volant d'inertie appelé balancier sur l'axe duquel est fixé un ressort en spirale appelé spiral. Le balancier-spiral oscille autour de sa position d'équilibre à une fréquence qui dépend notamment de la rigidité du spiral et du moment d'inertie du balancier.

[0003] Les balanciers connus sont constitués d'une masse annulaire, la serge, tenue par deux ou trois bras. Compte tenu de l'énergie à disposition, les balanciers ont un grand moment d'inertie pour une faible masse; c'est-à-dire que leur diamètre est aussi grand que le permet le volume à disposition, et que la masse est concentrée en périphérie dans la serge. Ce moment d'inertie peut en outre être modifié pour régler la montre, soit manuellement à l'aide de vis, soit automatiquement dans le cas de balanciers bimétalliques qui se déforment avec la température. Des déformations involontaires du balancier, par exemple suite à des dilatations, ont cependant pour effet de perturber la marche de la montre.

[0004] En d'autres termes le balancier sert comme volant d'inertie et comble le manque d'énergie stockée dans le spiral pendant la déformation. Cependant le balancier est source de nombreuses perturbations, due aux imprécisions de son inertie lors de sa fabrication, aux dilatations, etc.

[0005] Un balancier donné couplé à un spiral donné oscille à une fréquence déterminée. Le nombre d'alternances par unité de temps détermine la résolution temporelle de l'organe régulateur. Par exemple, une montre mécanique affichant les secondes du temps courant doit comporter un organe régulateur effectuant au moins 3600 alternances par heure. En pratique, les organes régulateurs usuels effectuent 28 800 ou parfois 36 000 alternances par heure, ce qui permet de mesurer le temps avec une résolution de 0,125 respectivement de 0,1 seconde.

[0006] En augmentant la fréquence d'oscillation, on améliore la résolution temporelle, ce qui permet de compter des intervalles de temps plus courts. Une résolution temporelle améliorée est surtout utile pour des chronographes, pour lesquels une résolution temporelle du centième de seconde est parfois souhaitée. Une fréquence d'oscillation élevée engendre cependant des pertes énergétiques importantes notamment au niveau de l'échappement, ce qui réduit la réserve de marche de la montre. Pour cette raison, la fréquence d'oscillation choisie est habituellement un compromis entre les exigences de résolution du chronographe et la volonté de maintenir une réserve de marche aussi élevée que possible pour l'affichage du temps courant.

[0007] Les montres chronographes usuelles prélèvent l'énergie nécessaire au fonctionnement du chronographe sur la chaîne cinématique liant le barillet à l'organe régulateur et aux indicateurs de la montre. Par conséquent, la marche de la montre est perturbée lorsque le chronographe est démarré.

[0008] La demande de brevet WO03/065 130 au nom de TAG Heuer SA et dont le contenu est intégré par référence suggère une construction dans laquelle un mouvement de base destiné à l'affichage de l'heure courante est muni d'un premier barillet et d'un premier organe régulateur effectuant 28 800 oscillations par heure, tandis qu'un module chronographe auxiliaire est muni d'un deuxième barillet et d'un deuxième organe régulateur effectuant 360 000 oscillations par heure. Cette construction permet de réaliser une montre chronographe capable de mesurer le temps avec une résolution du centième de seconde, sans affecter la réserve de marche du mouvement de base utilisé pour l'affichage du temps courant. Par ailleurs, les deux chaînes cinématiques étant indépendantes, le démarrage du chronographe n'affecte pas la précision du mouvement de base et la marche de la montre. Cette solution a été mise en œuvre dans le «Calibre 360» de TAG Heuer qui a démontré la faisabilité technique de la solution.

[0009] Les ressort-spiral connus ne seraient pas adaptés à un organe régulateur fonctionnant à 3 600 000 alternances per heure.

Bref résumé de l'invention

[0010] Un but de la présente invention est de proposer un ressort-spiral pour organe régulateur d'un chronographe mécanique efficace et adapté à travailler avec un organe régulateur à 3 600 000 alternances per heure ou plus.

[0011] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen d'un ressort-spiral pour organe régulateur d'un chronographe mécanique comportant les caractéristiques de la revendication principale et d'un chronographe mécanique comportant un tel ressort-spiral.

[0012] Le ressort-spiral pour organe régulateur d'un chronographe mécanique selon l'invention est caractérisé par une rigidité suffisamment importante pour permettre au ressort-spiral d'osciller avec une fréquence d'oscillation est de 500 Hz ou plus lorsque ce ressort spiral est monté sur un axe de spiral. La fréquence d'oscillation dépend aussi du moment d'inertie de l'axe et d'autres éléments comme on le verra plus loin.

[0013] Cette solution présente notamment l'avantage par rapport à l'art antérieur d'être adapté à un organe régulateur fonctionnant à 3 600 000 alternances per heure.

Brève description des figures

[0014] 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 vue en perspective d'un organe régulateur comprenant le ressort-spiral selon l'invention.

La fig. 2 illustre une vue de dessus d'un organe régulateur comprenant le ressort-spiral selon l'invention.

La fig. 3 illustre une vue en perspective de l'axe, du moyeu et du plateau d'un organe régulateur comprenant le ressort-spiral selon l'invention.

La fig. 4 illustre un lanceur.

La fig. 5 illustre une vue de dessus d'une ancre.

La fig. 6 illustre une vue de dessous de l'ancre de la fig. 5.

La fig. 7 illustre une vue tridimensionnelle de l'organe régulateur ainsi que du ressort-spiral selon l'invention, de l'ancre et de la roue d'ancre.

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

[0015] Un mode de réalisation d'organe régulateur selon un mode de réalisation de l'invention est illustré sur les fig. 1 et 2. Cet organe régulateur est en particulier destiné à servir de régulateur pour la fonction chronographe d'un chronographe mécanique; un même mouvement peut comporter deux organes régulateurs sur la même platine, ou sur deux platines distinctes, un des organes régulateurs servant à régler la marche de la montre tandis que l'autre organe régulateur, semblable ou similaire à celui qui est décrit dans cette demande, sert à régler la marche de la fonction chronographe. Un barillet distinct fournit l'énergie nécessaire à chaque organe régulateur, ce qui permet d'éviter les perturbations de la marche de la montre lorsque le chronographe est enclenché.

[0016] La réserve de marche du deuxième barillet, qui indique la durée pouvant encore être chronométrée avant de devoir recharger le deuxième barillet, est de préférence indiquée sur le cadran au moyen d'un indicateur de réserve de marche du chronographe. La réserve de marche du premier barillet chargeant le premier organe régulateur utilisé pour l'affichage du temps courant est avantageusement indiquée séparément sur le cadran au moyen d'un indicateur de réserve de marche de la montre. Les deux barillets peuvent de préférence être chargés simultanément au moyen d'une tige de remontage commune embrayant sur les deux barillets et/ou au moyen d'une masse oscillante commune. Dans une autre variante le premier barillet est remonté automatiquement et le deuxième manuellement. Dans une variante, les deux barillets peuvent être remontés séparément au moyen de deux tiges de remontage et/ou masses oscillantes distinctes. Dans une autre variante, un des barillets (par exemple le barillet de chronographe) est chargé par l'autre barillet remonté manuellement ou automatiquement; l'énergie à disposition se répartit alors entre les deux barillets.

[0017] Le régulateur illustré comporte un spiral 1 monté à l'aide d'une virole 5 sur un axe de spiral 2, L'organe régulateur est dépourvu de balancier. Selon l'exemple, l'organe régulateur du chronographe est dimensionné pour osciller à des fréquences jamais atteintes auparavant, de préférence à une fréquence de 3 600 000 alternances par heure, soit 500 Hz.

[0018] Afin d'atteindre ces fréquences élevées, l'organe régulateur comprend notamment un axe 2, qui est destiné à tourner entre deux paliers non représentés lorsque le spiral 1 se tend et se détend. Un plateau 4 monté sur cet axe porte la cheville de plateau 40 qui collabore avec les cornes 60, 65 et avec le dard 61 d'une ancre 6 représentée sur les fig. 5 et 6, de manière analogue aux échappements à ancre suisse plus conventionnels.

[0019] Le plateau 4 est avantageusement réalisé en silicium ou en céramique ou dans un autre matériau à masse volumique plus réduite que celle de l'axe 2, afin de réduire son moment d'inertie. Il est avantageusement formé de deux disques: le grand plateau 42 et le petit plateau 43, reliés entre eux par un canon 45. Le petit plateau peut comprendre une encoche 430 pour le dard. Un plateau simple, avec un seul disque, peut aussi être employé.

[0020] L'axe 2 porte aussi un moyeu 3 chassé ou collé qui sert à offrir une surface d'appui pour le fouet 72 du lanceur, décrit plus bas en relation avec la fig. 4. L'axe de l'organe régulateur est ainsi accéléré de façon quasi instantanée lorsque le bouton-poussoir 75 est enclenché de manière à communiquer une impulsion au moyeu 3 au travers de la lame 73, de la roue à colonne 74 et du lanceur 7. A l'arrêt du chronographe, la pression du fouet 72 sur le moyeu permet de bloquer le moyeu en maintenant l'organe régulateur du chronographe et de conserver ainsi la position des aiguilles du chronographe.

[0021] Au contraire d'un balancier, le moyeu 3 est dépourvu de rayons; sa masse est donc concentrée près du centre, de façon à réduire son moment d'inertie. Le moyeu 3 est avantageusement réalisé en silicium ou dans un autre matériau à masse volumique plus réduite que celle de l'axe 2, afin de réduire son moment d'inertie. Dans une variante le moyeu est réalisé en titane et/ou en aluminium et/ou dans un alliage contenant au moins un de ces matériaux.

[0022] Des ouvertures borgnes 30 dans un plan perpendiculaire à l'axe 2 permettent d'alléger encore le moyeu 3, Des ouvertures borgnes ou traversantes dans d'autre direction, y compris des trous traversant le moyeu parallèlement à l'axe ou selon n'importe quelle direction, peuvent aussi être utilisées pour alléger le moyeu 3. Il est aussi possible d'alléger le moyeu 3 en le réalisant avec une âme allégée recouverte d'un revêtement plus résistant sur lequel le fouet 72 du lanceur peut donner une impulsion sans déformer le moyeu 3.

[0023] De la même façon, il est aussi possible d'alléger le plateau 4 en y ménageant des ouvertures traversantes ou borgnes, on en lui donnant une forme non circulaire, dans le but de réduire son moment d'inertie.

[0024] L'organe régulateur est dépourvu de balancier; son réglage se fait donc uniquement avec la raquetterie du spiral 1, avantageusement en ajustant la longueur de la portion oscillante du spiral au moyen d'une vis perpendiculaire à la platine et permettant de régler le point de fixation de l'extrémité extérieure du spiral sur la platine ou sur un pont. Ce système permet un réglage très précis de la longueur du spiral, mais d'autres types de réglage connus sont applicables au spiral.

[0025] Le diamètre du moyeu 3 est aussi réduit que possible, toujours dans le but de réduire son moment d'inertie. Dans un mode de réalisation préférentiel, le diamètre du moyeu 3 est compris entre 15 et 10 fois le diamètre maximal de l'axe 2, par exemple entre 5 et 6 fois le diamètre de l'axe 2. Dans l'exemple illustré, le diamètre extérieur du moyeu 3 est identique au diamètre extérieur du plateau 4. Si une surface d'appui pour le lanceur 7 plus grande est requise, on pourra utiliser un moyeu 3 légèrement plus grand que le plateau 4, son diamètre ne dépassant toutefois de préférence pas le double du diamètre maximal du grand plateau 42.

[0026] A la différence d'un organe régulateur comprenant un balancier, qui apporte une énergie potentielle et cinématique sensiblement supérieure que celle de l'axe 2, l'énergie potentielle et cinétique accumulée par le moyeu 3 est inférieure à celle qui est accumulée par l'axe 2 à chaque oscillation, de préférence négligeable par rapport à celle de l'axe 2.

[0027] Le moyeu 3 peut aussi faire partie intégrale de l'axe 2. Dans une variante, le moyeu 3 et le plateau 4 sont intégrés en un seul élément, par exemple réalisé par décolletage, qui porte la cheville de plateau 40 est sur lequel s'appuie le lanceur 7. Dans une autre variante la virole aussi est intégrée en cet élément. Cet élément peut être avantageusement réalisé en titane et/ou en aluminium et/ou dans un alliage contenant au moins un de ces matériaux.

[0028] La virole 5 permet de maintenir l'extrémité interne du spiral 1 sur l'axe 2. Elle est avantageusement réalisée sous la forme d'un disque circulaire dont deux ou plusieurs segments sont tronqués afin de l'alléger et de réduire son moment d'inertie. Une encoche 50 dans le flanc de la virole 5 permet de fixer le spiral. Le diamètre maximal de la virole est de préférence du même ordre de grandeur que le diamètre maximal du plateau et du moyeu. Par exemple, le diamètre du moyeu 3 peut être compris entre 1 et 3 fois le diamètre maximal de la virole 5.

[0029] Le spiral 1 peut être réalisé en métal, de préférence en invar, en silicium, en diamant, en corindon ou dans tout autre matériau approprié. Avantageusement, le spiral est nettement plus raide qu'un spiral conventionnel, et exerce donc un couple de rappel vers la position de repos nettement plus important qu'un spiral classique. La raideur (ou rigidité) du spiral est donnée par la formule suivante, qui définit la rigidité d'un ressort-spiral en fonction du matériel utilisé pour le réaliser:

$$C=M/\#$$

C = constante de rigidité du spiral

M = couple de rappel du spiral,

= angle de torsion.

[0030] Une rigidité élevée nécessaire à une oscillation à 500 Hz peut être obtenue en combinant au moins deux des mesures suivantes:

[0031] - Le nombre de spires est moins élevé que dans les spiraux traditionnels, de manière à réduire la longueur de la partie vibrante. Avantageusement, le spiral comporte moins de 5 spires, par exemple 4,5, de préférence 3 spires ou moins.

[0032] - Le spiral est plus épais que les spiraux conventionnels: par exemple son épaisseur est supérieur à 40 µm, de préférence supérieur à 50 µm, par exemple 55 µm.

[0033] - Il est plus haut que les spiraux conventionnels: par exemple son hauteur est supérieure à 200 µm, de préférence supérieure à 215 µm, par exemple 230 µm.

[0034] - Il peut être réalisé dans un matériau plus rigide, de préférence pas sensible aux variations de température.

[0035] - Des nervures ou une section rectangulaire peuvent être utilisés pour le rigidifier.

[0036] - Un revêtement de surface peut être utilisé pour le rigidifier.

[0037] - La section du spiral peut être non constante le long du spiral pour le rigidifier.

[0038] Le rapport $(e^3 \cdot h/l)$, e étant l'épaisseur du spiral, h son hauteur et l sa longueur, qui définit la rigidité d'un ressort-spiral en fonction des paramètres géométriques et de façon indépendante du matériel utilisé pour le réaliser, est au moins 20 fois supérieur au même rapport d'un spiral conventionnel, de préférence 30 fois. Par exemple la valeur de ce rapport est égale à $5^{-8} \mu\text{m}^2$ pour un ressort à 5 Hz, à $5^{-7} \mu\text{m}^2$ pour un ressort à 50 Hz et à $5^{-6} \mu\text{m}^2$ pour un ressort à 500 Hz.

[0039] Le spiral est avantageusement constitué par une spirale d'Archimède parfaite, ce qui est favorable à l'isochronisme. En raison de sa rigidité et de sa faible longueur, il ne se déforme pratiquement pas sous l'effet de la gravité en sorte que des courbes terminales de Philips peuvent ne pas être ni nécessaires ni même avantageuses. Sa rigidité le rend aussi moins sensible aux perturbations dues à la magnétostriction. Par ailleurs, un ressort rigide a pour effet d'augmenter la fréquence des oscillations et de réduire leur amplitude, ce qui permet de le faire fonctionner dans un domaine d'oscillations réduit favorable à l'isochronisme. Des oscillations d'amplitude réduite apportent en d'autres termes une grande précision à la montre. Puisque les oscillations du spiral sont pratiquement isochrone, l'utilisation d'un revêtement, par exemple en oxyde de silicium, n'est plus nécessaire.

[0040] La raideur du spiral lui donne une efficace stabilité géométrique; le spiral donc ne se déforme presque pas dans différents plans de l'espace. Avantageusement donc ce ressort raide a une majeure stabilité statique et dynamique par rapport aux spiraux conventionnels à 3-5 Hz. La raideur du spiral le rend aussi non auto-démarrant, à la différence des organes régulateurs balancier-ressort conventionnels.

[0041] La fréquence d'oscillation des ensembles spiral-balancier classiques utilisés en horlogerie peut être déterminée à l'aide de la formule connue

$$1) \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{M}{I}}$$

[0042] Cette fréquence est ainsi inversement proportionnelle à la racine carrée du moment d'inertie / du balancier.

[0043] Dans l'état de la technique, le moment d'inertie / des pièces en rotation de l'organe régulateur est déterminé presque exclusivement par la serge, qui constitue en approximation une portion de cylindre creux.

$$2) \quad I = \frac{1}{2} m (R^2 + r^2)$$

[0044] D'où l'on déduit:

$$3) \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{M}{\frac{1}{2} \pi h \rho (R^4 - r^4)}}$$

- f Fréquence d'oscillation [Hz]
- M Couple élastique du spiral [Nm]
- I Moment d'inertie du balancier [kg/m²]
- R Diamètre externe du balancier [m]
- r Diamètre interne du balancier [m]
- h Epaisseur du balancier [m]
- # Masse spécifique du balancier [kg/m³]

[0045] Les équations 2) et 3) ne peuvent cependant pas être appliquées à l'organe régulateur de l'invention, puisque cet organe est dépourvu de balancier. Selon l'invention, l'organe régulateur est donc dimensionné en intégrant dans l'équation 1) ci-dessus un moment d'inertie / calculé en tenant compte d'éléments qui sont traditionnellement négligés dans l'art antérieur, notamment en intégrant dans le calcul du moment d'inertie / les moments d'inertie de l'axe 2, du plateau 4, du moyeu 3 et du spiral 1 lui-même, ce qui nous donne une approximation pour la fréquence d'oscillation.

[0046] Le moment d'inertie du spiral 1 varie cependant au cours de chaque cycle lorsque le spiral se déforme, en sorte que l'application de la formule ci-dessus ne donne qu'une approximation. En pratique, un organe régulateur oscillant à la fréquence souhaitée est obtenu à l'aide de la formule 1) ci-dessus, / étant approximé en additionnant la masse d'inertie de toutes les pièces en rotation. Un ajustement est ensuite obtenu par approximations successives en modifiant au moyen du coq, d'une raquette avec une vis sur le haut, ou d'un autre élément de réglage non représenté la longueur de la portion du spiral 1 qui peut vibrer.

[0047] Des prototypes ont été réalisés avec des organes régulateurs aptes à effectuer 500 oscillations par seconde, ce qui permet de mesurer des durées chronométrées avec une résolution du millième de seconde, il est ainsi possible de réaliser un chrono mécanique à 500 Hz ou au millième de seconde.

[0048] Les fig. 5 et 6 illustrent un mode de réalisation d'une ancre d'échappement 6 pouvant être utilisée avec un tel organe régulateur. Par rapport à un organe régulateur conventionnel, l'organe régulateur de l'invention se caractérise par des vitesses de rotation de l'axe nettement supérieures, par exemple 125 fois plus importantes. L'impulsion fournie par la

dent de la roue d'ancre (non représentée) à l'ancre 6 est donc nettement plus brève, l'énergie transmise étant en revanche plus importante. Il en résulte une accélération beaucoup plus rapide de l'ancre 6: à chaque fois que la roue d'ancre lui transmet une impulsion, l'ancre bascule presque instantanément (en moins d'un millième de seconde) entre une position et la position opposée. La vitesse de rotation des dents de la roue d'ancre est telle que les palettes peuvent être supprimées et ces dents s'appuient directement sur les bras d'entrée et de sortie de l'ancre en projetant les bras d'entrée et de sortie de l'ancre à distance dès qu'elles les heurtent; les bras n'ont pas le temps de glisser sur les dents de la roue d'ancre. En d'autres termes la réponse impulsionnelle de l'ancre est plus vite que celles connues et est du type annulaire.

[0049] Par conséquent, selon une caractéristique indépendante de l'invention, et comme illustré sur les figures 5 et 6, les palettes sont supprimées et un contact annulaire, c'est-à-dire un contact ponctuel sur un arrêt ou réparti suivant un ensemble de points coplanaires et dont les normales de contact concourent, se fait directement entre les dents de la roue d'ancre et les bras 62, 63 de l'ancre. La longueur du contact entre l'ancre et la roue d'ancre est avantageusement inférieure au dixième de millimètre, au lieu d'un millimètre de l'état de la technique. De manière avantageuse, l'extrémité de ces bras a une forme arrondie, par exemple en développante ou en spirale ou en involute, cette forme pouvant être réglée de façon fine en fonction de la fréquence du spiral. Dans une variante les dents de la roue d'ancre ont avantageusement une forme en développante complémentaire, ce qui permet de mieux s'adapter à des fréquences élevées et d'assurer un contact parfaitement ponctuel. Ces formes de bras d'ancre sont avantageuses pour assurer un contact rapide et ponctuel entre l'ancre et la roue d'ancre, sans rebond et quasiment sans glissement, même si, par exemple suite à un choc, l'ancre ou la roue d'ancre ne se trouvent pas exactement à la position prévue lors de l'impulsion. Les bras peuvent être munis d'un revêtement, par exemple un revêtement DLC (Diamond-Like Carbon) pour améliorer leur résistance aux chocs et réduire encore le frottement résiduel (s'il existe) entre les bras et la roue d'ancre.

[0050] Afin de pouvoir se déplacer rapidement, l'ancre 6 est de préférence réalisée dans un matériau plus léger que l'acier, par exemple en silicium. Des trous traversants 64 permettent de l'alléger encore davantage. Le dard 61 est constitué par un pont joignant les deux cornes 60 et 65 mais moins épais que ces cornes et que le reste de l'ancre. L'extrémité du dard 61 opposée au centre de l'ancre est pointue pour coopérer avec la cheville de plateau 40.

[0051] L'organe régulateur illustré sur les figures est avantageusement employé comme organe régulateur indépendant pour un chronographe, afin de régler la marche d'une aiguille de chronographe au centre du mouvement. Par exemple, cet organe régulateur peut entraîner une aiguille au centre du cadran affichant les millièmes de seconde d'une durée chronométrée, et qui parcourt 100 graduations sur la périphérie du cadran en un dixième de seconde. Afin d'éviter tout jeu et toute déperdition d'énergie, l'organe régulateur est de préférence disposé de manière inhabituelle très près du centre du mouvement de montre, ce qui permet d'entraîner l'aiguille au centre directement, ou en tout cas au travers d'une chaîne d'engrenage aussi courte que possible, par exemple une chaîne d'engrenage comportant une seule roue pour inverser le sens de rotation donné par la roue d'ancre. De manière préférentielle, l'axe 2 du spiral se trouve dans un cercle imaginaire coaxial au mouvement et de diamètre inférieur au 50% du diamètre externe maximal du mouvement, de préférence inférieur au 30% du diamètre externe maximal du mouvement, donc très près du centre du mouvement.

[0052] L'aiguille du chronographe ainsi accélérée peut se déformer à la manière d'une canne à pêche lors des accélérations, ce qui nuit à la précision de lecture lors du déplacement. Afin de limiter l'ampleur de ces déformations, l'aiguille est avantageusement nervurée et/ou profilée pour la rendre plus rigide. L'aiguille peut aussi être remplacée par un disque.

[0053] La fig. 4 illustre le mécanisme de lanceur qui permet de démarrer l'organe régulateur du chronographe lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton-poussoir 75, puis de bloquer cet organe régulateur à l'arrêt. Dans le cas d'un organe régulateur selon l'invention, le lanceur comprend un fouet 72 flexible qui s'appuie directement sur le moyeu 3. Dans une variante comportant un balancier, ce mécanisme de lanceur peut comprendre un fouet 72 venant s'appuyer sur le balancier. Le fouet peut comprendre une ou plusieurs parties et est plus flexible que le reste du lanceur, afin précisément de fouetter le moyeu et de le démarrer instantanément. La pression du bouton-poussoir 75 est transmise par la lame 73 à la roue à colonne 74, qui libère brusquement le lanceur 7 qui actionné par le ressort de lanceur 71. L'énergie de ce ressort 71 est transmise au fouet 72, qui impartit une force au moyeu 3 comportant une importante composante tangentielle, de manière à accélérer brusquement le moyeu ou le balancier et l'axe du spiral ce qui permet de lancer quasi instantanément l'oscillateur. Au repos, lorsque l'utilisateur a appuyé sur le bouton-poussoir 75, ou sur un bouton-poussoir additionnel STOP non représenté, le fouet 72 appuie sur le moyeu 3 en exerçant une force radiale importante, dans la position illustrée sur la fig. 4, ce qui bloque instantanément et énergiquement l'axe du moyeu ou du balancier.

[0054] Le bouton-poussoir 75 dans une variante préférentielle permet à l'utilisateur de réaliser les deux fonctions START et STOP. Une autre bouton-poussoir, non représenté, permet la remise à zéro.

[0055] Quand l'utilisateur actionne la fonction STOP, il permet au lanceur de monter sur une des colonnes de la roue à colonne 74. Quand il actionne la fonction START, le ressort du lanceur 71 permet au lanceur 7 de tomber dans l'espace entre deux colonnes de la roue à colonne 74 et au même temps de donner une vitesse au fouet 72 qui permet d'accélérer le moyeu ou le barillet.

[0056] Avantageusement la lame 73 comprend un crochet 730 qui est destiné à coopérer avec la roue à colonne 74. Dans une variante la lame et le crochet constituent une seule pièce qui est assez difficile à usiner mais qui permet une réduction du nombre de pièces. Dans une autre variante le crochet 730 est une pièce distincte de la lame 73 et connectée à elle par exemple à travers une vis, ce qui permet une meilleure facilité d'usinage.

[0057] La fig. 7 illustre une vue tridimensionnelle de l'organe régulateur selon l'invention, du ressort 1, de l'ancre 6 et de la roue d'ancre 8. La raquette 9 coopère avec la vis 90 de réglage fin de la longueur du ressort 1, avec un diapason 10 ainsi qu'avec un pont 12 qui est connecté à la platine du mouvement à travers la vis 14.

[0058] L'organe régulateur de l'invention se distingue aussi des organes régulateurs de l'art antérieur par le bruit produit, qui est différent du bruit de la montre; en raison des fréquences d'oscillations élevées, le tic-tac habituel est remplacé par un bourdonnement à fréquence élevée, avec une harmonique principale à 500 Hz et des harmoniques secondaires aux multiples de 500 Hz. Ce bourdonnement très caractéristique et très perceptible permet à l'utilisateur de détecter à l'oreille que le chronographe est en marche, et d'éviter ainsi une décharge indésirable du barillet de chronographe si le chronographe est démarré par inadvertance ou si on oublie de l'arrêter. Le bruit distinct et caractéristique de l'organe régulateur du chronographe est donc utilisé comme signal indiquant que le chronographe fonctionne. La boîte de montre peut avantageusement comporter des éléments, par exemple des événements ou une cage de résonance, afin d'amplifier ce bruit utile.

[0059] Dans une autre variante le spiral de l'organe régulateur selon l'invention est remplacé par un organe de rappel magnétique.

Numéros de référence employés sur les figures

[0060]

- 1 Ressort-spiral
- 10 Diapason
- 12 Pont
- 14 Vis de fixation du pont à la platine
- 2 Axe du spiral
- 3 Moyeu
- 30 Evidement dans le moyeu
- 4 Plateau
- 40 Cheville de plateau
- 42 Grand plateau
- 43 Petit plateau
- 430 Encoche du petit plateau
- 45 Canon
- 5 Virole
- 50 Encoche de la virole
- 6 Ancre
- 60 Corne d'entrée
- 61 Dard
- 62 1^{er} bras de l'ancre
- 63 2^{ème} bras de l'ancre
- 64 Trous traversant à travers l'ancre
- 65 Corne de sortie
- 7 Lanceur
- 71 Ressort de lanceur
- 72 Fouet

- 73 Lame
- 730 Crochet de la lame
- 74 Roue à colonne
- 75 Bouton-poussoir
- 8 Roue d'ancre
- 9 Raquette
- 90 Vis de réglage fin de la longueur du spîra

Revendications

1. Ressort-spiral (1) pour organe régulateur d'un chronographe mécanique, caractérisé par une rigidité suffisamment importante pour permettre audit ressort-spiral (1) d'osciller avec une fréquence d'oscillation de 500 Hz ou plus lorsque ledit ressort-spiral (1) est monté sur un axe (2) de spiral.
2. Le ressort-spiral selon la revendication 1, ayant un nombre de spires inférieur à cinq, de préférence trois spires ou moins.
3. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 ou 2, comprenant des nervures.
4. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant une section rectangulaire.
5. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant un revêtement de surface pour le rigidifier.
6. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant une section du ressort-spiral (1) non constante le long dudit ressort-spiral (1) pour le rigidifier.
7. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 6, étant constitué par une spirale d'Archimède parfaite.
8. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 7, étant dépourvu des courbes terminales de Philips.
9. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 8, coopérant avec une raquette (9) à travers d'une une vis de réglage fin (90) de la longueur dudit ressort-spiral (1).
10. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 9, étant réalisé en silicium et/ou en invar et/ou diamant et/ou corindon.
11. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 10, ayant une épaisseur (e) supérieure à 40 µm.
12. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 11, ayant une hauteur (h) supérieure à 200 µm.
13. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par un rapport $(e^3 \cdot h)/l$ au moins vingt fois supérieur au même rapport d'un ressort-spiral conventionnel, e étant l'épaisseur dudit ressort-spiral, h étant la hauteur dudit ressort-spiral et l étant la longueur dudit ressort-spiral.
14. Le ressort-spiral selon la revendication 13, ledit rapport $(e^3 \cdot h)/l$ étant supérieur à $5^{-8} \mu\text{m}^2$,
15. Le ressort-spiral selon l'une des revendications 1 à 14, destiné à coopérer avec une virole (5) à travers une encoche (50) dans le flanc de ladite virole (5) qui permet de fixer ledit ressort-spiral (1).
16. Chronographe mécanique comportant un ressort-spiral (1) selon l'une des revendications 1 à 15.

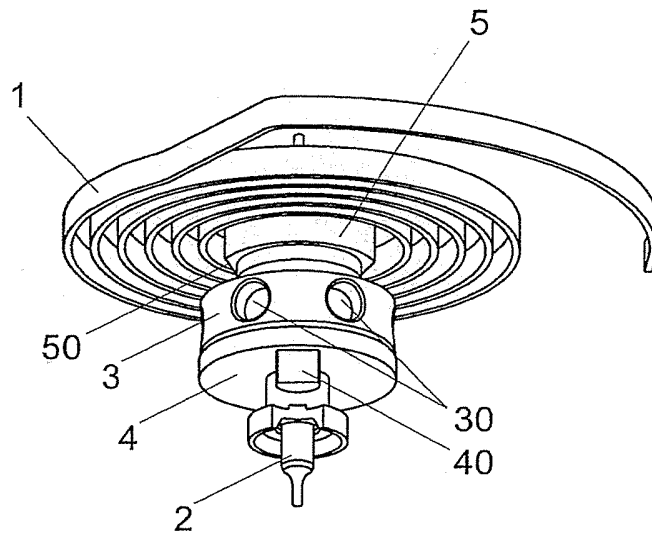


Fig.1

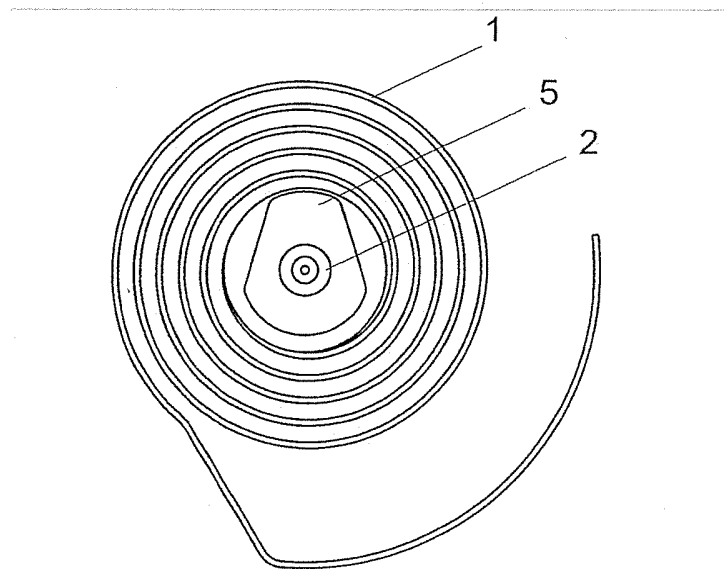


Fig.2

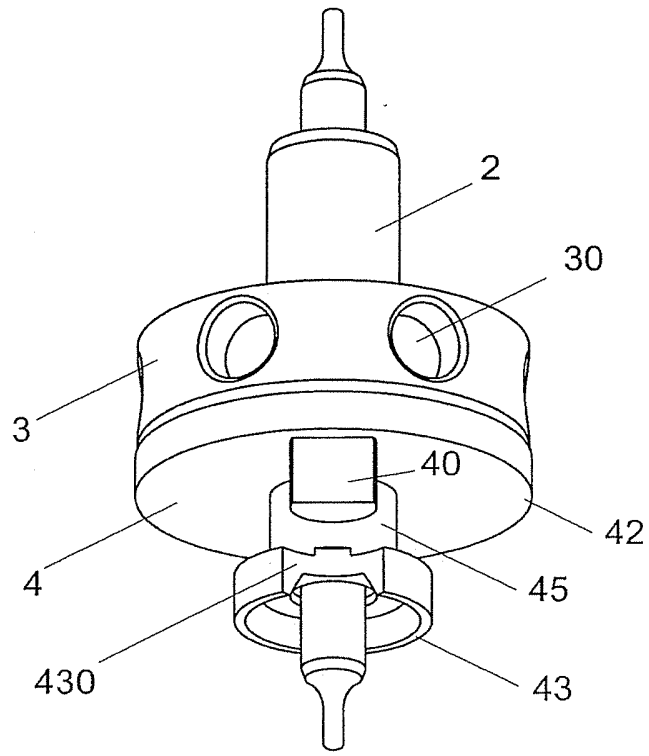


Fig.3

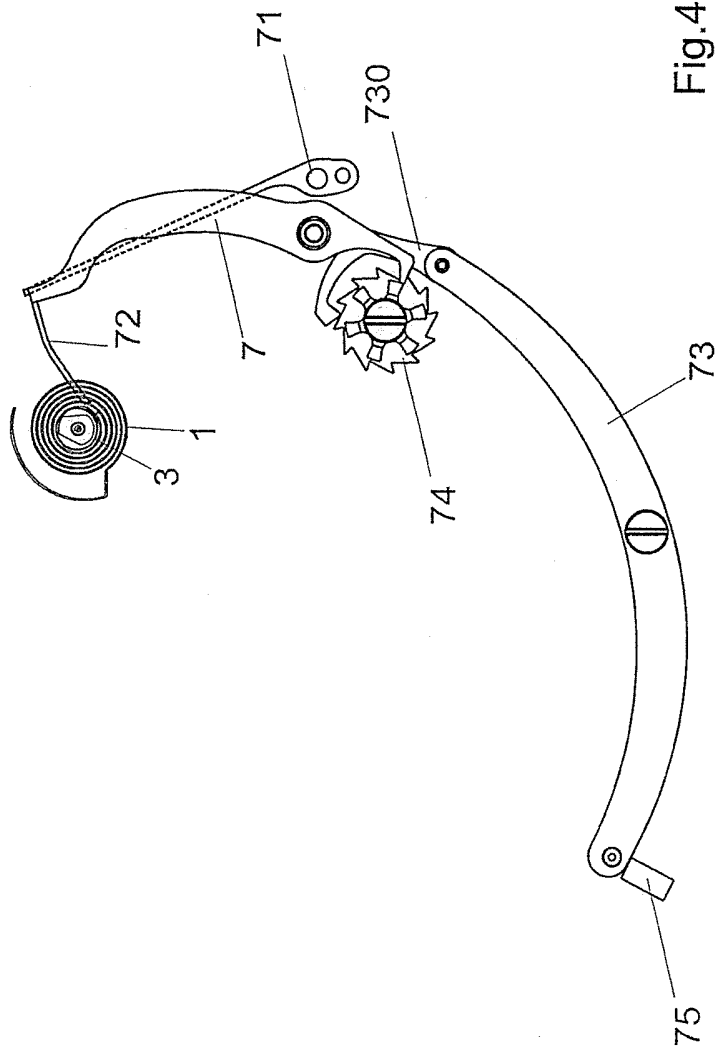


Fig.4

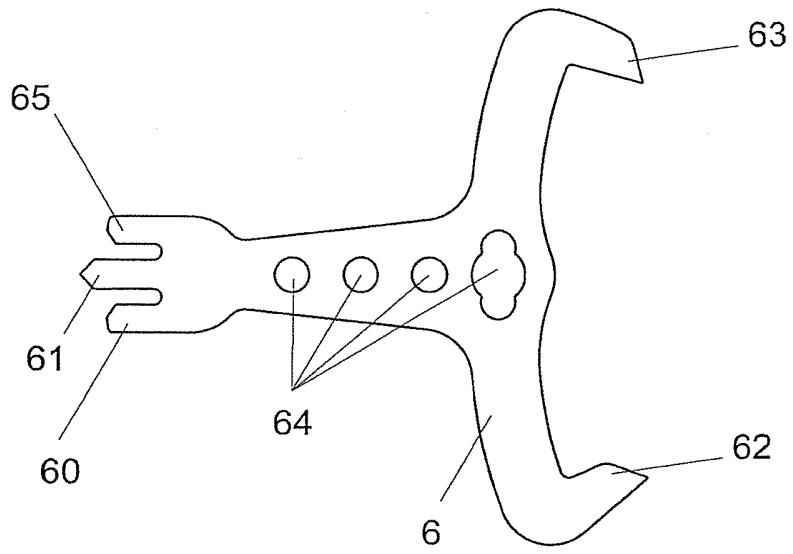


Fig.5

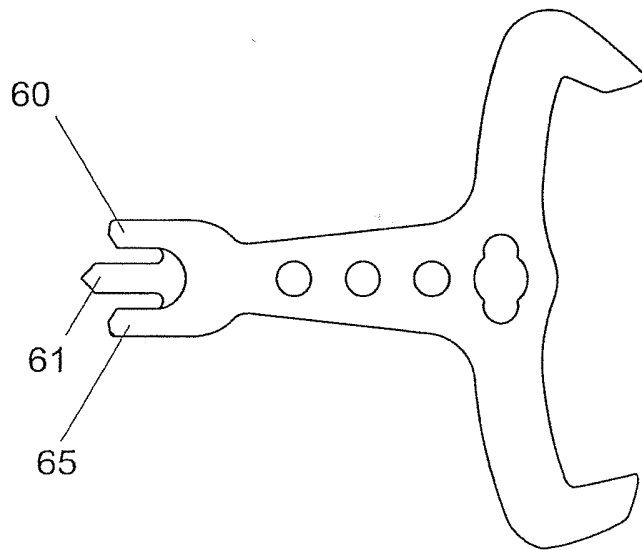


Fig.6

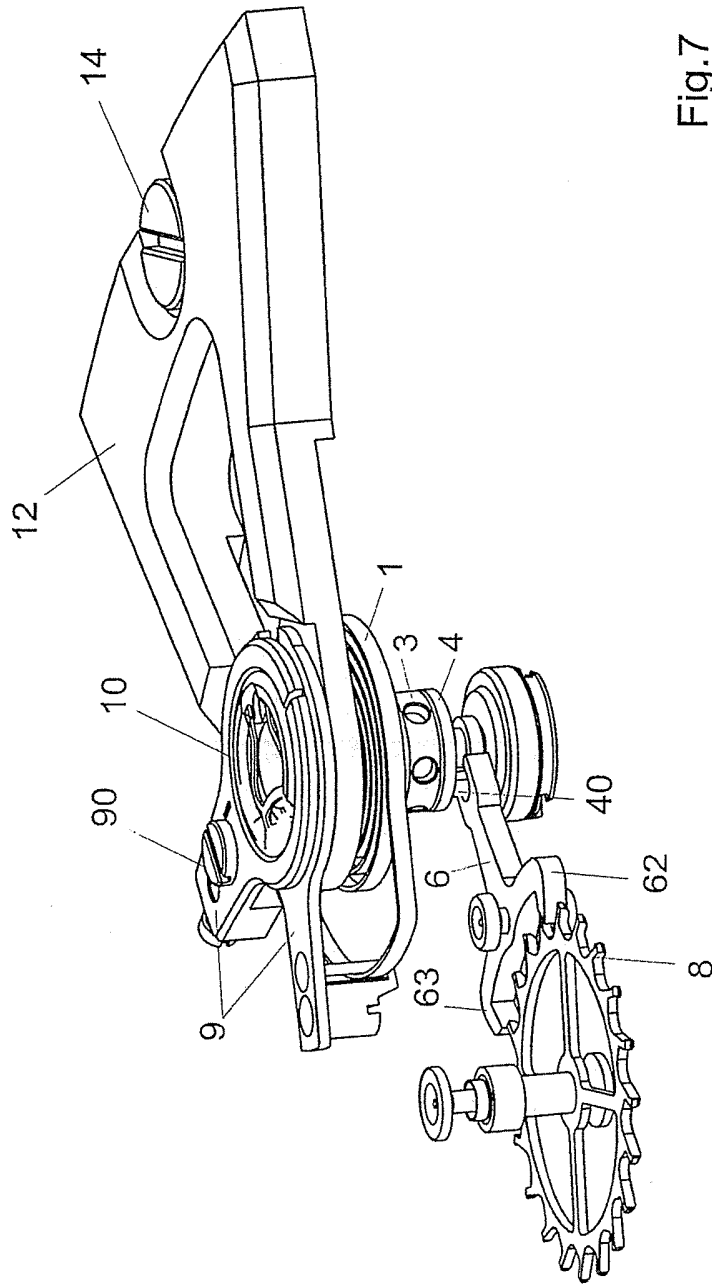


Fig.7