



(11)

**EP 2 893 404 B1**

(12)

## FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

**06.07.2016 Bulletin 2016/27**

(21) Numéro de dépôt: **13756164.3**

(22) Date de dépôt: **03.09.2013**

(51) Int Cl.:

**G04B 17/10 (2006.01)**

(86) Numéro de dépôt international:

**PCT/EP2013/068126**

(87) Numéro de publication internationale:

**WO 2014/033309 (06.03.2014 Gazette 2014/10)**

### (54) ORGANE RÉGULATEUR D'HORLOGERIE

REGULIERORGAN FÜR UHRWERK

TIMEPIECE REGULATING ELEMENT

(84) Etats contractants désignés:

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

(30) Priorité: **03.09.2012 EP 12182816**

(43) Date de publication de la demande:

**15.07.2015 Bulletin 2015/29**

(73) Titulaire: **Blancpain SA  
1348 Le Brassus (CH)**

(72) Inventeurs:

• **CORDIER, Samuel  
F-01170 Gex (FR)**

• **CAPT, Edmond  
CH-1348 Le Brassus (CH)**

(74) Mandataire: **Giraud, Eric  
ICB**

**Ingénieurs Conseils en Brevets SA  
Faubourg de l'Hôpital 3  
2001 Neuchâtel (CH)**

(56) Documents cités:

<b>EP-A1- 2 154 581</b>	<b>EP-A2- 2 133 756</b>
<b>WO-A1-2011/069273</b>	<b>DE-C- 251 558</b>
<b>GB-A- 616 969</b>	<b>US-A- 3 454 799</b>
<b>US-A- 3 635 013</b>	<b>US-A- 5 772 803</b>

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

### Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention concerne un organe régulateur de montre, comportant au moins un balancier oscillant autour d'un axe d'oscillation et soumis à un couple de rappel exercé par des moyens de rappel en torsion.

**[0002]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel organe régulateur, oscillant entre une platine et un pont.

**[0003]** L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie.

**[0004]** L'invention concerne le domaine des mécanismes régulateurs d'horlogerie.

### Arrière-plan de l'invention

**[0005]** Les pertes d'un organe régulateur influencent directement la qualité de la marche d'une montre, ainsi que sa réserve de marche.

**[0006]** L'organe régulateur est traditionnellement sensible aux différentes positions verticales ou horizontales de la montre, et les différences entre les positions plat/pendu sont souvent importantes.

**[0007]** Différentes tentatives ont été effectuées dans le passé pour éliminer le ressort-spiral, la plupart du temps dans des applications statiques telles qu'horloges ou compteurs de consommation de fluides.

**[0008]** Le document GB 616 969 A CLEMEN JORGENSEN décrit une application statique d'une pendule moins sensible aux chocs, et pouvant être déplacée sans encombre. A cet effet l'élément de rappel de l'organe régulateur est constitué par un fil de torsion ancré à ses deux extrémités et portant un balancier en son milieu, le fil étant selon la verticale du lieu. La tension du fil est réalisée par l'élasticité de ses supports d'extrémité. La longueur utile du fil est limitée à une de ses extrémités par une fourche réglable en position, dont le point de contact avec le fil détermine cette longueur utile. Le support de la fourche peut être un bilame, pour réaliser une compensation de température.

**[0009]** Deux documents: US 3 635 013 A BERTSCH HANNS, et DE 251 558 C BRUNO KRAUSZE, décrivent aussi des régulateurs à tube de torsion, ou à fils de torsion montés en parallèle, ou à fil de torsion unique.

**[0010]** Le document US 5 772 803 A PEKER ATAKAN décrit un ressort réalisé dans un alliage métallique amorphe, tel que ressort hélicoïdal, barre de torsion, tube de torsion, non particulièrement destiné à une application horlogère.

**[0011]** Des documents décrivent des ressorts en verre métallique comportant une courbure : EP 2 133 756 A2 ROLEX SA, décrit un procédé pour la mise en forme d'un ressort de bâillet formé d'un ruban monolithique en verre métallique, selon lequel on calcule la forme théorique libre à donner à ce ruban monolithique en verre métallique

que pour que chaque segment, une fois le ressort armé dans le bâillet, soit soumis au moment de flexion maximum, on met ce ruban en forme en lui donnant des courbures, caractéristiques de cette forme théorique libre, pour tenir compte d'une diminution des courbures une fois le ruban libéré, on effectue la relaxation du ruban pour fixer sa forme en le chauffant, et on refroidit ce ruban. Ce document ROLEX se concentre sur le cas d'un ressort de bâillet, d'épaisseur supérieure à 50 micromètres. L'autre document WO2011/069273 A1 ROLEX SA décrit un procédé de fabrication d'un ressort pour pièce d'horlogerie, de dimension analogue, comportant au moins un ruban monolithique en verre métallique comprenant au moins une courbure, ce procédé comprenant une étape de mise en forme par déformation plastique dudit ruban monolithique afin d'obtenir au moins une partie de ladite courbure. Le document EP 2 154 581 A1 ROLEX SA décrit un ressort de bâillet en verre métallique monolithique, d'épaisseur supérieure à 40 micromètres.

### Résumé de l'invention

**[0012]** L'invention s'attache à améliorer le rendement du régulateur, en diminuant les pertes, dans toutes les positions d'une montre.

**[0013]** En particulier il s'agit de limiter les frottements, qui ne doivent pas être plus importants dans une position horizontale de la montre, que dans une position verticale.

**[0014]** Et, tout particulièrement, dans le cas d'une montre-bracelet à haute fréquence, c'est-à-dire avec une fréquence d'oscillateur supérieure ou égale à 5 Hz.

**[0015]** Aussi, l'invention se propose d'éliminer la source principale de frottements constituée par les pivots, dont on peut estimer qu'ils sont responsables d'au moins 90% des frottements dans un oscillateur.

**[0016]** L'invention se propose, encore, de réduire autant que possible le nombre de composants dans un oscillateur.

**[0017]** A cet effet, l'invention concerne un organe régulateur de montre, comportant au moins un balancier oscillant autour d'un axe d'oscillation et soumis à un couple de rappel exercé par des moyens de rappel en torsion, caractérisé en ce que ledit au moins un balancier

comporte des moyens de fixation le rendant solidaire en oscillation d'un fil de torsion qui constitue lesdits moyens de rappel en torsion propres audit au moins un balancier, en ce que la plus grande dimension de la section transversale de la partie utile dudit fil de torsion qui est sollicitée en torsion est inférieure à 100 micromètres, en ce que la plus petite dimension de la section transversale de ladite partie utile est inférieure à 50 micromètres, la longueur totale dudit fil de torsion est inférieure à 6 millimètres, et en ce que ledit organe régulateur comporte

des moyens de tension dudit au moins un fil de torsion, et en ce que ledit fil de torsion a un module d'élasticité supérieur à 100 GPa, et une limite élastique supérieure à 2000 MPa.

**[0018]** L'emploi d'un fil de torsion approprié offre l'avantage de remplir une double fonction :

- la génération du couple de rappel du balancier, en remplacement du spiral classique ;
- la suspension du balancier.

**[0019]** Selon une caractéristique de l'invention, ledit balancier comporte, de part et d'autre desdits moyens de fixation selon ledit axe d'oscillation, des premiers et des deuxièmes moyens de limitation de l'ébat radial entre ledit fil de torsion et ledit balancier.

**[0020]** Selon une caractéristique de l'invention, ledit fil de torsion comporte, pour éloigner tout mode de flexion nuisible, au moins une plaque intermédiaire de section transversale supérieure aux brins utiles dudit fil de torsion travaillant en torsion, ladite plaque intermédiaire étant fixée au niveau dudit au moins un balancier.

**[0021]** Selon une caractéristique de l'invention, ledit fil de torsion est en alliage au moins partiellement amorphe composé uniquement de zirconium, de titane, de cuivre, de nickel et de beryllium, et comportant entre 41 et 44% en masse de zirconium, entre 11 et 14% en masse de titane, entre 9 et 13 % en masse de cuivre, entre 10 et 11 % en masse de nickel, entre 22 et 25 % en masse de beryllium.

**[0022]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel organe régulateur, oscillant entre une platine et un pont, caractérisé en ce qu'il comporte, pour l'encastrement dudit fil de torsion, des moyens d'ancrage dudit organe régulateur constitués par des premiers moyens d'ancrage audit pont et par des deuxièmes moyens d'ancrage à ladite platine, et qui définissent ensemble ledit axe d'oscillation dudit organe régulateur.

**[0023]** Selon une caractéristique de l'invention, ledit mouvement comporte des moyens de réglage de tension dudit fil de torsion par un réglage de l'éloignement entre ledit pont et ladite platine.

**[0024]** L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie, caractérisée en ce qu'elle est une montre, et en ce que ledit organe régulateur oscille à une fréquence supérieure ou égale à 5 Hz.

#### Description sommaire des dessins

**[0025]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée, en coupe dans un plan passant par l'axe d'oscillation du balancier, un organe régulateur à fil de torsion selon l'invention ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée et similaire à la figure 1, un détail d'une pièce d'horlo-

rie, au niveau d'un mouvement comportant un organe régulateur selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- 5 - la figure 3 illustre, de façon schématisée, une variante monobloc de l'invention, avec un bâti formant cadre maintenant tendu un fil de torsion portant un balancier réalisé sous forme d'une poutre ;
- 10 - la figure 4 est une variante de la figure 3, comportant des moyens de réglage de tension du fil de torsion ;
- 15 - la figure 5 est une vue en plan d'une variante particulière de réalisation du fil de torsion, qui comporte une plaque intermédiaire, et qui est réalisée à partir d'une ébauche représentée à la figure 6 ;
- 20 - la figure 7 représente, de façon schématisée et en perspective, un arbre de balancier monté sur la plaque intermédiaire du fil de torsion de la figure 5, et la figure 7A est une coupe selon un plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation, passant par cette plaque intermédiaire et par un arbre de balancier ;
- 25 - la figure 8 représente, de façon similaire à la figure 2, un détail d'un mouvement comportant un organe régulateur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; cet organe régulateur est représenté avec une partie d'un outillage amovible de mise en place d'un module équipé comportant le fil de torsion porteur d'un balancier en partie médiane, et de moyens d'ancrage à ses deux extrémités ;
- 30 - la figure 9 représente, en vue de dessus, le mécanisme de la figure 8, dans un mode particulier de réalisation comportant des moyens de réglage angulaire au repère ; cet organe régulateur est représenté avec le même outillage de mise en place du même module équipé, et avec un autre outillage amovible constitué par une vis de maintien provisoire pour l'assemblage initial ; la figure 9A est une vue similaire, partielle, sans représentation des parties cachées ;
- 35 - la figure 10 représente, de façon schématisée et en perspective, une partie centrale de moyens d'ancrage du fil de torsion, constituée par une pince, dans laquelle sont représentées, en trait interrompu, une plaque d'extrémité qui comporte un fil de torsion selon la figure 5 insérée dans une première fente parallèle à l'axe, ainsi qu'une goupille traversant un alésage de cette plaque d'extrémité et montée en appui sur un vé au débouché d'une deuxième fente parallèle à l'axe et orthogonale à la première fente ;
- 40 - la figure 11 représente, de façon schématisée et de façon similaire à la figure 9, un détail des moyens d'ancrage du fil de torsion, qui comportent la pince de la figure 10, maintenue enserrée dans une douille concentrique, cette douille comportant des encoches d'indexage angulaire avec lesquelles coopèrent des becs d'une lame d'orientation et de maintien ;
- 45 - la figure 12 représente, de façon schématisée et en perspective, un levier de réglage, également visible sur la figure 8, permettant d'appliquer un déplace-

- ment micrométrique à la pince de la figure 10 par réduction d'un déplacement imprimé par une vis à une extrémité de ce levier de réglage ; ce levier de réglage comporte, au voisinage immédiat d'un point fixe de fixation sur un pont, une zone de section réduite conférant à ce levier de réglage une élasticité suffisante ;
- la figure 13 représente, sous forme d'un schéma-blocs, une montre comportant un mouvement comportant lui-même un organe régulateur selon l'invention.

#### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0026]** L'invention se propose d'améliorer les performances de l'organe régulateur d'une montre.

**[0027]** Le problème que se propose de résoudre l'invention est lié à plusieurs constats :

- les pertes d'un organe régulateur influencent directement la qualité de la marche d'une montre, ainsi que sa réserve de marche. Les pertes sont de trois types : frottement sec (pivots), linéaire (air sur balancier) et quadratique ;
- une part importante de ces pertes est liée à l'existence des pivots ;
- l'organe régulateur est traditionnellement sensible aux différentes positions verticales ou horizontales de la montre, et les différences entre les positions plat/pendu sont souvent importantes.

**[0028]** L'invention se propose notamment :

- d'améliorer le rendement du régulateur, en diminuant les pertes par frottement sec, dans toutes les positions d'une montre ;
- et, tout particulièrement, dans le cas d'une montre-bracelet à haute fréquence, c'est-à-dire avec une fréquence d'oscillateur supérieure ou égale à 5 Hz.

**[0029]** Deux voies peuvent être explorées :

- l'amélioration d'un oscillateur classique par l'utilisation d'un spiral en verre métallique ; cette voie fait l'objet de nombreuses recherches par ailleurs, et n'est pas retenue ici ;
- l'utilisation de moyens de rappel en torsion, notamment d'un fil de torsion.

**[0030]** Dans l'art antérieur des mécanismes d'horlogerie à fil de torsion, généralement restreint aux pendules, aux compteurs de relevés de fluides, et aux fusées d'artillerie, un fil de torsion est disposé selon la direction de la plus forte des accélérations en présence, notamment la gravité de la pesanteur dans le cas d'une pendule. Cette disposition axiale du fil par rapport à la verticale du lieu est une constante des pièces d'horlogerie dévolues à l'affichage de l'heure. Les mécanismes connus ne con-

viennent pas au cas d'une montre, dont l'orientation dans l'espace et par rapport aux mouvements de l'utilisateur est quelconque.

**[0031]** Pour l'adaptation d'un mécanisme régulateur à fil de torsion à une montre, il faut donc résoudre à la fois ces différents problèmes : pertes influençant la qualité de la marche, sensibilité aux différentes positions, amélioration du rendement.

**[0032]** L'art antérieur des pendules à fil de torsion utilise des fils de torsion métalliques, qui sont suffisants pour les applications concernées, et ne contient aucune suggestion pour l'emploi d'autres matériaux.

**[0033]** Toutefois la miniaturisation imposée par l'application propre à des organes régulateurs de montres ne permet pas l'emploi de fils ou plats métalliques, car la longueur disponible est incompatible avec l'exercice d'un couple de rappel suffisant. Il convient alors de mettre au point un fil de torsion avec une ou plusieurs parties utiles (sollicitées en torsion pour exercer un couple de rappel

élastique) de très faibles longueurs, compatibles avec l'épaisseur d'un mouvement de montre. La longueur totale LT du fil de torsion à utiliser est de quelques millimètres, de préférence inférieure à 6 millimètres, et inférieure à 5 millimètres dans l'exemple de réalisation décrit ici, et la longueur utile LV du fil de torsion est encore plus faible, cette longueur utile LV pouvant résulter du cumul de plusieurs longueurs utiles primaires de tronçons du fil de torsion, comme on le verra plus loin. La longueur utile de chaque tronçon travaillant en torsion est alors nécessairement très réduite, typiquement entre 2 et 4

millimètres environ, et les sections transversales vont être de l'ordre de quelques micromètres, typiquement entre 20 et 40 micromètres. Et le problème de l'invention consiste, non seulement à définir un matériau apte à la réalisation d'un tel fil de torsion, mais encore à mettre au point une forme qui soit réalisable par des procédés industriels de fabrication fiables et reproductibles, ce qui est particulièrement délicat dans un domaine de microtechnologies, et avec des matériaux pas particulièrement conçus pour l'horlogerie.

**[0034]** Seule une longue expérimentation, à l'encontre des préjugés, permet de définir des seuils de module d'élasticité et de limite élastique, et la mise au point d'un fil de torsion :

- micrométrique ;
- dont le matériau a un module d'élasticité supérieur à 100 GPa, et une limite élastique supérieure à 2000 MPa.

**[0035]** Si des nouveaux matériaux issus des technologies « MEMS », « LIGA », et les matériaux amorphes, ont été testés à ce jour pour l'amélioration de composants sur des architectures traditionnelles à ressort-spiral, ils n'ont pas été testés sur des architectures moins répandues en horlogerie, telles que le cas d'espèce.

**[0036]** L'invention concerne ainsi un organe régulateur 1 d'horlogerie, comportant au moins un balancier 2, le-

quel balancier 2 oscille autour d'un axe d'oscillation D et est soumis à un couple de rappel exercé par des moyens de rappel en torsion 4, de façon alternative dans les deux sens d'oscillation.

**[0037]** De façon préférée, cet organe régulateur 1 est conçu pour une montre, notamment une montre-bracelet, ce qui impose des contraintes particulières d'encombrement et de résistance aux accélérations.

**[0038]** Ce balancier 2 peut être réalisé non limitativement selon différentes formes : disque, annulaire, muni de masselottes, voire réduit à une simple poutre.

**[0039]** L'invention se propose d'éliminer les pivots, responsables d'au moins 90% des frottements dans un oscillateur. Le couple de frottement d'un pivot est proportionnel au rayon de ce pivot. Un grand rayon engendre de grandes pertes en vertical. Aussi il est nécessaire de réduire, en cas d'utilisation d'un pivot classique, le rayon en-dessous d'une très petite valeur, voisine de 0,050 mm.

**[0040]** Selon l'invention, ce au moins un balancier 2 comporte des moyens de fixation 10 le rendant solidaire en oscillation d'au moins un fil de torsion 5. Ce fil de torsion 5 constitue lesdits moyens de rappel en torsion 4 propres à ce au moins un balancier 2. L'emploi d'un tel fil de torsion 5 rend inutile un arbre de balancier, et supprime donc les pivots.

**[0041]** La présente description n'expose que des exemples de réalisation comportant un fil de torsion 5 unique. Naturellement, il est possible, sans s'écartez de l'invention, de combiner plusieurs fils de torsion, ou en série les uns avec les autres, ou/et en parallèle les uns des autres.

**[0042]** De la même façon, les exemples de réalisation illustrés ne comportent qu'un balancier unique. En cas de juxtaposition de plusieurs balanciers, ceux-ci peuvent être reliés de façon rigide, ou par une section intermédiaire du même fil de torsion, cette section intermédiaire pouvant être, ou non, utile en torsion.

**[0043]** Et ce fil de torsion 5 a, de préférence, un module d'élasticité supérieur à 100 GPa, et de préférence supérieur à 120 GPa, et une limite élastique supérieure à 2000 MPa. Ces caractéristiques propres au fil de torsion (module d'élasticité supérieur à 100 GPa, et limite élastique supérieure à 2000 MPa) résultent d'une longue expérimentation, délicate en raison des difficultés d'élaboration et du très faible dimensionnement micrométrique du fil de torsion 5, et constituent une caractéristique particulière d'un fil utilisé dans un organe régulateur particulier. On entend ici par « dimensionnement micrométrique » le dimensionnement d'un fil dont la plus grande dimension de la section transversale de la partie utile (comme on dénommera ci-après la partie du fil qui est sollicitée en torsion) est de quelques micromètres ou de quelques dizaines de micromètres, et de toute façon inférieure à 100 micromètres, et dont la plus petite dimension de la section transversale de la partie utile est de quelques micromètres ou de quelques dizaines de micromètres, et de toute façon inférieure à 50

micromètres .

**[0044]** L'emploi d'un tel fil de torsion est une bonne alternative au pivot usuel, ses dimensions peuvent être très réduites, notamment la plus grande dimension de sa section transversale de la partie utile est de préférence inférieure à 0,040 mm, soit une valeur au rayon inférieure à 0,020 mm.

**[0045]** Le choix d'un grand module élastique assure une bonne rigidité du fil de torsion, et conditionne sa qualité de support en suspension du balancier. La géométrie d'un tel fil de torsion garantit, de surcroît, l'axialité du balancier. La mise sous tension correcte du fil de torsion assure l'égalité de la tension des deux côtés du balancier.

**[0046]** Les choix de plages de haut module élastique et de haute limite élastique restreignent inévitablement le choix des matériaux employables.

**[0047]** L'emploi d'un verre métallique est ici tout à fait approprié, il permet, encore, d'obtenir une amplitude angulaire suffisante pour le balancier, soit environ 100°, répartis entre environ: 50° pour la coopération avec la roue d'échappement, et 50° pour les entrées/sorties du système d'entretien.

**[0048]** On peut, encore, employer un fil de torsion 5 avec des caractéristiques plus basses que celles, préférées, citées plus haut. En tout état de cause, le module d'élasticité doit être supérieur à 60 GPa, et la limite élastique supérieure à 1000 MPa.

**[0049]** Le rapport entre le module d'élasticité et la limite élastique supérieure est avantageusement compris entre 40 et 80, et de préférence voisin de 60.

**[0050]** Le rapport entre la longueur libre LL du fil de torsion 5, c'est-à-dire la longueur sur laquelle il n'est pas entravé et peut se vriller et vibrer librement, et la plus grande dimension LG de la section transversale de sa partie utile est avantageusement compris entre 80 et 150, et de préférence voisin de 115.

**[0051]** Pour une bonne efficacité de fonctionnement du fil de torsion 5, l'organe régulateur 1 comporte des moyens de tension 400 du fil de torsion 5. Dans des réalisations préférées, telles qu'exposées plus loin, l'organe régulateur 1 comporte encore des moyens de réglage de tension 20 de la tension du fil de torsion 5, qui sont agencés pour agir sur ces moyens de tension 400.

**[0052]** Dans une réalisation particulière, et non limitative, visible à la figure 2, d'un premier mode de réalisation de l'invention, le balancier 2 comporte une serge 29 faisant volant d'inertie, qui est solidaire en oscillation d'un arbre de balancier 3. Cet arbre 3 est tubulaire, de façon à permettre la traversée du fil de torsion 5, et comporte un premier alésage 31 et un second alésage 32, séparés par une zone de section rétrécie, par exemple au niveau d'un épaulement 33, tel que visible sur la figure 2. Dans une variante de réalisation économique, le premier alésage 31 et le second alésage 32 sont de diamètres différents et l'épaulement 33 est constitué simplement par la surface qui joint l'un à l'autre. Les moyens de fixation 10 peuvent consister, de façon non limitative, en élément de liaison 6 fixé au fil de torsion 5, par sertissage, pince-

ment, chassage, collage, brasage, soudage, ou autre procédé adéquat assurant une tenue suffisante pour résister au couple maximal en service et aux fortes accélérations, typiquement de l'ordre de 5000g, survenant lors de chocs éventuels sur la pièce d'horlogerie accueillant l'organe régulateur 1. Par exemple, l'élément de liaison 6 comporte un passage 61 pour le fil de torsion 5, et au niveau duquel ce dernier est immobilisé, et il comporte encore un appui 63 agencé pour coopérer en appui de butée sur l'épaulement 33.

**[0053]** Dans une autre variante, l'élément de liaison 6 n'est pas pré-serti sur le fil de torsion 5, il ne l'est qu'après enfilage du fil 5 dans l'alésage de l'arbre 3 et positionnement adéquat.

**[0054]** Pour limiter l'ébat relatif entre ce balancier 2 et le fil de torsion 5 qui lui est associé, en particulier lors d'une flexion latérale du fil de torsion 5, le balancier 2 comporte avantageusement, de part et d'autre des moyens de fixation 10 selon l'axe d'oscillation D, des premiers 15 et des deuxièmes 16 moyens de limitation de l'ébat radial entre le fil de torsion 5 et le balancier 2.

**[0055]** Dans une variante non illustrée, des moyens de limitation d'ébat peuvent équiper un mouvement 100, au niveau d'une platine 7 et d'un pont 8, entre lesquels oscille le balancier 2, à la place de ces premiers 15 et des deuxièmes 16 moyens de limitation de l'ébat radial entre le fil de torsion 5 et le balancier 2, ou bien en complément de ces derniers.

**[0056]** Dans ce même exemple du premier mode de réalisation de la figure 2, les premiers 15 et les deuxièmes 16 moyens de limitation sont constitués par des pierres comportant un passage correspondant au diamètre de la plus grande dimension radiale du fil de torsion 5. Ainsi, dans un cas avantageux, où le fil de torsion 5 est, du moins dans sa partie utile, de section transversale rectangulaire (ou de section transversale carrée ce qui est un cas particulier de la section transversale rectangulaire), ces pierres comportent chacune un alésage de diamètre très légèrement supérieur à la diagonale de la section transversale du fil de torsion, d'une valeur qui est de préférence comprise dans une fourchette à la diagonale de la section transversale du fil de torsion, et, dans une réalisation particulière, supérieure ou égale à 10 micromètres.

**[0057]** Pour obtenir un haut module d'élasticité, notamment transversale, et, ainsi, autoriser un meilleur rendement du régulateur, il faut choisir un matériau qui permette, pour un couple de torsion donné, d'avoir une amplitude de déformation élastique plus grande que celle qui pourrait être obtenue avec un fil classique en matériau cristallin, et, de ce fait, qui permette d'augmenter l'amplitude du balancier 2, et le facteur qualité du régulateur 1.

**[0058]** Ainsi, dans une première variante, le fil de torsion 5 est en verre métallique, ou bien en un alliage au moins partiellement amorphe composé uniquement de zirconium, de titane, de cuivre, de nickel et de beryllium, et comportant entre 41 et 44% en masse de zirconium, entre 11 et 14% en masse de titane, entre 9 et 13% en

masse de cuivre, entre 10 et 11 % en masse de nickel, entre 22 et 25 % en masse de beryllium.

**[0059]** Dans une application particulière de cette première variante, le fil de torsion 5 est en « LM1b » de « Liquidmetal », matériau qui possède un module d'Young de 98 GPa et une limite élastique de 1700 MPa. Ce verre métallique a l'avantage de combiner des valeurs élevées de module d'élasticité et de limite élastique.

**[0060]** Dans une autre application particulière de cette première variante, le fil de torsion 5 est en verre métallique « Liquidmetal » © « LM10 ».

**[0061]** Dans une deuxième variante, le fil de torsion 5 est en verre métallique, ou bien en un alliage au moins partiellement amorphe comportant en masse 75,44% de nickel, 13% de chrome, 4,2% de fer, 4,5% de silicium, 0,06% de carbone, 2,8% de bore.

**[0062]** Dans une application particulière de cette deuxième variante, le fil de torsion 5 est en verre métallique « Metglas® » de référence « MBF20 ». Le module d'Young du « MBF20 » est voisin de 140 GPa et sa limite élastique est de 2500 MPa environ.

**[0063]** Dans ces première et deuxième variantes, un fil de torsion 5 d'une longueur utile totale LT de 4,2 mm, avec une section transversale de la partie utile de 37x20 micromètres donne de bons résultats d'isochronisme pour un oscillateur à 5 Hz, avec un balancier d'une inertie de 12 mg.cm<sup>2</sup>.

**[0064]** Dans une autre variante encore, le fil de torsion 5 est réalisé en silicium ou/et en oxyde de silicium.

**[0065]** Dans une autre variante encore, le fil de torsion 5 est réalisé en diamant monocristallin ou en diamant polycristallin.

**[0066]** Les réalisations avec fil de torsion réalisé en matériau micro-usinable permettent aussi de réaliser, tel que visible sur la figure 3, une cage monobloc en silicium ou similaire, avec réglage de la tension au niveau d'un ancrage du fil de torsion 5. Le bâti 40 complet peut être réalisé, de préférence de façon monobloc, en silicium ou similaire. Ce bâti 40 comporte un cadre 41 rigide, dans lequel est tendu le fil de torsion 5, le balancier 2 est ici réalisé sous forme d'une poutre. La figure 4 montre une variante comportant des moyens de réglage de tension 20 du fil de torsion 5, réalisés par exemple sous la forme d'un excentrique 43 ou d'une cale insérée dans une fente 42, ou similaire.

**[0067]** Le mouvement 100 peut comporter une pluralité de moyens de réglage de tension 20, notamment deux, répartis sensiblement symétriquement par rapport à l'axe d'oscillation D, de façon à déplacer le pont 8 parallèlement à la platine 7; à défaut, un guidage sur colonnes peut permettre de garantir ce parallélisme avec une vis de réglage de tension 22 unique.

**[0068]** Dans une réalisation particulière de l'invention, le fil de torsion 5 est, au moins dans sa partie utile, de section transversale rectangulaire ou carrée. Une section transversale carrée, plus particulièrement, assure un même comportement de l'organe régulateur dans toutes les positions de la pièce d'horlogerie qui l'incorpore.

Par exemple, la partie utile, active, du fil de torsion 5 peut avoir une section transversale carrée de 30 micromètres de côté en verre métallique, ou de 27 micromètres de côté en silicium.

**[0069]** Naturellement, si ce choix de forme de section transversale est dicté par les contraintes de réalisation (la mise en forme des matériaux sélectionnés ci-dessus étant particulièrement délicate dans ces petites dimensions), et par l'obtention de bonnes performances, d'autres profils peuvent être mis en oeuvre : triangle, hexagone, polygone, cercle, ellipse, ou autre. Mais la difficulté de réalisation d'un fil de torsion micrométrique, tel que défini ci-dessus, est telle que l'élaboration fiable et répétitive du fil de torsion est un problème en soi, et le choix de profils de section transversale de réalisation complexe ne fait que rendre le problème de réalisation répétitive plus difficile à résoudre.

**[0070]** De préférence, on choisit le matériau du fil de torsion 5, tel que ce fil de torsion 5 a un module d'élasticité, notamment transversal dans une direction perpendiculaire à cet axe d'oscillation D, supérieur à 100 GPa, et de préférence supérieur à 120 GPa. Cette condition est réalisée avec une élaboration dans un alliage au moins partiellement amorphé décrit ci-dessus, ou en verre métallique « Liquidmetal® » de référence « LM1 b », ou en verre métallique « Metglas® » de référence « MBF20 ».

**[0071]** L'organe régulateur 1 comporte de préférence, pour l'encastrement du fil de torsion 5, et pour constituer les moyens de tension 400 du fil de torsion 5, des moyens d'ancrage 30 de l'organe régulateur 1. Ces moyens d'ancrage 30 comportent : à une première extrémité du fil de torsion 5 des premiers moyens d'ancrage 301, ou/et, à une deuxième extrémité du fil de torsion 5 opposée à la première, des deuxièmes moyens d'ancrage 302. Ces premiers moyens d'ancrage 301 et ces deuxièmes moyens d'ancrage 302 définissent ensemble l'axe d'oscillation D de l'organe régulateur 1.

**[0072]** L'invention concerne encore un mouvement 100 d'horlogerie comportant au moins un tel organe régulateur 1, oscillant entre une platine 7 et un pont 8.

**[0073]** De préférence, ce mouvement 100 comporte, pour l'encastrement du fil de torsion 5, et pour constituer les moyens de tension 400 du fil de torsion 5, de tels moyens d'ancrage 30 de l'organe régulateur 1. Les premiers moyens d'ancrage 301 sont fixés au pont 8, et les deuxièmes moyens d'ancrage 302 sont fixés à la platine 7.

**[0074]** Dans un exemple de réalisation, non limitatif, du premier mode de réalisation de la figure 2, les premiers moyens d'ancrage 301 du fil de torsion 5 au pont 8 comportent une première pince 11, notamment une pince fendue comportant une fente 114 pour le passage du fil de torsion 5. Cette première pince 11 comporte une face d'appui 111, tournée vers le balancier 2, et qui est agencée pour venir en appui sur une face d'appui complémentaire 91 que comporte le pont 8, ou, comme représenté sur la figure 2, un support orientable 9 rapporté

sur ce pont 8.

**[0075]** Ce support orientable 9 est, de préférence mais non limitativement, chassé sur le pont 8 avec une friction suffisante pour son maintien en position. Il est orientable à la façon d'un porte-piton, ce qui permet le réglage fin de l'alignement des repères de la cheville de plateau, de la fourchette, et de la ligne d'échappement. Ce support orientable peut, encore, être maintenu dans sa position réglée angulairement par des moyens de maintien, non représentés sur la figure. La figure 2 représente le support orientable 9 muni d'un épaulement 93 coopérant en butée avec une surface supérieure 89 du pont 8. Naturellement, il est possible, dans une variante d'exécution, de donner au support 9 une course longitudinale selon l'axe D, de façon à constituer en même temps les moyens de réglage de tension 20, dans une réalisation avec un canon par exemple. La première pince 11 comporte encore un cône mâle 113, qui coopère avec un cône femelle 123, ouvert vers le balancier 2, et que comporte une première douille 12. Cette première douille 12 comporte un filetage 122, qui coopère avec un taraudage 92 du support orientable 9. Lors du vissage de la première douille 12, la première pince 11 enserre le fil de torsion 5 et immobilise son extrémité, en même temps que la face d'appui 111 de la première pince 11 est en appui sur la face d'appui complémentaire 91.

**[0076]** De façon similaire et sensiblement symétrique, les deuxièmes moyens d'ancrage 302 du fil de torsion 5 à la platine 7 comportent une deuxième pince 13, notamment une pince fendue comportant une fente 134 pour le passage du fil de torsion 5. Cette deuxième pince 13 comporte une face d'appui 131, tournée vers le balancier 2, et qui est agencée pour venir en appui sur une face d'appui complémentaire 71 que comporte, de ce côté, directement la platine 7. La deuxième pince 13 comporte encore un cône mâle 133, qui coopère avec un cône femelle 143, ouvert vers le balancier 2, et que comporte une deuxième douille 14. Cette deuxième douille 14 comporte un filetage 142, qui coopère avec un taraudage 72 de la platine 7. Lors du vissage de la deuxième douille 14, la deuxième pince 13 enserre le fil de torsion 5 et immobilise son extrémité, en même temps que la face d'appui 131 de la deuxième pince 13 est en appui sur la face d'appui complémentaire 71.

**[0077]** Dans une autre variante, à une extrémité du fil 5, de la matière est fondue autour du fil 5 de façon à former une excroissance, qui est arrêtée lors de la traction du fil à son extrémité opposée, au niveau d'un creuset conique ou d'une cuvette sphérique, ou similaire, bloquant cette excroissance.

**[0078]** Dans une autre variante encore, l'ancrage du fil de torsion 5 est exécuté par sertissage.

**[0079]** Ces variantes d'ancrage du fil de torsion ne sont pas limitatives.

**[0080]** Ainsi, le fil de torsion 5, muni des moyens de fixation 10 fixés en position, est introduit dans l'arbre 3 du balancier 2, lequel est muni de sa serre 29, de ses plateaux et chevilles. Le fil 5 est tiré en butée d'appui

entre la surface d'appui 63 et l'épaulement 33. Une deuxième extrémité du fil de torsion 5, du côté de la platine 7, est introduite dans la deuxième pince 13, et pré-serrée en position, grâce à la deuxième douille 14. Une première extrémité du fil 5, du côté du pont 8, est introduite dans la première pince 11, et pré-serrée en position, grâce à la première douille 12. L'action sur la première douille 12 et la deuxième douille 14 permet d'effectuer un réglage de l'ébat, du côté de la platine 7, du balancier 2 par rapport à cette platine 7 et aux composants qu'elle porte, ainsi que d'assurer une prétraction du fil 5.

**[0081]** Dans une variante particulière, tel que visible sur la figure 2, l'organe régulateur 1 comporte encore des moyens anti-choc 34 limitant le débattement radial de l'arbre 3. Ces moyens anti-choc 34 constituent une sécurité genre « Incabloc » et peuvent être multiples, disposés à différents niveaux de l'arbre 3 selon la direction D, et être réalisés sous forme d'une pierre, ou encore de moyens de répulsion magnétique ou/et électrostatique d'une surface antagoniste 35 que comporte l'arbre 3. De tels moyens 34 peuvent avantageusement être situés au niveau des premiers 15 et deuxièmes 16 moyens de limitation de l'ébat radial du fil de torsion 5.

**[0082]** La mise en traction du fil de torsion 5, et le réglage de l'ébat du balancier 2 par rapport au pont 7 et aux composants que porte ce dernier, sont avantageusement effectués grâce à un dispositif annexe: le mouvement 100 d'horlogerie comporte alors des moyens de réglage de tension 20 du fil de torsion 5 par un réglage de l'éloignement entre le pont 8 et un autre composant, soit la platine 7, soit une lame en flexion (notamment au niveau d'au moins un des ancrages 301 ou 302) pour effectuer ce réglage, ou similaire.

**[0083]** Dans une variante non illustrée, le réglage de tension est effectué grâce à au moins un ressort.

**[0084]** Tel que visible sur la figure 2, dans un exemple de réalisation nullement limitatif, ces moyens de réglage de tension 20 comportent une douille filetée 23 laquelle coopère de façon complémentaire avec un taraudage 74 de la platine 7. Au moins une vis 22 coopérant avec un écrou 5 solidaire de la platine 7 est agencée pour pousser le pont 8 vers la platine 7, en appui sur la douille 23 dans sa position de réglage. Cette vis 22 coopère, par un filetage 221 qu'elle comporte, avec un taraudage 251 d'un écrou 25, qui est chassé dans un logement 77 de la platine 7, ou qui est une partie intégrante de celle-ci. Cette vis 22 est concentrique avec une douille filetée 23, dont un filetage 24 coopère de façon complémentaire avec un taraudage 74 de la platine 7. La douille 23 tend à s'écartier de la platine 7 sous l'action d'un moyen de rappel élastique 21, tel que ressort conique, rondelle Belleville, rondelle Schnorr, ou similaire, en appui à la fois sur une face d'appui 76 de la platine 7 et sur une face d'appui 232 de la douille 23, laquelle possède une collerette 233 agencée pour exercer une poussée sur une face d'appui 1 du pont 8. Après un réglage d'altitude de la douille 23, pont 8 enlevé, par l'opérateur effectuant le réglage de tension du fil de torsion 5, cet opérateur met en place le

pont, et insère la vis 22. Lors du vissage de la vis 22 dans l'écrou 5, une surface inférieure 225 de la tête de la vis 22 vient en appui sur une face d'appui supérieure 82 du pont 8, une face d'appui inférieur 81 du pont 8 coopère en appui avec une surface d'appui supérieure 231 de la douille 23. La position du pont 8 détermine la tension du fil 5. La limite de réglage est donnée par une surface supérieure 78 de la platine 7 et une surface inférieure 88 du pont 8.

**[0085]** De préférence, la tension dans le fil de torsion est supérieure à 0,1 N. il faut en effet garantir la tension avec moins de 5 micromètres de déplacement en vertical.

**[0086]** De préférence, les réglages sont réalisés de façon à ce que la flexion maximale supportable en position verticale soit inférieure ou égale à 5 micromètres.

**[0087]** Les moyens de rappel en torsion 4 travaillent en torsion, mais sont également soumis à la flexion, sous l'effet des couples imprimés par le balancier, ou par le mouvement et transmis par le balancier. Il est préférable de minimiser les déformations en flexion, et d'assurer que ces moyens de rappel en torsion 4, surtout quand ils sont constitués par un fil de torsion 5, ne comportent pas de ventre de vibration au niveau de la fixation du balancier 2. Aussi, pour éloigner tout mode de flexion nuisible, le fil de torsion 5 comporte, dans une réalisation avantageuse visible sur les figures 5, 7, 8, 10, et 11, au moins une plaque intermédiaire 53. Cette plaque intermédiaire 53 est de section transversale supérieure aux brins utiles 51, 52, du fil de torsion 5 travaillant en torsion, décrites ci-dessous. Cette plaque intermédiaire 53 est située au niveau de la fixation du balancier 2 de préférence en partie médiane du fil de torsion 5, ou au niveau de chaque balancier 2 s'il y en a plusieurs. On éloigne ainsi la valeur des modes propres en flexion (fréquence propre de l'ordre de 600 Hz, à comparer aux 5 à 10 Hz de l'oscillateur). Cette plaque intermédiaire 53 permet, encore, une fixation renforcée du balancier 2.

**[0088]** La figure 5 illustre un tel fil de torsion 5, dans une réalisation avantageuse où le fil de torsion comporte une telle plaque intermédiaire 53 entre deux brins 51 et 52. Ces brins 51 et 52 constituent chacun une partie libre en torsion. De préférence, le fil de torsion 5 comporte, aux extrémités de ces brins 51 et 52 opposées à la plaque intermédiaire 53, des plaques d'extrémité 54 et 56, notamment munies d'alésages ou de lumières 55 et 57, pour l'ancrage du fil de torsion 5 et son maintien en traction. On comprend que la partie utile du fil de torsion 5 est alors constituée par le brin 51 et le brin 52. Les plaques intermédiaire 53 et d'extrémité 54 et 56 sont destinées à être encastrées dans des pinces de maintien, ou à être solidarisées par tout moyen (soudure, collage, ou autre) avec des éléments de fixation aux différents composants de l'organe régulateur 1 concernés. La longueur utile totale LU est ici la somme des longueurs utiles LU1 et LU2 des brins 51 et 52.

**[0089]** Les grosses difficultés de mise en oeuvre de l'invention consistent en la réalisation du fil de torsion

micrométrique 5, extrêmement délicate dans les matériaux cités ci-dessus, notamment le verre métallique qui donne de très bons résultats fonctionnels, et en son montage dans l'organe régulateur 1 sans l'endommager. Une bonne solution est visible à la figure 6, et réside dans l'utilisation d'une ébauche 50, constituée de façon plus rigide que le fil de torsion 5 terminé, de façon à permettre sa manipulation par un opérateur ou par un manipulateur robotisé, et son insertion dans l'oscillateur. Cette ébauche comporte des raidisseurs sécables 58, éventuellement délimités par des zones fragiles 59. Ces raidisseurs sécables 58 sont cassés après assemblage et ôtés du mécanisme. Dans la variante particulière et non limitative illustrée par la figure 6, ces raidisseurs 58 sont parallèles aux brins 51 et 52 du fil de torsion 5, et de part et d'autre de ceux-ci.

**[0090]** La figure 7 représente un arbre 3 de balancier monté sur la plaque intermédiaire 53 du fil de torsion 5 de la figure 5. Cet arbre 3 peut être avantageusement en plusieurs parties concentriques : une partie centrale comportant au moins un logement 36 pour la réception de la plaque intermédiaire 53, cette partie centrale pouvant comporter un logement de goupille pour le positionnement axial du balancier par rapport au fil, si la partie intermédiaire 53 comporte également un logement pour une telle goupille ; cette partie centrale peut être constituée comme une pince, grâce à au moins une fente d'élasticité, et être enserrée par une douille constituant une partie périphérique de cet arbre 3 et immobilisant la pince avec serrage, et donc immobilisant la partie intermédiaire 53 du fil de torsion 5. Le logement 36 peut prendre la forme d'une rainure à faces parallèles, ou encore, tel que visible sur les figures 7 et 7A, d'une implantation de profil en carré femelle, ou similaire, et de préférence ce logement 36 comporte au moins une fente ou similaire, non représentée sur les figures, lui conférant une élasticité permettant le maintien du fil de torsion 5 sans blesser celui-ci.

**[0091]** Dans une variante, la plaque intermédiaire 53 est chassée dans un logement de section transversale carrée ou rectangulaire de l'arbre 3, et maintenue par collage ou similaire.

**[0092]** Les figures 8 à 12 illustrent un deuxième mode de réalisation, de réalisation peu complexe et autorisant un pré-montage en module. Ce deuxième mode de réalisation reprend les caractéristiques de fil de torsion exposées ci-dessus. L'organe régulateur 1 selon ce deuxième mode comporte au moins un levier de réglage 75, 85, pour le réglage en traction d'au moins un des ancrages d'extrémité 301, 302, du fil de torsion 5, constituant les moyens de réglage de tension 20.

**[0093]** La figure 8 montre des premiers moyens d'ancrage 301 destinés à pincer une plaque d'extrémité 54 du fil de torsion 5 de la figure 5, et des moyens de réglage en tension. Les premiers moyens d'ancrage 301 comportent une pince 11 serrée par une douille 110. La figure 10 montre cette pince 11 dans laquelle sont représentées, en trait interrompu, une plaque d'extrémité 54 que

comporte un fil de torsion 5 selon la figure 5 insérée dans une première fente 115 parallèle à l'axe, ainsi qu'une goupille 117 traversant un alésage 55 de cette plaque d'extrémité 54 et montée en appui sur un vé 116 au débouché d'une deuxième fente 113 parallèle à l'axe D et orthogonale à la première fente 115. La pince 11 comporte un passage axial 114 permettant l'enfilage du fil de torsion 5. Les premiers moyens d'ancrage 301 comportent encore une douille 110 concentrique à la pince 11, visible sur les figures 8 et 11, et enserrant la pince 11. Cette douille 110 comporte des encoches d'indexage angulaire 112, avec lesquelles coopèrent des becs 830 d'une lame d'orientation et de maintien 83, visible sur les figures 8, 9 et 11, et fixée au pont 8 par une vis 801.

**[0094]** De façon analogue, les deuxièmes moyens d'ancrage 302 comportent une pince 13 enserrée dans une douille 130, maintenue angulairement par les becs 730 d'une lame 73 fixée à la platine 7 par une vis 701.

**[0095]** La figure 8 montre les moyens de réglage de tension 20 de la tension du fil de torsion 5 de ce deuxième mode de réalisation. Ces moyens 20 comportent au moins un levier de réglage 85 côté pont, ou/et un levier de réglage 75 côté platine, agissant à chaque fois en appui sur la douille 11, 13, respective, pour modifier sa position.

**[0096]** La figure 12 illustre un tel levier de réglage 85, qui permet d'appliquer un déplacement micrométrique à la pince 11 par réduction d'un déplacement imprimé par une vis 45, traversant le pont 8, au niveau d'un taraudage 850, que comporte le levier de réglage 85, selon un axe D2 à une extrémité de ce levier de réglage 85. L'extrémité 453 de cette vis 45 vient en appui sur une chandelle 44 fixée à la platine 7. Ce levier de réglage 85 comporte au moins, au voisinage immédiat de points fixes de fixation par des vis 851 passant par des alésages 852 selon des axes D1 et en prise avec le pont 8, une zone de section réduite 854, telle qu'une gorge, conférant à ce levier de réglage 85 une élasticité suffisante. Sous l'action de la vis de réglage au niveau du taraudage 850, un bras 853, ou les deux bras 853 selon la configuration illustrée ici, appuie sur la douille 11 et permet un réglage fin de la traction du fil de torsion 5.

**[0097]** Un mécanisme similaire existe du côté de la platine 7, avec un levier de réglage 75 comportant un taraudage 750 selon un axe D4 coopérant avec une vis 702 traversant la platine 7. Le levier de réglage 75 comporte au moins, au voisinage immédiat de points fixes de fixation par des vis 751 passant par des alésages 752 selon des axes D3 et en prise avec la platine 7, une zone de section réduite 754.

**[0098]** Le rapport de réduction du levier 85 côté pont est égal à A2/A1, A2 étant la distance entre les axes D1 et D2, et A1 la distance entre les axes D1 et D.

**[0099]** Le rapport de réduction du levier 75 côté platine est égal à A4/A3, A4 étant la distance entre les axes D3 et D4, et A3 la distance entre les axes D3 et D.

**[0100]** L'effort de traction appliqué au fil 5 est d'environ 0,5N par côté. De préférence, le levier 75 côté platine

permet d'effectuer une précontrainte, et le levier 85 côté pont permet d'effectuer le réglage fin (et l'ajustement de la fréquence).

**[0101]** Dans une réalisation particulière, telle qu'illustrée par les figures, les rapports de réduction sont différents du côté pont et du côté platine.

**[0102]** Dans une réalisation particulière, aux voisinage des deux extrémités du fil de torsion 5, les matériaux choisis pour le levier 85 côté pont, et pour le levier 75 côté platine, ont des coefficients de dilation thermique différents.

**[0103]** Par ailleurs la figure 8 montre un autre moyen de compensation thermique, réalisé par l'interposition d'une chandelle 44 entre d'une part la platine 7, respectivement le pont 8, et d'autre part le levier de réglage opposé 85, respectivement 75, la dilatation de cette chandelle 44 venant, ainsi, modifier la position du levier 85 ou 75 concerné, et, par conséquent, corriger l'appui sur la douille 11, 13, correspondante, et la tension du fil 5. Dans la variante illustrée par les figures, cette chandelle 44 est encastrée dans la platine 7 au niveau d'un lamage 452. Cette chandelle 44 est celle sur laquelle vient en appui l'extrémité 453 de la vis 45 de réglage du levier 85. La surface inférieure 451 de la tête de cette vis 45 est distante d'un lamage 8A du pont 8, avec un jeu J. Le choix du matériau de la chandelle 44 permet d'effectuer une compensation de l'effet thermique, la dilatation de cette chandelle 44 modifiant la position d'appui de l'extrémité 453, et, ainsi, la position du levier de réglage 85 et l'appui sur la pince 11.

**[0104]** L'invention permet la réalisation d'un module équipé 300 indépendant, comportant le fil de torsion 5 porteur d'au moins un balancier 2 en partie médiane, et de moyens d'ancre 301 et 302 à ses deux extrémités. Les premiers moyens d'ancre 301 servent d'enca斯特ment à l'extrémité d'un premier brin utile 51 du fil de torsion 5, et les deuxièmes moyens d'ancre 302 servent d'enca斯特rement à l'extrémité d'un deuxième brin utile 52 du fil de torsion 5, le premier brin utile 51 et le deuxième brin utile 52 étant de part et d'autre du au moins un balancier 2.

**[0105]** La figure 8 représente encore une partie d'un outillage amovible 401 de mise en place d'un tel module équipé 300. La douille 110 comporte une gorge 111 avec laquelle coopère une lèvre 87 de cet outillage 401. De la même façon, une lèvre 77 de l'outillage 401 peut coopérer avec une gorge 131 de la douille 130 enserrant la pince 13 des deuxièmes moyens d'ancre 302. Dans une configuration particulière illustrée par les figures 8 et 9, la platine 7 et le pont 8 sont configurés avec chacun une ouverture latérale pour autoriser l'insertion latérale d'un tel module équipé, la portée des douilles 110 et 130 se faisant sur un demi-cylindre dans cette variante particulière. Les becs 87 et 77 font office de fourchette pour permettre cette insertion et la mise en position, il suffit, ensuite, d'effectuer le réglage en traction par les leviers de réglage 85 et 75, et d'effectuer l'indexage angulaire par les lames 83 et 73.

**[0106]** La figure 9 montre un autre outillage amovible 402 constitué par deux vis de maintien provisoire en position angulaire théorique pour l'assemblage initial. Chaque vis permet d'écartier les becs 830, 730, de la lame 83, 73, concernée, pendant l'insertion du module, le démontage de chaque vis libère les becs correspondants et autorise l'indexage angulaire.

**[0107]** La figure 9 illustre encore, tout particulièrement, une variante avec indexage angulaire au repère. Le bras 83 est maintenu par la vis 801, non au niveau d'un alésage, mais d'une lumière 831, et la vis 801 limite le débattement angulaire de la lame 83 selon l'angle  $\alpha$ . Ceci permet le réglage fin de l'alignement des repères de la cheville de plateau, de la fourchette, et de la ligne d'échappement.

**[0108]** Dans une variante avantageuse visible sur la figure 8, l'organe régulateur 1 comporte au moins un composant, ici une chandelle 44, encastrée dans un logement 452 de la platine 7, et qui s'allonge en même temps que les moyens de rappel en torsion 4, notamment le fil de torsion 5.

**[0109]** L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 200 comportant au moins un tel mouvement 100 d'horlogerie. De préférence, cette pièce 200 est une montre. Et tout particulièrement une telle montre 200 est munie d'un tel organe régulateur 1, qui oscille à une fréquence supérieure ou égale à 5 Hz, et exploite au mieux les avantages de l'organe régulateur 1 à fil de torsion 5 selon l'invention.

**[0110]** En somme, l'emploi d'un fil de torsion approprié offre l'avantage de remplir une double fonction :

- la génération du couple de rappel du balancier, en remplacement du spiral classique ;
- la suspension du balancier,

tout en permettant de s'affranchir des pivots.

**[0111]** Le pendule de torsion a, en théorie, un isochronisme parfait, et la solution mise en oeuvre par l'invention apporte une réponse satisfaisante à la régularité de la marche de la montre, et ceci dans toutes les positions.

## Revendications

1. Organe régulateur (1) de montre, comportant au moins un balancier (2) oscillant autour d'un axe d'oscillation (D) et soumis à un couple de rappel exercé par des moyens de rappel en torsion (4), caractérisé en ce que ledit au moins un balancier (2) comporte des moyens de fixation (10) le rendant solidaire en oscillation d'au moins un fil de torsion (5) qui constitue lesdits moyens de rappel en torsion (4) propres audit au moins un balancier (2), et en ce que la plus grande dimension de la section transversale de la partie utile (51 ; 52) dudit fil de torsion (5) qui est sollicitée en torsion est inférieure à 100 micromètres, en ce que la plus petite dimension de la section

- transversale de ladite partie utile (51 ; 52) est inférieure à 50 micromètres, **en ce que** la longueur totale (LT) dudit fil de torsion (5) est inférieure à 6 millimètres, et **en ce que** ledit organe régulateur (1) comporte des moyens de tension (400) dudit au moins un fil de torsion (5), et **en ce que** ledit fil de torsion (5) a un module d'élasticité supérieur à 100 GPa, et une limite élastique supérieure à 2000 MPa.
2. Organe régulateur (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit balancier (2) comporte, de part et d'autre desdits moyens de fixation (10) selon ledit axe d'oscillation (D), des premiers (15) et des deuxièmes(16) moyens de limitation de l'ébat radial entre ledit fil de torsion (5) et ledit balancier (2).
3. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit fil de torsion (5) est de section transversale rectangulaire ou carrée.
4. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit fil de torsion (5) comporte, pour éloigner tout mode de flexion nuisible, au moins une plaque intermédiaire (53) de section transversale supérieure aux brins utiles (51 ; 52) dudit fil de torsion (5) travaillant en torsion, ladite plaque intermédiaire (53) étant fixée au niveau dudit au moins un balancier (2).
5. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit fil de torsion (5) comporte, pour sa manœuvre par lesdits moyens de tension (400), à au moins une de ses extrémités, au moins une plaque d'extrémité (54; 56) de section transversale supérieure aux brins utiles (51 ; 52) dudit fil de torsion (5) travaillant en torsion.
6. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il forme un module équipé** (300) indépendant, comportant ledit fil de torsion (5) porteur dudit au moins un balancier (2) en partie médiane, et de premiers moyens d'ancrage (301) et de deuxièmes moyens d'ancrage (302) à ses deux extrémités, lesdits premiers moyens d'ancrage (301) servant d'encastrement à l'extrémité d'un premier brin utile (51) dudit fil de torsion (5), et lesdits deuxièmes moyens d'ancrage (302) servant d'encastrement à l'extrémité d'un deuxième brin utile (52) dudit fil de torsion (5), ledit premier brin utile (51) et ledit deuxième brin utile (52) étant de part et d'autre dudit au moins un balancier (2).
7. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de tension (400) comportent, agencés pour l'encastrement dudit au moins un fil de torsion (5), des moyens d'ancrage (30) qui comportent, à une première extrémité dudit fil de torsion (5) des premiers moyens d'ancrage (301), ou/et, à une deuxième extrémité dudit fil de torsion (5) opposée à la première, des deuxièmes moyens d'ancrage (302).
8. Organe régulateur (1) selon les revendications 5 et 7, **caractérisé en ce que** lesdits premiers ou deuxièmes moyens d'ancrage (301 ; 302) comportent une pince (11; 13) agencée pour la réception de ladite plaque d'extrémité (54; 56) et son pincement sous l'action d'une douille (110 ; 130) concentrique à ladite pince (11 ; 13).
- 15 9. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il comporte** des moyens de réglage de tension (20) agencés pour agir sur lesdits moyens de tension (400) pour régler la tension dudit fil de torsion (5).
- 20 10. Organe régulateur (1) selon les revendications 8 et 9, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de réglage de tension (20) sont agencés pour exercer un effort sur ladite pince (11; 13) pour régler sa position.
- 25 11. Organe régulateur (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de réglage de tension (20) comportent au moins un levier de réglage (85 ; 75) agencé pour agir en appui sur ladite douille (11 ; 13) pour modifier sa position, ledit levier de réglage (85 ; 75) comportant au moins une zone de section réduite (854 ; 754) conférant audit levier de réglage (85 ; 75) une élasticité suffisante.
- 30 12. Organe régulateur (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il comporte** un moyen de compensation thermique, réalisé par l'interposition d'une chandelle (44) entre d'une part une platine (7), respectivement un pont (8), entre lesquels platine (7) et pont (8) est tendu ledit fil de torsion (5), et d'autre part ledit levier de réglage opposé (85 ; 75), la dilatation de ladite chandelle (44) modifiant la position dudit levier de réglage concerné, et, par conséquent, corrigeant l'appui sur ladite douille (11 ; 13) et la tension dudit fil de torsion (5),
- 35 13. Organe régulateur (1) selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce qu'il comporte**, à chacune desdites deux extrémités dudit fil de torsion (5), un dit levier de réglage (85 ; 75), qui ont des rapports de réduction qui sont différents, pour réaliser une compensation thermique permettant un ajustement automatique de la tension dudit fil de torsion (5) en fonction de la température.
- 40 14. Organe régulateur (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il est un bâti** (40) monobloc qui comporte ledit fil de torsion (5), ledit balancier (2), et

un cadre (41) rigide, dans lequel est tendu ledit fil de torsion (5).

15. Organe régulateur (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit balancier (2) est réalisé sous forme d'une poutre.

16. Organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit fil de torsion (5) est en alliage au moins partiellement amorphe composé uniquement de zirconium, de titane, de cuivre, de nickel et de beryllium, et comportant entre 41 et 44% en masse de zirconium, entre 11 et 14% en masse de titane, entre 9 et 13 % en masse de cuivre, entre 10 et 11 % en masse de nickel, entre 22 et 25 % en masse de beryllium.

17. Organe régulateur (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit fil de torsion (5) est en verre métallique, ou bien en un alliage au moins partiellement amorphe comportant en masse 75,44% de nickel, 13% de chrome, 4,2% de fer, 4,5% de silicium, 0,06% de carbone, 2,8% de bore.

18. Mouvement (100) d'horlogerie comportant au moins un dit organe régulateur (1) selon l'une des revendications précédentes, oscillant entre une platine (7) et un pont (8), **caractérisé en ce qu'il comporte**, pour l'encastrement dudit fil de torsion (5), des moyens d'ancre (30) dudit organe régulateur (1) constitués par des premiers moyens d'ancre (301) audit pont (8) et par des deuxièmes moyens d'ancre (302) à ladite platine (7), et qui définissent ensemble ledit axe d'oscillation (D) dudit organe régulateur (1).

19. Mouvement (100) d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il comporte** des moyens de réglage de tension (20) dudit fil de torsion (5) par un réglage de l'éloignement entre ledit pont (8) et ladite platine (7).

20. Mouvement (100) d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de réglage de tension (20) comportent une douille filetée (23) laquelle coopère de façon complémentaire avec un taraudage (74) de ladite platine (7), et **en ce que** au moins une vis (22) coopérant avec un écrou (5) solidaire de ladite platine (7) est agencée pour pousser ledit pont (8) vers ladite platine (7), en appui sur ladite douille (23) dans sa position de réglage.

21. Pièce d'horlogerie (200) comportant au moins un mouvement (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 19 ou 20, **caractérisée en ce qu'elle est une montre, et en ce que** ledit organe régulateur (1) oscille à une fréquence supérieure ou égale à 5

Hz.

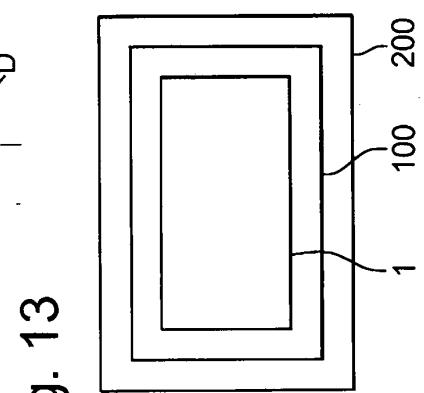
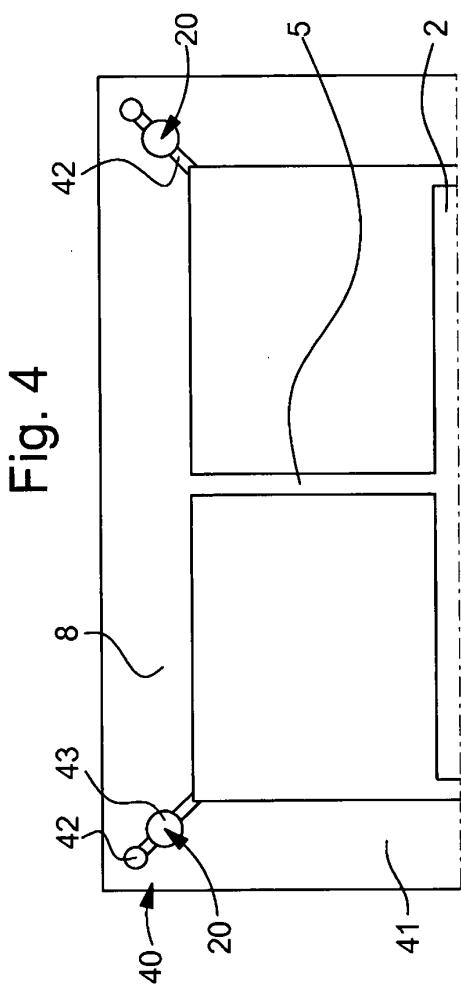
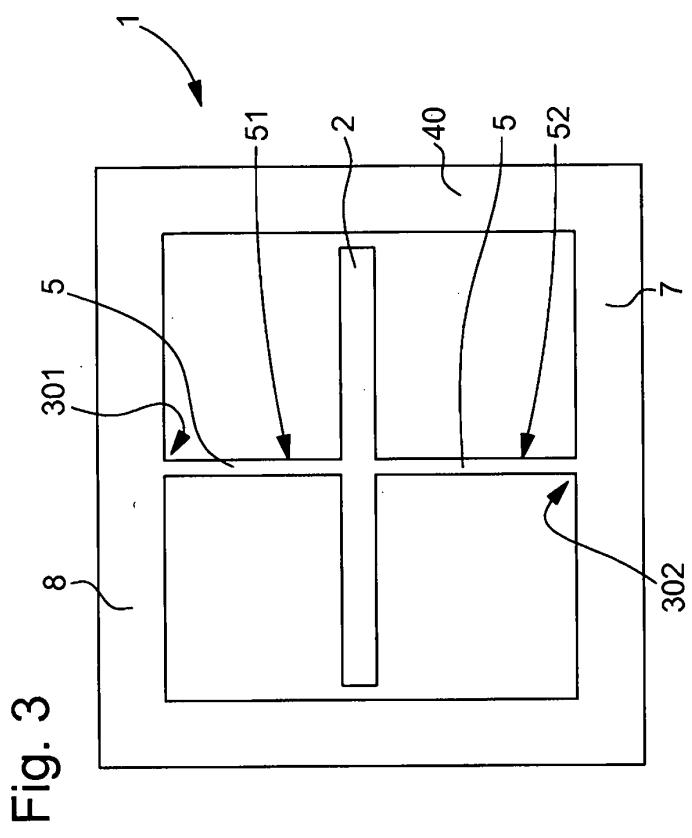
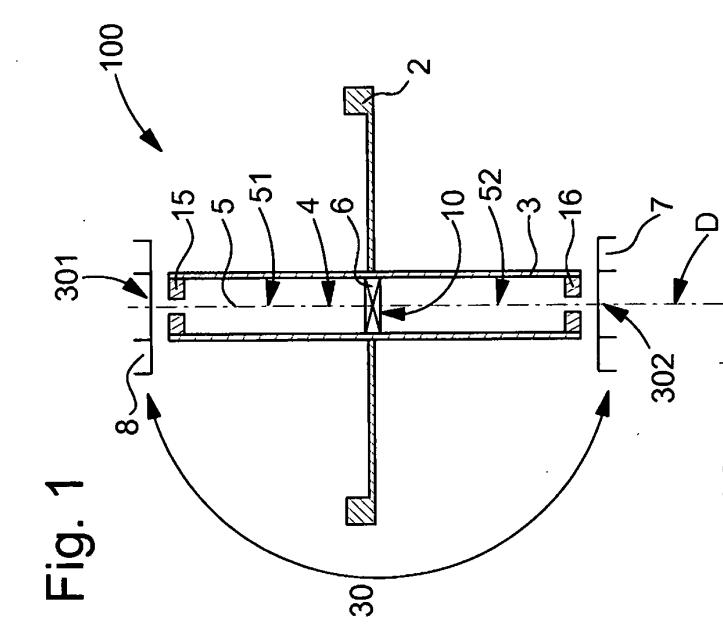
### Patentansprüche

1. Uhrenregulierungsorgan (1), das wenigstens eine Unruh (2) umfasst, die um eine Oszillationsachse (D) oszilliert und einem durch Torsionsrückstellmittel (4) ausgeübten Rückstelldrehmoment unterliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Unruh (2) Fixierungsmittel (10) umfasst, die sie oszillationsfest mit wenigstens einem Torsionsdraht (5) verbinden, der die Torsionsrückstellmittel (4) bildet, die zu der wenigstens einen Unruh (2) gehören, und dass die größte Abmessung des Querschnitts des Nutzteils (51; 52) des Torsionsdrahts (5), der torsionsbelastet ist, kleiner als 100 Mikrometer ist, dass die kleinste Abmessung des Querschnitts des Nutzteils (51; 52) kleiner als 50 Mikrometer ist, dass die Gesamtlänge (LT) des Torsionsdrahts (5) kleiner als 6 Millimeter ist, dass das Regulierungsorgan (1) Mittel (400) zum Spannen des wenigstens einen Torsionsdrahts (5) enthält und dass der Torsionsdraht (5) einen Elastizitätsmodul, der größer als 100 GPa ist, und eine Elastizitätsgrenze, die größer als 2000 MPa ist, besitzt.
2. Regulierungsorgan (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unruh (2) beiderseits der Fixierungsmittel (10) längs der Oszillationsachse (D) erste Mittel (15) und zweite Mittel (16) zum Begrenzen des radialen Ausschlags zwischen dem Torsionsdraht (5) und der Unruh (2) umfasst.
3. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Torsionsdraht (5) einen rechtwinkligen oder quadratischen Querschnitt besitzt.
4. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Torsionsdraht (5), um jeglichen schädlichen Biegemodus zu beseitigen, wenigstens eine Zwischenplatte (53) mit einem Querschnitt, der größer ist als jener der Nutzstränge (51; 52) des Torsionsdrahts (5), die bei der Torsion wirken, wobei die Zwischenplatte (53) auf Höhe der wenigstens einen Unruh (2) befestigt ist.
5. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Torsionsdraht (5) für seine Betätigung durch die Spannmittel (400) an wenigstens einem seiner Enden wenigstens eine Stirnplatte (54; 56) umfasst, deren Querschnitt größer ist als jener der Nutzstränge (51; 52) des Torsionsdrahts (5), die bei der Torsion wirken.

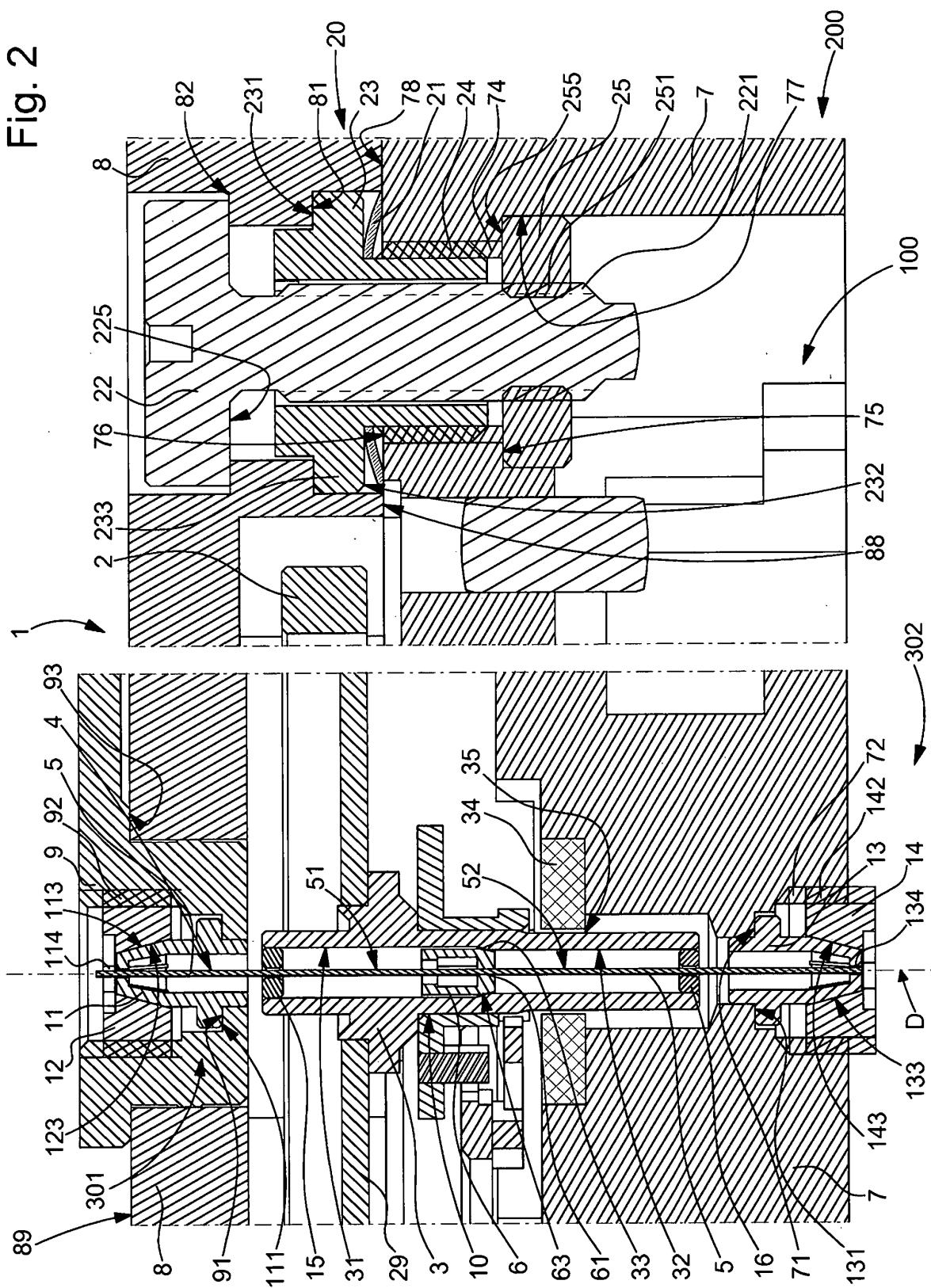
6. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein unabhängiges bestücktes Modul (300) bildet, das den Torsionsdraht (5) enthält, der in seinem Mittelabschnitt die wenigstens eine Unruh (2) und an seinen beiden Enden erste Verankerungsmittel (301) bzw. zweite Verankerungsmittel (302) trägt, wobei die ersten Verankerungsmittel (301) dem Einrasten am Ende eines ersten Nutzstrangs (51) des Torsionsdrahts (5) dienen und die zweiten Verankerungsmittel (302) dem Einklemmen am Ende eines zweiten Nutzstrangs (52) des Torsionsdrahts (5) dienen, wobei sich der erste Nutzstrang (51) und der zweite Nutzstrang (52) beiderseits der wenigstens einen Unruh (2) befinden. 5
7. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannmittel (400) Verankerungsmittel (30) umfassen, die dafür ausgelegt sind, den wenigstens einen Torsionsdraht (5) einzuklemmen, und die an einem ersten Ende des Nutzdrahts (5) erste Verankerungsmittel (301) und/oder an einem zweiten Ende des Torsionsdrahts (5) gegenüber dem ersten Ende zweite Verankerungsmittel (302) umfassen. 10
8. Regulierungsorgan (1) nach den Ansprüchen 5 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten oder die zweiten Verankerungsmittel (301; 302) eine Klaue (11; 13) umfassen, die dafür ausgelegt ist, die Stirnplatte (54; 56) aufzunehmen und sie unter der Wirkung einer zu der Klaue (11; 13) konzentrischen Hülse (110; 130) einzuklemmen. 15
9. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Spannungsregulierungsmittel (20) umfasst, die dafür ausgelegt sind, auf die Spannmittel (400) einzuwirken, um die Spannung des Torsionsdrahts (5) zu regulieren. 20
10. Regulierungsorgan (1) nach den Ansprüchen 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannungsregulierungsmittel (20) dafür ausgelegt sind, auf die Klaue (11; 13) eine Kraft auszuüben, um ihre Position zu regulieren. 25
11. Regulierungsorgan (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannungsregulierungsmittel (20) wenigstens einen Regulierungshebel (85; 75) umfassen, der dafür ausgelegt ist, sich auf der Hülse (11; 13) abzustützen, um deren Position zu verändern, wobei der Regulierungshebel (85; 75) wenigstens eine Zone (854; 754) mit verringertem Querschnitt aufweist, die dem Regulierungshebel (85; 75) eine ausreichende Elastizität verleiht. 30
12. Regulierungsorgan (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Wärmekompensationsmittel umfasst, das durch Einfügen eines Blocks (44) einerseits zwischen eine Platine (7) bzw. eine Brücke (8), wobei zwischen der Platine (7) und der Brücke (8) der Torsionsdraht (5) gehalten wird, und andererseits dem gegenüber befindlichen Regulierungshebel (85; 75) verwirklicht ist, wobei die Dehnung des Blocks (44) die Position des betreffenden Regulierungshebels verändert und folglich die Abstützung auf der Hülse (11; 13) und die Spannung des Torsionsdrahts (5) korrigiert. 35
13. Regulierungsorgan (1) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es an jedem der zwei Enden des Torsionsdrahts (5) einen Regulierungshebel (85; 75) umfasst, die Untersetzungen haben, die unterschiedlich sind, um eine Wärmekompensation zu verwirklichen, die eine automatische Einstellung der Spannung des Torsionsdrahts (5) als Funktion der Temperatur ermöglicht. 40
14. Regulierungsorgan (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Monoblockgehäuse (40) ist, das den Torsionsdraht (5), die Unruh (2) und einen starren Rahmen (41), in dem der Torsionsdraht (5) gehalten wird, umfasst. 45
15. Regulierungsorgan (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unruh (2) in Form eines Trägers verwirklicht ist. 50
16. Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Torsionsdraht (5) aus einer Legierung besteht, die wenigstens teilweise amorph ist und ausschließlich aus Zirkon, Titan, Kupfer, Nickel und Beryllium gebildet ist und 41 bis 44 Massen-% Zirkon, 11 bis 14 Massen-% Titan, 9 bis 13 Massen-% Kupfer, 10 bis 11 Massen-% Nickel und 22 bis 25 Massen-% Beryllium enthält. 55
17. Regulierungsorgan (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Torsionsdraht (5) aus metallischem Glas oder aus einer wenigstens teilweise amorphen Legierung, die 75,44 Massen-% Nickel, 13 Massen-% Chrom, 4,2 Massen-% Eisen, 4,5 Massen-% Silicium, 0,06 Massen-% Kohlenstoff und 2,8 Massen-% Bor enthält, gebildet ist. 60
18. Uhrwerk (100), das wenigstens ein Regulierungsorgan (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst, das zwischen einer Platine (7) und einer Brücke (8) oszilliert, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zum Einklemmen des Torsionsdrahts (5) Verankerungsmittel (30) des Regulierungsorgans (1) umfasst, die durch erste Verankerungsmittel (301) an der Brücke (8) und durch zweite Veranke- 65

- rungsmittel (302) an der Platine (7) gebildet sind und die zusammen die Oszillationsachse (D) des Regulierungsorgans (1) bilden.
19. Uhrwerk (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Spannungsregulierungsmittel (20) des Torsionsdrahts (5) durch eine Regulierung des Abstands zwischen der Brücke (8) und der Platine (7) umfasst.
20. Uhrwerk (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannungsregulierungsmittel (20) eine Gewindehülse (23) umfassen, die mit einem Gewinde (74) der Platine (7) komplementär zusammenwirkt, und dass wenigstens eine Schraube (22), die mit einer mit der Platine (7) fest verbundenen Mutter (5) zusammenwirkt, dafür ausgelegt ist, die Brücke (8) zu der Platine (7) zu drängen, indem sie sich in ihrer Regulierungsposition auf der Hülse (23) abstützt.
21. Zeitmessgerät (200), das wenigstens ein Uhrwerk (100) nach einem der Ansprüche 19 oder 20 umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Uhr ist und dass das Regulierungsorgan (1) mit einer Frequenz, die größer oder gleich 5 Hz ist, oszilliert.
- Claims**
- Watch regulating member (1), comprising at least one balance wheel (2) oscillating about an axis of oscillation (D) and subjected to a return torque exerted by torsion return means (4), **characterized in that** said at least one balance wheel (2) includes means of attachment (10) causing said balance to oscillate integrally with at least one torsion wire (5) which forms said torsion return means (4) specific to said at least one balance wheel (2), and **in that** the largest dimension of the cross-section of the useful portion (51; 52) of said torsion wire (5) which is subjected to torsion is less than 100 micrometres, **in that** the smallest dimension of the cross-section of said useful portion (51; 52) is less than 50 micrometres, **in that** the total length (LT) of said torsion wire (5) is less than 6 millimetres, and **in that** said regulating member (1) comprises means (400) of tensioning said at least one torsion wire (5), and **in that** said torsion wire (5) has a modulus of elasticity greater than 100 GPa, and an elastic limit greater than 2000 MPa.
  - Regulating member (1) according to claim 1, **characterized in that** said balance wheel (2) comprises, on either side of said attachment means (10) along said axis of oscillation (D), first (15) and second (16) means of limiting the radial clearance between said torsion wire (5) and said balance wheel (2).
  - Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said torsion wire (5) is of rectangular or square cross-section.
  - Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that**, to avoid any detrimental bending mode, said torsion wire (5) comprises at least one intermediate plate (53) of greater cross-section than the useful strands (51; 52) of said torsion wire (5) working in torsion, said intermediate plate (53) being fixed to said at least one balance wheel (2).
  - Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that**, for operation by said tensioning means (400), said torsion wire (5) comprises, at at least one end thereof, at least one end plate (54; 56) of greater cross-section than the useful strands (51; 52) of said torsion wire (5) working in torsion.
  - Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the member forms an independent equipped module (300), comprising said torsion wire (5) carrying said at least one balance wheel (2) in the median part thereof, and first anchoring means (301) and second anchoring means (302) at the two ends thereof, said first anchoring means (301) being used for embedding the end of a first useful strand (51) of said torsion wire (5), and said second anchoring means (302) being used for embedding the end of a second useful strand (52) of said torsion wire (5), said first useful strand (51) and said second useful strand (52) being on either side of said at least one balance wheel (2).
  - Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said tensioning means (400) include anchoring means (30), which are arranged for embedding said at least one torsion wire (5), and which include, at a first end of said torsion wire (5), first anchoring means (301), and/or at a second end of said torsion wire (5) opposite the first end, second anchoring means (302).
  - Regulating member (1) according to claims 5 and 7, **characterized in that** said first or second anchoring means (301; 302) comprise a clamp (11; 13) arranged for receiving said end plate (54; 56) and clamping said end plate (54; 56) under the action of a bush (110; 130) concentric to said clamp (11; 13).
  - Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the member comprises tension adjustment means (20) arranged to act on said tensioning means (400) to adjust the tension of said torsion wire (5).

10. Regulating member (1) according to claims 8 and 9, **characterized in that** said tension adjustment means (20) are arranged to exert a force on said clamp (11; 13) to adjust the position thereof.
11. Regulating member (1) according to the preceding claim, **characterized in that** said tension adjustment means (20) comprise at least one adjustment lever (85; 75) arranged to act in abutment on said bush (11; 13) to modify the position thereof, said adjustment lever (85; 75) comprising at least one area of reduced cross-section (854; 754) conferring sufficient elasticity on said adjustment lever (85; 75). 10
12. Regulating member (1) according to the preceding claim, **characterized in that** said member comprises a thermal compensation means, formed by the insertion of a small connecting rod (44) between, on the one hand, a plate (7) or respectively a bridge (8), between which plate (7) and bridge (8) is stretched said torsion wire (5), and, on the other hand, said opposite adjustment lever (85; 75), the expansion of said rod (44) modifying the position of said adjustment lever concerned, and, consequently, correcting the pressure on said bush (11; 13) and the tension of said torsion wire (5). 15
13. Regulating member (1) according to claims 11 or 12, **characterized in that** said member includes, at each of said two ends of said torsion wire (5), a said adjustment lever (85; 75), which have reduction ratios that are different, to achieve thermal compensation allowing for automatic adjustment of the tension of said torsion wire (5) as a function of temperature. 20
14. Regulating member (1) according to claim 1, **characterized in that** said member is a one-piece structure (40) that comprises said torsion wire (5), said balance wheel (2), and a rigid frame (41) in which said torsion wire (5) is stretched. 25
15. Regulating member (1) according to the preceding claim, **characterized in that** said balance wheel (2) is made in the form of a beam. 30
16. Regulating member (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said torsion wire (5) is made of an at least partially amorphous alloy formed solely of zirconium, titanium, copper, nickel and beryllium, and comprising in mass percent between 41 and 44% of zirconium, between 11 and 14% of titanium, between 9 and 13 % of copper, between 10 and 11% of nickel, and between 22 and 25% of beryllium. 35
17. Regulating member (1) according to claim 1, **characterized in that** said torsion wire (5) is made of metallic glass, or an at least partially amorphous al- 40
- loy comprising in mass percent 75.44% of nickel, 13% of chromium, 4.2% of iron, 4.5% of silicon, 0.06% of carbon and 2.8% of boron. 45
- 5 18. Timepiece movement (100) comprising at least one said regulating member (1) according to any of the preceding claims, oscillating between a plate (7) and a bridge (8), **characterized in that**, for embedding said torsion wire (5), the movement includes means (30) for anchoring said regulating member (1), formed by first means (301) for anchoring to said bridge (8) and by second means (302) for anchoring to said plate (7), and which together define said axis of oscillation (D) of said regulating member (1).
19. Timepiece movement (100) according to the preceding claim, **characterized in that** the movement includes means (20) for adjusting the tension of said torsion wire (5) by adjusting the distance between said bridge (8) and said plate (7). 50
20. Timepiece movement (100) according to the preceding claim, **characterized in that** said tension adjustment means (20) include a threaded bush (23) which cooperates in a complementary manner with an internal thread (74) of said plate (7), and **in that** at least one screw (22) cooperating with a nut (5) integral with said plate (7) is arranged to push said bridge (8) towards said plate (7), in abutment on said bush (23) in the adjustment position thereof.
21. Timepiece (200) including at least one timepiece movement (100) according to any of claims 19 or 20, **characterized in that** the timepiece is a watch, and **in that** said regulating member (1) oscillates at a frequency higher than or equal to 5 Hz. 55



**Fig. 2**



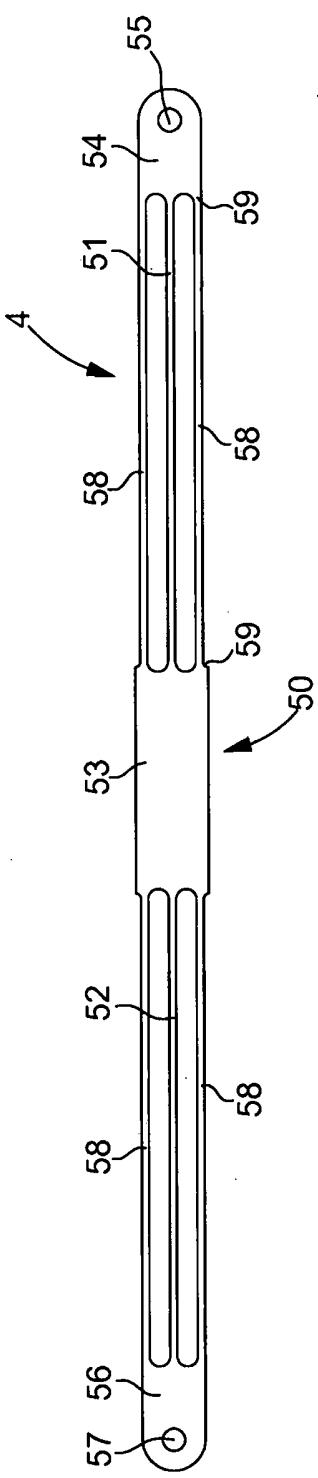


Fig. 6

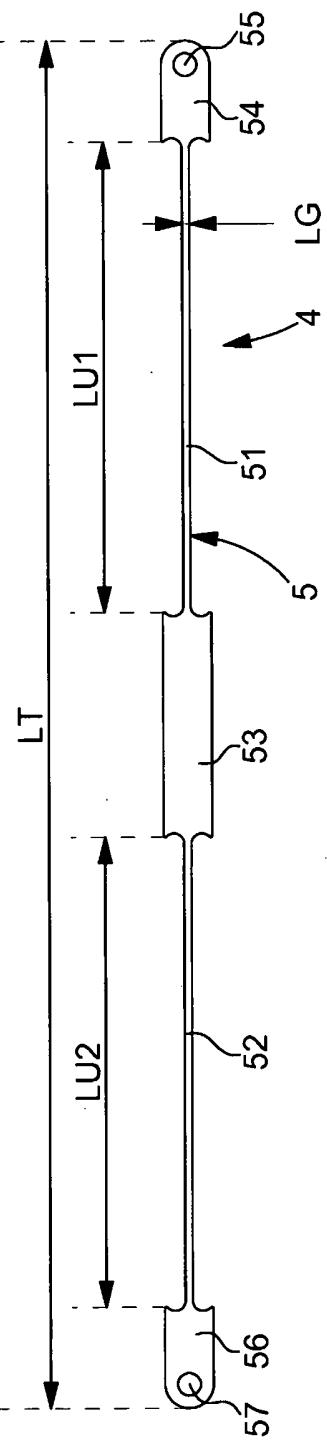


Fig. 5

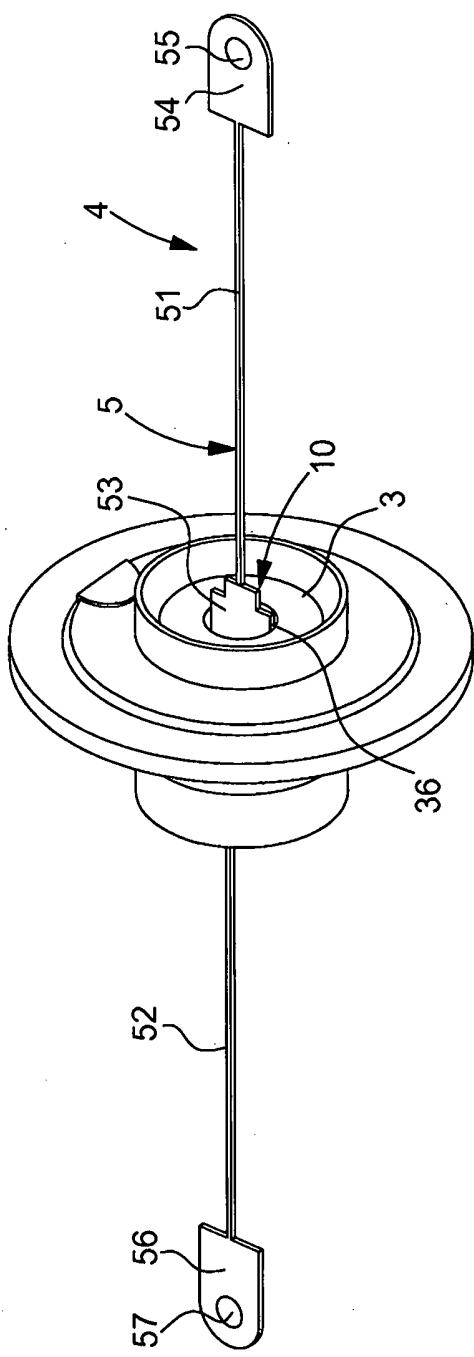
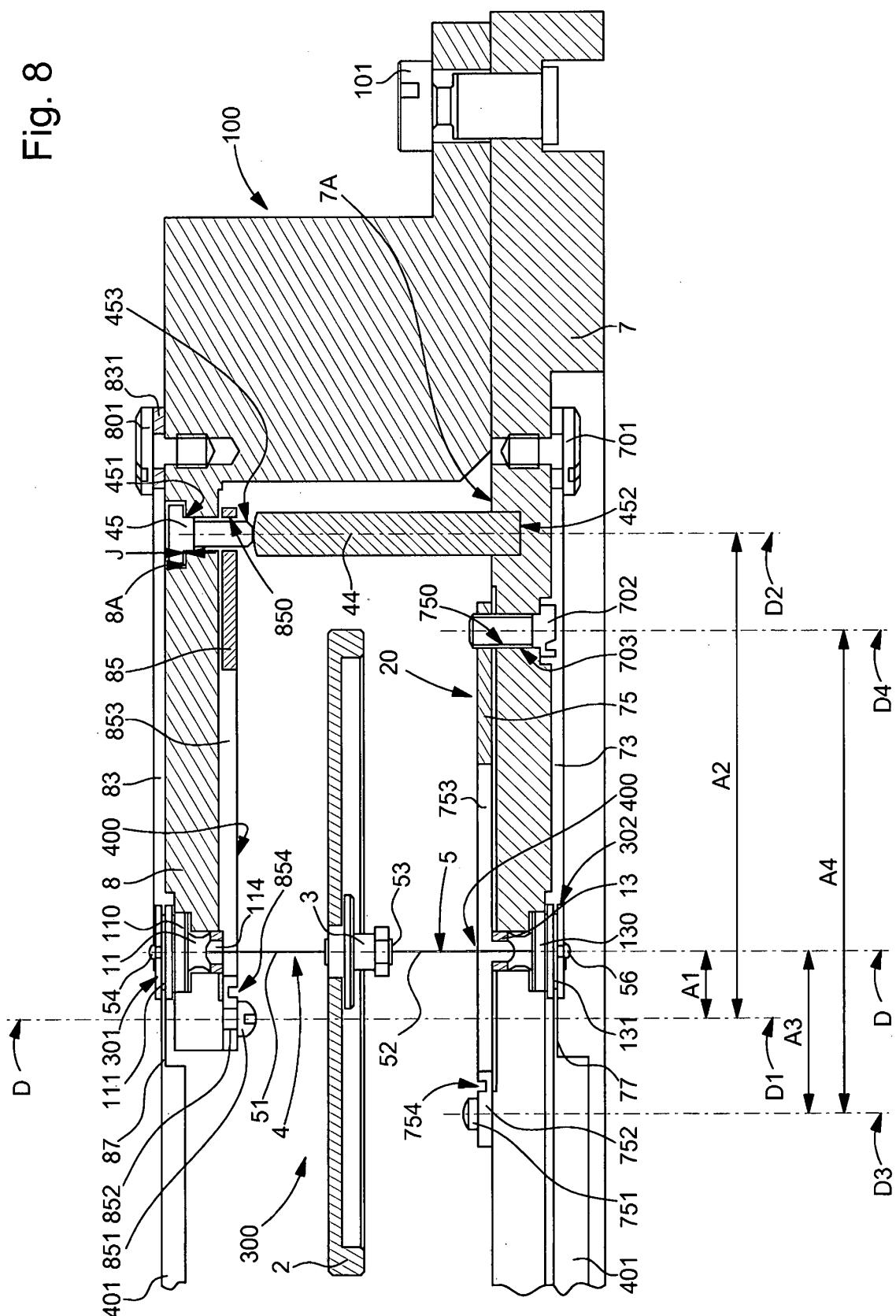


Fig. 7

8  
Fig.



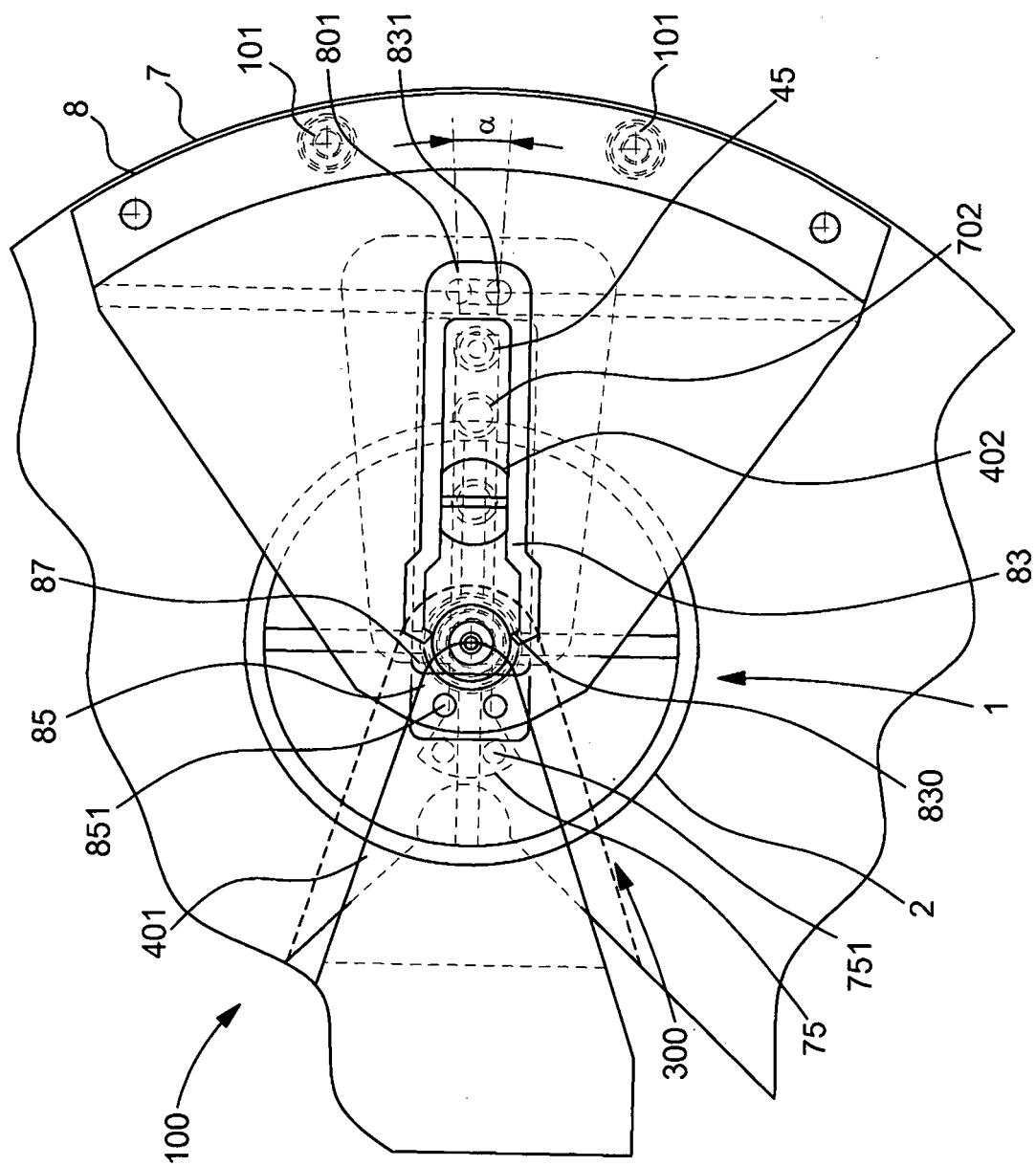


Fig. 9

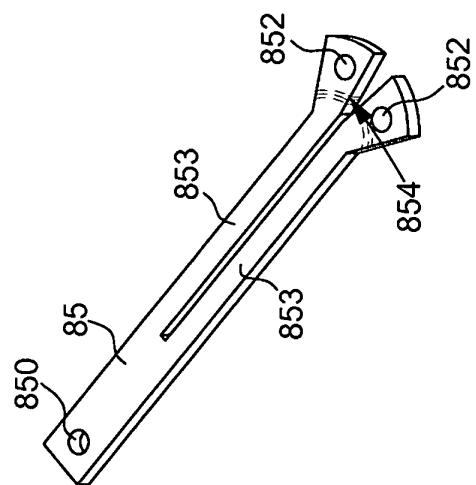


Fig. 12

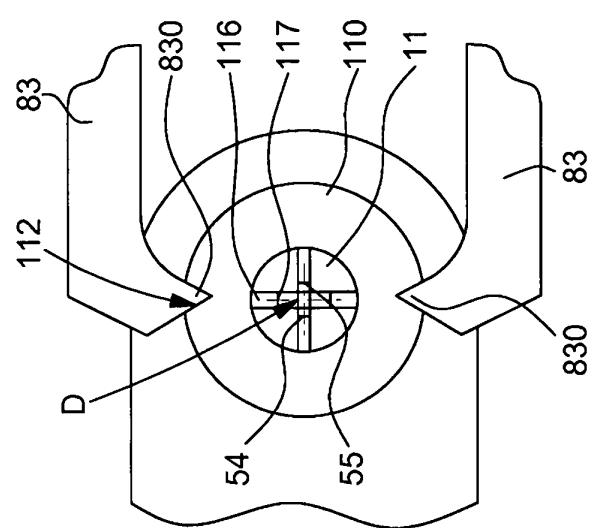


Fig. 11

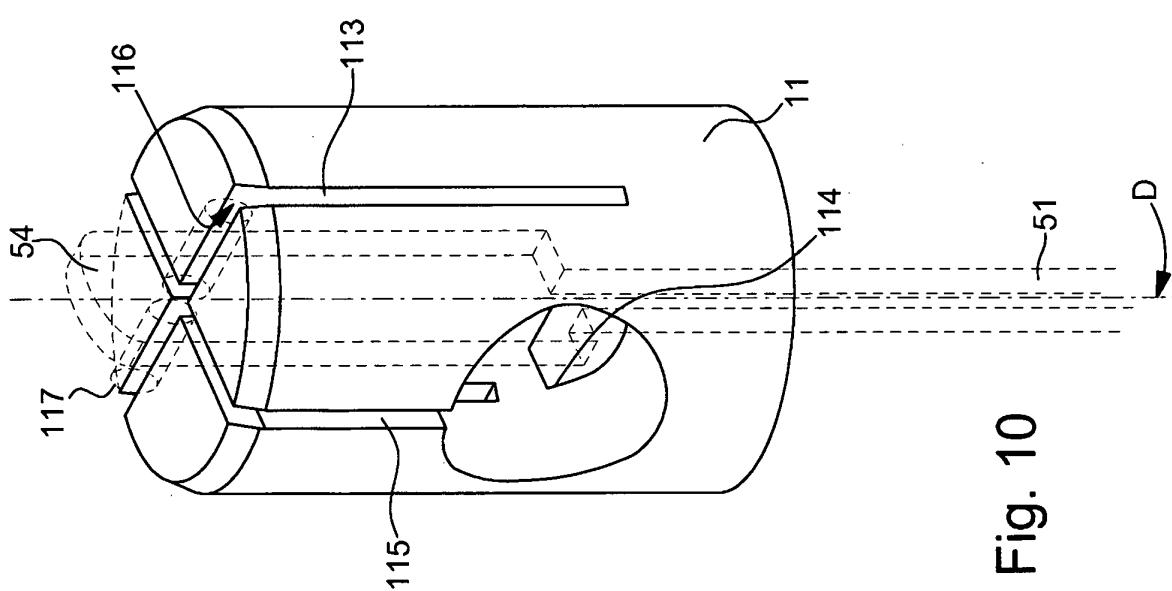


Fig. 10

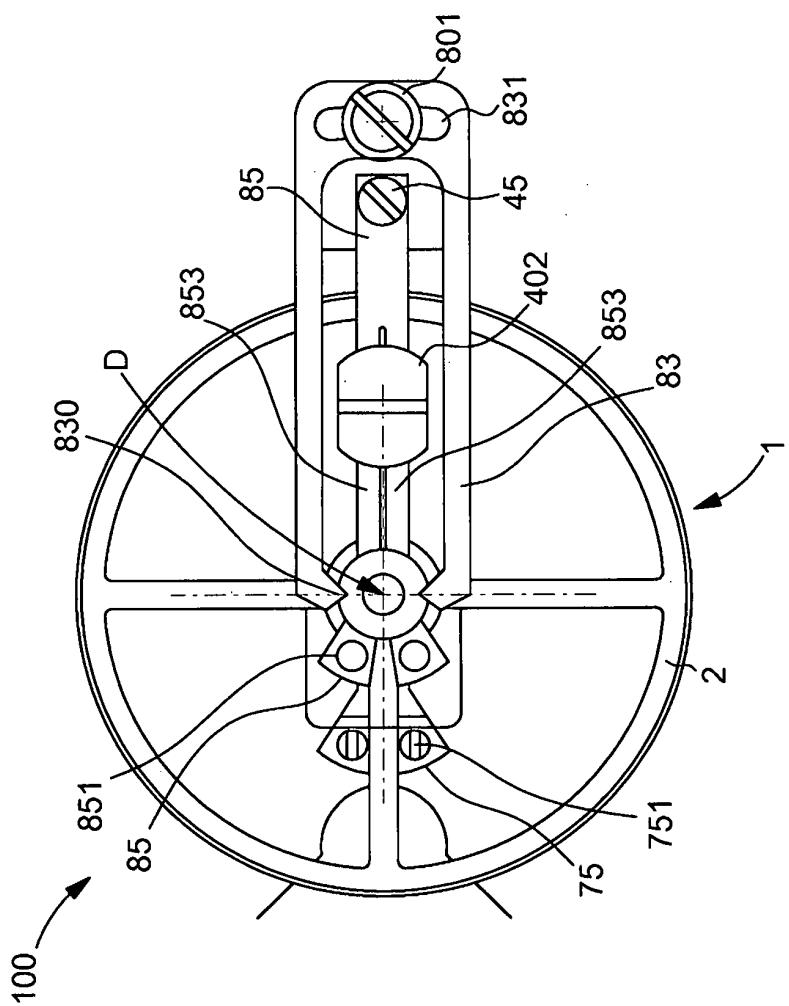
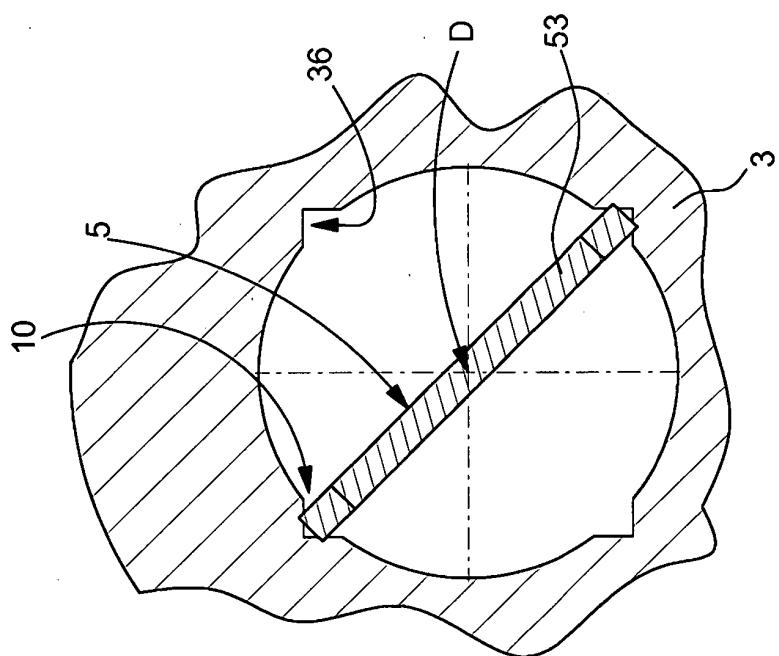


Fig. 9A

Fig. 7A



**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**

- GB 616969 A [0008]
- US 3635013 A, BERTSCH HANNS [0009]
- DE 251558 C, BRUNO KRAUSZE [0009]
- US 5772803 A, PEKER ATAKAN [0010]
- EP 2133756 A2, ROLEX SA [0011]
- WO 2011069273 A1, ROLEX SA [0011]
- EP 2154581 A1, ROLEX SA [0011]