



(11)

EP 4 432 020 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
18.09.2024 Bulletin 2024/38

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 18/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **23161901.6**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 18/06

(22) Date de dépôt: **14.03.2023**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **COLPO, Fabiano**
1004 Lausanne (CH)
• **MUSY, Grégory**
1052 Le Mont-sur-Lausanne (CH)

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

(71) Demandeur: **ROLEX SA**
1211 Genève 26 (CH)

(54) **MOUVEMENT HORLOGER**

(57) Mouvement horloger (300) comprenant :
- un système réglant (150), et
- un dispositif (200) de réglage,
le système réglant (150) comprenant :
- un bâti (6),
- un balancier assemblé (4) pivoté relativement au bâti (6) autour d'un axe géométrique (A4) et comprenant des vis ou des masselottes déplaçables (43a, 43b et 44a, 44b) d'ajustement de l'inertie du balancier assemblé (4),
- un système de rappel élastique (1, 2, 3) destiné à relier le balancier assemblé (4) au bâti (6) de sorte que le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) forment un oscillateur (100),
le système de rappel élastique (1, 2, 3) comprenant :
- un premier élément de rappel élastique se présentant

sous la forme d'un premier ressort-spiral (1) ayant une première raideur k1,
- un deuxième élément de rappel élastique (2) ayant une deuxième raideur k2, et
- un troisième élément de rappel élastique (3) ayant une troisième raideur k3,
le premier élément de rappel élastique (1) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en série entre le balancier assemblé (4) et le bâti (6), et
le troisième élément de rappel élastique (3) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en parallèle entre le bâti (6) et le premier élément de rappel élastique (1).

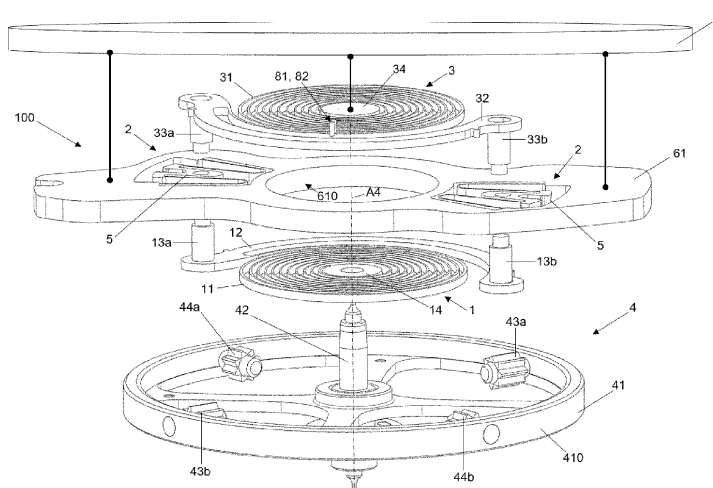


Figure 4

Description

[0001] L'invention concerne un système réglant pour mouvement horloger. L'invention concerne aussi un dispositif de modification de la raideur d'un élément de rappel élastique. L'invention concerne encore un mouvement horloger comprenant un tel système réglant ou un tel dispositif de modification de raideur. L'invention concerne enfin une pièce d'horlogerie comprenant un tel mouvement horloger ou un tel système réglant ou un tel dispositif de modification de raideur.

[0002] Les mouvements horlogers mécaniques sont communément dotés d'un oscillateur prenant la forme d'un ensemble constitué d'un élément inertiel et d'un élément de rappel élastique, en particulier d'un balancier et d'un ressort-spiral.

[0003] Afin qu'un tel ensemble puisse constituer une base de temps suffisamment précise pour garantir la bonne marche du mouvement, des moyens de réglage de l'élément inertiel ou de l'élément de rappel élastique sont utilisés. Il peut par exemple s'agir de moyens d'ajustement permettant de faire varier l'inertie de l'élément inertiel, ou de moyens permettant d'agir sur la raideur de l'élément de rappel élastique. En particulier, l'élément inertiel peut être pourvu de masselottes ou de vis de réglage déplaçables afin de permettre un ajustement plus ou moins fin de la marche du mouvement, de l'ordre de quelques secondes ou dizaines de secondes par jour. Ces masselottes peuvent par exemple être manipulées par un horloger lorsque l'élément inertiel est à l'arrêt, et *a fortiori* lorsque le mouvement est à l'arrêt. Complémentairement ou alternativement, la raideur de l'élément de rappel élastique peut être ajustée en modifiant la longueur effective dudit élément, par exemple par le biais d'une raquette. Si un tel système a pour avantage de pouvoir être manipulé alors que l'élément inertiel est en mouvement, celui-ci n'est toutefois pas satisfaisant pour rendre le réglage suffisamment précis, avec une précision comparable à celle procurée par le déplacement des masselottes ou des vis de réglage de l'élément inertiel.

[0004] La demande de brevet EP4006648 se rapporte à un dispositif de réglage de la longueur effective d'un premier élément de rappel élastique relié à un élément inertiel, qui présente la particularité d'être directement intégré audit premier élément de rappel élastique. En particulier, ce document divulgue un premier élément de rappel élastique prenant la forme d'un ressort-spiral dont l'extrémité extérieure comprend un ensemble d'éléments élastiques. Ces derniers sont prévus pour faire déplacer une pince de manière précise en regard de la partie terminale de l'extrémité extérieure du ressort-spiral. La longueur effective du ressort-spiral peut ainsi être ajustée, ce qui induit une modification de la raideur du ressort-spiral et donc une modification de la fréquence de l'oscillateur, à savoir de l'ensemble élément inertiel - ressort-spiral, par modification du rapport k/I où k est la raideur du ressort-spiral et I l'inertie du balancier. Néanmoins,

un tel dispositif est particulièrement sensible aux variations de la longueur effective du ressort-spiral. En effet, pour un oscillateur doté par exemple d'une fréquence nominale de 4 Hz, une modification de la raideur du ressort-spiral de l'ordre de 10% induit une variation de marche de plusieurs milliers de secondes par jour. Il est ainsi très délicat, avec un tel dispositif de réglage, de parvenir à un réglage fin de l'ordre de quelques secondes ou dizaines de secondes par jour. Pour un ressort-spiral donné, on peut estimer à quelques dizaines de micromètres l'ajustement de longueur nécessaire pour un réglage de la marche de l'ordre d'une dizaine de secondes par jour. De plus, une action directe sur la longueur du ressort-spiral entraîne des risques de perturbation du fonctionnement de l'oscillateur.

[0005] Le brevet FR833085 concerne un procédé de synchronisation d'un oscillateur d'une horloge mécanique avec un oscillateur de référence électrique. Selon une forme d'exécution particulière illustrée par la figure 2 du fascicule, l'oscillateur de l'horloge comprend un balancier rappelé par deux spiraux, préférentiellement de mêmes dimensions, dont les extrémités intérieures respectives sont solidaires de l'axe du balancier et les extrémités extérieures respectives sont solidaires d'un bâti, la longueur active d'un des deux spiraux étant modifiable par le biais d'un dispositif annexe piloté par l'oscillateur de référence électrique. Un tel agencement, avec deux spiraux disposés en parallèle, permet de gagner en finesse de réglage de la marche de l'horloge mécanique, d'un facteur 2, car la raideur d'un seul des deux ressorts est susceptible d'être modifiée. Néanmoins, ce gain n'est pas suffisant pour parvenir à un réglage fin de l'ordre de quelques secondes ou dizaines de secondes par jour, notamment par le biais d'une raquette.

[0006] La demande de brevet EP4009115 divulgue un oscillateur présentant la particularité de comprendre un premier élément de rappel élastique prenant la forme d'un ressort-spiral relié à un élément inertiel prenant la forme d'un balancier, ainsi qu'un deuxième élément de rappel élastique relié en série avec le ressort-spiral, la raideur de ce deuxième élément de rappel élastique étant modifiable par le biais de moyens de précontrainte prévus pour appliquer une force ou un couple variable sur le deuxième élément de rappel élastique, sans modification de la raideur du ressort-spiral. Préférentiellement, la raideur du deuxième élément de rappel élastique est supérieure à celle du ressort-spiral, si bien qu'une modification de la raideur du deuxième élément de rappel élastique permet un réglage de la marche plus fin que si on agissait directement sur la raideur du ressort-spiral. Toutefois, cette modification de raideur du deuxième élément de rappel élastique devrait pouvoir se faire sans faire varier la position de l'extrémité extérieure du ressort-spiral en regard de l'axe de rotation du balancier, notamment en regard de l'isochronisme de l'oscillateur, ce qui en pratique est délicat à concrétiser.

[0007] La demande de brevet EP4016194 divulgue un concept similaire à celui faisant l'objet de la demande

EP4009115, mais pour un oscillateur monolithique. En particulier, cet oscillateur comprend un guidage flexible formé de lames élastiques, qui est prévu pour définir un pivot virtuel d'un élément inertiel, ainsi que des moyens d'ajustement de la raideur de l'oscillateur comprenant un élément flexible agencé en série du guidage flexible. Ces moyens d'ajustement comprennent également des moyens de précontrainte prévus pour appliquer une force ou un couple variable sur l'élément flexible de sorte à faire varier sa raideur, et ce sans faire varier l'emplacement du pivot virtuel défini par le guidage flexible, ce qui en pratique est délicat à concrétiser.

[0008] Le but de l'invention est de fournir un système réglant permettant de résoudre les problèmes évoqués précédemment et d'améliorer les systèmes réglants connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un système réglant permettant un réglage fin et fiable d'une fréquence d'oscillation d'un oscillateur. Grâce à un tel système, le réglage peut être effectué alors que l'oscillateur est en fonctionnement et sans le perturber.

[0009] Selon un premier aspect de l'invention, des objets sont définis par les propositions qui suivent :

1. Système réglant (150 ; 150') pour mouvement horloger (300) comprenant :

- un élément inertiel (4 ; 4'),
- un bâti (6), et
- un système de rappel élastique (1 ; 1', 2, 3) destiné à relier l'élément inertiel (4 ; 4') au bâti (6) de sorte que l'élément inertiel (4 ; 4') et le système de rappel élastique (1 ; 1', 2, 3) forment un oscillateur (100 ; 100'),

le système de rappel élastique (1 ; 1', 2, 3) comprenant :

- un premier élément de rappel élastique (1 ; 1') ayant une première raideur k_1 ,
- un deuxième élément de rappel élastique (2) ayant une deuxième raideur k_2 ,
- un troisième élément de rappel élastique (3) ayant une troisième raideur k_3 , et
- un dispositif (200) de modification de la troisième raideur k_3 ,

le premier élément de rappel élastique (1 ; 1') et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en série entre l'élément inertiel (4 ; 4') et le bâti (6), et

le troisième élément de rappel élastique (3) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en parallèle entre le bâti (6) et le premier élément de rappel élastique (1 ; 1').

2. Système réglant (150 ; 150') selon la proposition 1, caractérisé :

- en ce que $k_2 + k_3 > k_1$, voire $k_2 + k_3 \gg k_1$, en particulier $k_2 + k_3 > 10 \times k_1$, et/ou
- en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 , en particulier en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 et sensiblement plus grande que la troisième raideur k_3 .

3. Système réglant (150 ; 150') selon la proposition 1 ou 2, caractérisé :

- en ce que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3 = \alpha \times k_1$ avec $0,5 \leq \alpha \leq 2$, et
- en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 , en particulier $k_2 = \beta \times k_1$ et/ou $k_2 = \beta \times k_3$ avec $10 \leq \beta \leq 80$, préférentiellement $\beta = 20$ ou $\beta \sim 20$.

4. Système réglant (150 ; 150') selon la proposition 1 ou 2, caractérisé :

- en ce que les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3 = \gamma \times k_2$ avec $0,5 \leq \gamma \leq 2$, et
- en ce que les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont sensiblement plus grandes que la première raideur k_1 , en particulier $k_2 = \delta \times k_1$ et/ou $k_3 = \delta \times k_1$ avec $100 \leq \delta \leq 200$, préférentiellement $\delta = 125$ ou $\delta \sim 125$.

5. Système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 4, caractérisé en ce que l'élément inertiel (4 ; 4') et le système de rappel élastique (1 ; 1', 2, 3) sont configurés et/ou agencés de sorte que la fréquence d'oscillation de l'oscillateur (100 ; 100') est comprise entre 8 Hz et 100 Hz, voire est égale ou supérieure à 100 Hz.

6. Système réglant (150) selon l'une des propositions 1 à 5, caractérisé en ce que le premier élément de rappel élastique (1) est un ressort-spiral (1) comprenant au moins une lame (11) reliée à l'élément inertiel (4), l'élément inertiel (4) étant pivoté relativement au bâti (6) autour d'un axe géométrique (A4).

7. Système réglant (150') selon l'une des propositions 1 à 5, caractérisé en ce que le premier élément de rappel élastique (1') est un guidage flexible (1'), comprenant en particulier deux lames (11', 12'), configuré et/ou agencé pour rappeler élastiquement et guider, en particulier pivoter selon un axe géométrique (A4'), l'élément inertiel (4').

8. Système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 7, caractérisé en ce que le deuxième

élément de rappel élastique (2) comprend des lames flexibles (21, 22) encastrées au bâti (6) et définissant un pivot RCC du premier élément de rappel élastique (1 ; 1'), dont le centre virtuel de croisement des lames flexibles (21, 22) coïncide avec un point par lequel passe un axe géométrique (A4 ; A4') autour duquel est pivoté l'élément inertiel (4 ; 4').

9. Système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 8, caractérisé en ce que le troisième élément de rappel élastique (3) comprend une lame élastique rectiligne ou courbée (31).

10. Système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 9, caractérisé en ce que les premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique sont reliés les uns aux autres par un organe de liaison (5), en particulier un organe de liaison (5) faisant partie du premier élément de rappel élastique (1 ; 1') ou formé dans la continuité d'une lame (11) d'un ressort-spiral (1) formant le premier élément de rappel élastique (1) ou formé dans la continuité de lames (11', 12') d'un guidage flexible (1') formant le premier élément de rappel élastique (1').

11. Système réglant (150) selon l'une des propositions 1 à 10, caractérisé en ce que le deuxième élément de rappel élastique (2) est une lame courbée (21) formée dans la continuité d'une lame (11) d'un ressort-spiral (1) formant le premier élément de rappel élastique (1).

12. Système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 11, caractérisé en ce que l'élément inertiel (4 ; 4') et les premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique sont d'un seul tenant ou forment un ensemble monolithique.

13. Système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 12, caractérisé en ce qu'au moins un des premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique peut comprendre au moins en partie :

- du silicium monocristallin quelle que soit son orientation, et/ou
- du silicium polycristallin, et/ou
- du silicium amorphe, et/ou
- du dioxyde de silicium amorphe, et/ou
- du silicium dopé quels que soient le type et le niveau de dopage, et/ou
- du silicium poreux, et/ou
- du carbure de silicium, et/ou
- du verre, et/ou
- un matériau composite, et/ou
- de la céramique technique, et/ou
- du quartz.

14. Dispositif (200) de réglage pour système réglant

(150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 13, le dispositif (200) étant un dispositif de modification d'une troisième raideur k_3 d'un troisième élément de rappel élastique (3), notamment un dispositif de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier un dispositif de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).

15. Mouvement horloger (300) comprenant un système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 13 et/ou un dispositif (200) selon la proposition 14.

16. Pièce d'horlogerie (400), notamment montre bracelet (400), comprenant un système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 13 et/ou un dispositif (200) selon la proposition 14 et/ou un mouvement horloger (300) selon la proposition 15.

17. Procédé de réglage d'un oscillateur (100 ; 100') d'un système réglant (150 ; 150') selon l'une des propositions 1 à 13 ou d'un mouvement horloger (300) selon la proposition 15 ou d'une pièce d'horlogerie (400) selon la proposition 16, le procédé comprenant une étape de modification de la troisième raideur k_3 du troisième élément de rappel élastique (3), notamment de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).

[0010] Selon un deuxième aspect de l'invention, des objets sont définis par les propositions qui suivent :

18. Système réglant (150) pour mouvement horloger (300) comprenant :

- un bâti (6),
- un balancier assemblé (4) pivoté relativement au bâti (6) autour d'un axe géométrique (A4),
- un système de rappel élastique (1, 2, 3) destiné à relier le balancier assemblé (4) au bâti (6) de sorte que le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) forment un oscillateur (100),

le système de rappel élastique (1, 2, 3) comprenant :

- un premier élément de rappel élastique se présentant sous la forme d'un premier ressort-spiral (1) ayant une première raideur k_1 ,
- un deuxième élément de rappel élastique (2) ayant une deuxième raideur k_2 , et

- un troisième élément de rappel élastique (3) ayant une troisième raideur k_3 ,
le premier élément de rappel élastique (1) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en série entre le balancier assemblé (4) et le bâti (6), et le troisième élément de rappel élastique (3) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en parallèle entre le bâti (6) et le premier élément de rappel élastique (1).
- 19. Système réglant (150) selon la proposition 18, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif (200) de modification de la troisième raideur k_3 .
- 20. Système réglant (150) selon la proposition 18 ou 19, caractérisé :
 - en ce que $k_2+k_3>k_1$, voire $k_2+k_3>>k_1$, en particulier $k_2+k_3>10\times k_1$, et/ou
 - en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 , en particulier en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 et sensiblement plus grande que la troisième raideur k_3 .
- 21. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 20, caractérisé :
 - en ce que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3=\alpha\times k_1$ avec $0,5\leq\alpha\leq 2$, et
 - en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 , en particulier $k_2=\beta\times k_1$ et/ou $k_2=\beta\times k_3$ avec $10\leq\beta\leq 80$, préférentiellement $\beta=20$ ou $\beta\sim 20$.
- 22. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 21, caractérisé :
 - en ce que les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3=\gamma\times k_2$ avec $0,5\leq\gamma\leq 2$, et
 - en ce que les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont sensiblement plus grandes que la première raideur k_1 , en particulier $k_2=\delta\times k_1$ et/ou $k_3=\delta\times k_1$ avec $100\leq\delta\leq 200$, préférentiellement $\delta=125$ ou $\delta\sim 125$.
- 23. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 22, caractérisé en ce que le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) sont configurés et/ou agencés de sorte que la fréquence d'oscillation de l'oscillateur (100) est comprise entre 3 Hz et 8 Hz, en particulier 4 Hz ou 5 Hz.
- 24. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 23, caractérisé en ce que le premier ressort-spiral (1) comprend au moins une première lame (11) reliée au balancier assemblé (4), notamment via une virole (14) disposée à une première extrémité proximale de la première lame (11) et fixée à un axe (42) solidaire du balancier (41).
- 25. Système réglant (150) selon la proposition 24, caractérisé en ce que le premier ressort-spiral (1) comprend un premier moyen de liaison (12) disposé à une première extrémité distale de la première lame (11) et permettant de relier le premier ressort-spiral (1) au deuxième élément de rappel élastique (2), en particulier par l'intermédiaire d'un organe de liaison (5).
- 26. Système réglant (150) selon l'une des propositions 24 à 25, caractérisé en ce que la virole (14), la première lame (11) et le premier moyen de liaison (12) forment un ensemble monolithique.
- 27. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 26, caractérisé en ce que le troisième élément de rappel élastique (3) comprend un deuxième ressort-spiral (3) incluant au moins une deuxième lame (31) dont la deuxième extrémité proximale (34) est prévue pour fixer ledit deuxième ressort-spiral (3) au bâti (6).
- 28. Système réglant (150) selon la proposition 27, caractérisé en ce que le deuxième ressort-spiral (3) comprend également un deuxième moyen de liaison (32) disposé à une deuxième extrémité distale de la deuxième lame (31) permettant de relier ledit ressort-spiral (3) au deuxième élément de rappel élastique (2), en particulier par l'intermédiaire d'un organe de liaison (5).
- 29. Système réglant (150) selon l'une des propositions 27 à 28, caractérisé en ce que la deuxième extrémité proximale (34), la deuxième lame (31) et le deuxième moyen de liaison (32) forment un élément monolithique.
- 30. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 29, caractérisé en ce que le deuxième élément de rappel élastique (2) comprend au moins une paire, en particulier deux paires, de lames élastiques (21a, 21b, 22a, 22b) formant un guidage flexible, en particulier un pivot RCC, du premier ressort-spiral (1) et du deuxième ressort-spiral (3), dont le centre virtuel de croisement des lames coïncide avec un point par lequel passe l'axe (A4).
- 31. Système réglant (150) selon la proposition 30, caractérisé en ce que les lames élastiques (21a, 21b, 22a, 22b) présentent chacune une forme en U ou

sensiblement en U ou en V ou sensiblement en V ou en W ou sensiblement en W.

32. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 31 et selon la proposition 25 ou 28, caractérisé en ce que l'organe de liaison (5) comprend deux platines (51, 52) de réception des premier et deuxième moyens de liaison (12, 32), les deux platines (51, 52) étant liées au bâti (6) par le deuxième élément de rappel élastique (2).

33. Système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 32, caractérisé en ce qu'au moins un des premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique peut comprendre au moins en partie :

- du silicium monocristallin quelle que soit son orientation, et/ou
- du silicium polycristallin, et/ou
- du silicium amorphe, et/ou
- du dioxyde de silicium amorphe, et/ou
- du silicium dopé quels que soient le type et le niveau de dopage, et/ou
- du silicium poreux, et/ou
- du carbure de silicium, et/ou
- du verre, et/ou
- un matériau composite, et/ou
- de la céramique technique, et/ou
- du quartz, et/ou
- un métal, et/ou
- un alliage métallique, en particulier un alliage à base de Nb-Zr ou de Nb-Ti.

34. Dispositif (200) de réglage pour système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 33 et selon la proposition 19, le dispositif (200) étant un dispositif de modification d'une troisième raideur k_3 d'un troisième élément de rappel élastique (3), notamment un dispositif de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier un dispositif de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).

35. Mouvement horloger (300) comprenant un système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 33 et/ou un dispositif (200) selon la proposition 34.

36. Pièce d'horlogerie (400), notamment montre bracelet (400), comprenant un système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 33 et/ou un dispositif (200) selon la proposition 34 et/ou un mouvement horloger (300) selon la proposition 35.

37. Procédé de réglage d'un oscillateur (100) d'un système réglant (150) selon l'une des propositions 18 à 33 ou d'un mouvement horloger (300) selon la proposition 35 ou d'une pièce d'horlogerie (400) se-

lon la proposition 36, le procédé comprenant une étape de modification de la troisième raideur k_3 du troisième élément de rappel élastique (3), notamment de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).

[0011] Selon un troisième aspect de l'invention, des objets sont définis par les propositions qui suivent :

38. Mouvement horloger (300) comprenant :

- un système réglant (150), et
- un dispositif (200) de réglage,

le système réglant (150) comprenant :

- un bâti (6),
- un balancier assemblé (4) pivoté relativement au bâti (6) autour d'un

axe géométrique (A4) et comprenant des vis ou des masselottes déplaçables (43a, 43b et 44a, 44b) d'ajustement de l'inertie du balancier assemblé (4),

- un système de rappel élastique (1, 2, 3) destiné à relier le balancier assemblé (4) au bâti (6) de sorte que le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) forment un oscillateur (100),

le système de rappel élastique (1, 2, 3) comprenant :

- un premier élément de rappel élastique se présentant sous la forme d'un premier ressort-spiral (1) ayant une première raideur k_1 ,
- un deuxième élément de rappel élastique (2) ayant une deuxième raideur k_2 , et
- un troisième élément de rappel élastique (3) ayant une troisième raideur k_3 ,

le premier élément de rappel élastique (1) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en série entre le balancier assemblé (4) et le bâti (6), et

le troisième élément de rappel élastique (3) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en parallèle entre le bâti (6) et le premier élément de rappel élastique (1).

39. Mouvement horloger (300) selon la proposition 38, caractérisé en ce que le dispositif (200) de réglage est un dispositif de modification d'une troisième

me raideur k_3 du troisième élément de rappel élastique (3), notamment un dispositif de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier un dispositif de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).

40. Mouvement horloger (300) selon la proposition 38 ou 39, caractérisé :

- en ce que $k_2+k_3>k_1$, voire $k_2+k_3>>k_1$, en particulier $k_2+k_3>10\times k_1$, et/ou
- en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 , en particulier en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 et sensiblement plus grande que la troisième raideur k_3 .

41. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 40, caractérisé :

- en ce que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3=\alpha\times k_1$ avec $0,5\leq\alpha\leq 2$, et
- en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 , en particulier $k_2=\beta\times k_1$ et/ou $k_2=\beta\times k_3$ avec $10\leq\beta\leq 80$, préférentiellement $\beta=20$ ou $\beta\sim 20$.

42. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 40, caractérisé :

- en ce que les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3=\gamma\times k_2$ avec $0,5\leq\gamma\leq 2$, et
- en ce que les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont sensiblement plus grandes que la première raideur k_1 , en particulier $k_2=\delta\times k_1$ et/ou $k_3=\delta\times k_1$ avec $100\leq\delta\leq 200$, préférentiellement $\delta=125$ ou $\delta\sim 125$.

43. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 42, caractérisé en ce que le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) sont configurés et/ou agencés de sorte que la fréquence d'oscillation de l'oscillateur (100) est comprise entre 3 Hz et 8 Hz, en particulier 4 Hz ou 5 Hz.

44. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 43, caractérisé en ce que le premier ressort-spiral (1) comprend au moins une première lame (11) reliée au balancier assemblé (4), notamment via une virole (14) disposée à une première extrémité proximale de la première lame (11) et fixée à un axe (42) solidaire du balancier (41) du balancier assemblé (4).

45. Mouvement horloger (300) selon la proposition 44, caractérisé en ce que le premier ressort-spiral (1) comprend un premier moyen de liaison (12) disposé à une première extrémité distale de la première lame (11) et permettant de relier le premier ressort-spiral (1) au deuxième élément de rappel élastique (2), en particulier par l'intermédiaire d'un organe de liaison (5).

46. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 44 à 45, caractérisé en ce que la virole (14), la première lame (11) et le premier moyen de liaison (12) forment un ensemble monolithique.

47. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 46, caractérisé en ce que le troisième élément de rappel élastique (3) comprend un deuxième ressort-spiral (3) incluant au moins une deuxième lame (31) dont la deuxième extrémité proximale (34) est prévue pour fixer ledit deuxième ressort-spiral (3) au bâti (6).

48. Mouvement horloger (300) selon la proposition 47, caractérisé en ce que le deuxième ressort-spiral (3) comprend également un deuxième moyen de liaison (32) disposé à une deuxième extrémité distale de la deuxième lame (31) permettant de relier ledit ressort-spiral (3) au deuxième élément de rappel élastique (2), en particulier par l'intermédiaire d'un organe de liaison (5).

49. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 47 à 48, caractérisé en ce que la deuxième extrémité proximale (34), la deuxième lame (31) et le deuxième moyen de liaison (32) forment un élément monolithique.

50. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 49, caractérisé en ce que le deuxième élément de rappel élastique (2) comprend au moins une paire, en particulier deux paires, de lames élastiques (21a, 21b, 22a, 22b) formant un guidage flexible, en particulier un pivot RCC, du premier ressort-spiral (1) et du deuxième ressort-spiral (3), dont le centre virtuel de croisement des lames coïncide avec un point par lequel passe l'axe (A4).

51. Mouvement horloger (300) selon la proposition 50, caractérisé en ce que les lames élastiques (21a, 21b, 22a, 22b) présentent chacune une forme en U ou sensiblement en U ou en V ou sensiblement en V ou en W ou sensiblement en W.

52. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions précédentes et selon la proposition 45 ou 48, caractérisé en ce que l'organe de liaison (5) comprend deux platines (51, 52) de réception des premier et deuxième moyens de liaison (12, 32), les

deux platines (51, 52) étant liées au bâti (6) par le deuxième élément de rappel élastique (2).

53. Mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 52, caractérisé en ce qu'au moins un des premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique peut comprendre au moins en partie :

- du silicium monocristallin quelle que soit son orientation, et/ou
- du silicium polycristallin, et/ou
- du silicium amorphe, et/ou
- du dioxyde de silicium amorphe, et/ou
- du silicium dopé quels que soient le type et le niveau de dopage, et/ou
- du silicium poreux, et/ou
- du carbure de silicium, et/ou
- du verre, et/ou
- un matériau composite, et/ou
- de la céramique technique, et/ou
- du quartz, et/ou
- un métal, et/ou
- un alliage métallique, en particulier un alliage à base de Nb-Zr ou de Nb-Ti.

54. Pièce d'horlogerie (400), notamment montre bracelet (400), comprenant un mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 53.

55. Procédé de réglage d'un mouvement horloger (300) selon l'une des propositions 38 à 53 ou d'une pièce d'horlogerie (400) selon la proposition 54, le procédé comprenant une étape de modification de la troisième raideur k3 du troisième élément de rappel élastique (3), notamment de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).

56. Procédé de réglage selon la proposition 55, le procédé comprenant, antérieurement à l'étape de modification de la troisième raideur k3, une étape de déplacement d'au moins deux vis ou masselottes (43a, 43b, 44a, 44b) du balancier assemblé (4) relativement à l'axe géométrique (A4).

57. Procédé de réglage selon la proposition 55 ou 56, le procédé comprenant, antérieurement à l'étape de modification de la troisième raideur k3, une étape de mise au repère comprenant une opération de déplacement, notamment de déplacement en rotation, d'un organe intermédiaire (61) faisant partie du bâti (6) relativement au reste du bâti (6), l'organe intermédiaire (61) reliant un organe de liaison (5) au reste du bâti (6), l'organe de liaison (5) assurant la liaison du premier ressort-spiral (1) au deuxième élément de rappel élastique (2).

[0012] Les dessins annexés représentent, à titre d'exemples, deux modes de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention.

5 La figure 1 est une vue schématique de principe de structure générale d'une pièce d'horlogerie selon l'invention.

10 La figure 2 est une vue schématique d'une première variante d'un premier mode de réalisation d'un système réglant.

15 La figure 3 est une vue schématique d'une deuxième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

La figure 4 est une vue éclatée en perspective d'une troisième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

20 La figure 5 est une vue de dessus de la troisième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

25 La figure 6 est une vue de côté de la troisième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

30 La figure 7 est une vue de dessus d'une partie de la troisième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

35 La figure 8 est une vue en perspective d'une quatrième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

La figure 9 est une vue schématique d'une cinquième variante du premier mode de réalisation du système réglant.

40 La figure 10 est une vue d'une pièce d'horlogerie intégrant une première variante d'un deuxième mode de réalisation d'un système réglant.

45 La figure 11 est une vue schématique d'une deuxième variante du deuxième mode de réalisation du système réglant.

[0013] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, une pièce d'horlogerie 400 est décrite ci-après en détail en référence à la figure 1.

[0014] La pièce d'horlogerie 400 est par exemple une montre, en particulier une montre bracelet. La pièce d'horlogerie 400 comprend un mouvement horloger 300 destiné à être monté dans un boîtier ou une boîte de pièce d'horlogerie afin de le protéger de l'environnement extérieur.

[0015] Le mouvement horloger 300 peut être un mou-

vement mécanique, notamment un mouvement automatique, ou encore un mouvement hybride, à savoir un mouvement mécanique comprenant des éléments électroniques.

[0016] Le mouvement horloger 300 comprend un système réglant 150.

[0017] Le système réglant 150 comprend :

- un bâti 6,
- un oscillateur 100 ; 100' incluant un élément inertiel 4 ; 4' et un système de rappel élastique 1 ; 1', 2, 3, et de préférence, un dispositif 200 de modification de la raideur d'un élément de rappel élastique 3 du système de rappel élastique, en particulier par modification d'une longueur active de l'élément de rappel élastique 3.

[0018] Selon le premier aspect de l'invention, le système réglant 150 pour mouvement horloger 300 comprend :

- l'élément inertiel 4 ; 4',
- le bâti 6, et
- le système de rappel élastique 1 ; 1', 2, 3 destiné à relier l'élément inertiel 4 ; 4' au bâti 6,

le système de rappel élastique 1 ; 1', 2, 3 comprenant :

- un premier élément de rappel élastique 1 ; 1' ayant une première raideur k1,
- un deuxième élément de rappel élastique 2 ayant une deuxième raideur k2,
- un troisième élément de rappel élastique 3 ayant une troisième raideur k3, et
- le dispositif 200 de modification de la troisième raideur k3, en particulier par modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique 3.

[0019] Le premier élément de rappel élastique 1 ; 1' et le deuxième élément de rappel élastique 2 sont montés en série entre l'élément inertiel 4 ; 4' et le bâti 6, et le troisième élément de rappel élastique 3 et le deuxième élément de rappel élastique 2 sont montés en parallèle entre le bâti 6 et le premier élément de rappel élastique 1 ; 1'.

[0020] Selon le deuxième aspect de l'invention, le système réglant 150 pour mouvement horloger 300 comprend :

- le bâti 6,
- un élément inertiel 4 prenant la forme d'un balancier assemblé 4 pivoté relativement au bâti 6 autour d'un axe géométrique A4,
- le système de rappel élastique 1, 2, 3 destiné à relier le balancier assemblé 4 au bâti 6.

[0021] Le système de rappel élastique 1, 2, 3

comprend :

- un premier élément de rappel élastique se présentant sous la forme d'un premier ressort-spiral 1 ayant une première raideur k1,
- un deuxième élément de rappel élastique 2 ayant une deuxième raideur k2, et
- un troisième élément de rappel élastique 3 ayant une troisième raideur k3.

[0022] Le premier élément de rappel élastique 1 et le deuxième élément de rappel élastique 2 sont montés en série entre le balancier assemblé 4 et le bâti 6, et le troisième élément de rappel élastique 3 et le deuxième élément de rappel élastique 2 sont montés en parallèle entre le bâti 6 et le premier élément de rappel élastique 1.

[0023] Deux éléments de rappel élastique d'un système sont dits « en série » lorsque qu'ils se succèdent l'un après l'autre ou sont liés l'un à l'autre par une de leur extrémité respective, de façon à connecter deux éléments distincts, si bien que lorsqu'on applique une sollicitation mécanique présentant une intensité donnée au système, en particulier à l'un ou l'autre des deux éléments distincts, chacun des deux éléments de rappel élastique est soumis au moins sensiblement à cette intensité donnée de cette sollicitation.

[0024] Deux éléments de rappel élastique d'un système sont dits « en parallèle » lorsqu'ils connectent directement deux éléments distincts par leurs deux extrémités respectives, si bien que lorsqu'on applique une déformation présentant une intensité donnée au système, chacun des deux éléments de rappel élastique est déformé au moins sensiblement de cette intensité.

[0025] Le système réglant et/ou l'oscillateur sont spécifiquement conformés et/ou agencés de sorte à permettre un réglage fin de la marche du mouvement par la modification de la raideur d'un élément de rappel élastique prenant part audit oscillateur. Ce réglage peut en particulier être effectué par la modification de la longueur effective ou active d'au moins une lame élastique d'un élément de rappel élastique prenant part audit oscillateur, notamment par le biais d'un levier ou d'un cadre déplaçable relativement au bâti.

[0026] L'oscillateur 100, représenté schématiquement sur la figure 1, présente la particularité de comprendre :

- le premier élément de rappel élastique 1 de raideur k1 relié à l'élément inertiel 4,
- le deuxième élément de rappel élastique 2 de raideur k2 relié en série avec le premier élément de rappel élastique 1, ainsi que
- le troisième élément de rappel élastique 3 de raideur k3 également relié en série avec le premier élément de rappel élastique 1 et en parallèle du deuxième élément de rappel élastique 2, la raideur k3 de ce troisième élément de rappel élastique 3 étant modifiable par le biais du dispositif 200 de modification de la raideur k3 du troisième élément de rappel élas-

tique 3. Avantageusement, la raideur k_3 de ce troisième élément de rappel élastique 3 peut être modifiée par une modification de la longueur effective ou active d'au moins une lame élastique 31 dudit troisième élément de rappel élastique 3, notamment par le biais d'un levier ou d'un cadre 7.

[0027] Les études menées par les inventeurs montrent qu'un tel agencement des éléments de rappel 1, 2, 3 de l'oscillateur 100 permet, pour des raideurs k_1 , k_2 , k_3 judicieusement choisies, un réglage de la marche particulièrement fin. A titre d'exemple, pour un oscillateur 100 doté d'une fréquence de 4 Hz, et pour une raideur k_1 donnée, et pour $k_2=20 \times k_1$ et $k_3=k_1$, une variation de $\pm 10\%$ de raideur k_3 induit une variation de marche de la pièce d'horlogerie comprenant l'oscillateur 100 égale ou sensiblement égale à ± 10 s/j.

[0028] Il apparaît qu'une variation de l'ordre de $\pm 10\%$ de la raideur k_3 du troisième élément de rappel élastique 3 peut être rendue possible par l'utilisation d'un levier ou d'un cadre permettant de réaliser un ajustement de la longueur effective ou active d'au moins une lame élastique 31 du troisième élément de rappel élastique 3. Le levier ou le cadre peut être manipulé par un horloger ou par tout dispositif autonome. A titre d'exemple, une telle variation de raideur de l'ordre de $\pm 10\%$ peut être engendrée par un déplacement d'un levier ou d'un cadre d'un angle de quelques degrés ou d'une dizaine de degrés autour de l'axe A4.

[0029] Le système réglant 150 est décrit ci-après selon différents modes et variantes de réalisation qui font soit intervenir des éléments horlogers traditionnels comme un balancier et au moins un ressort-spiral, soit des guidages et éléments flexibles susceptibles de former un ensemble monolithique.

[0030] Dans le premier mode de réalisation (représenté sur les figures 2 à 9), le premier élément de rappel élastique prend la forme d'un ressort-spiral 1 qui est relié à un élément inertiel 4.

[0031] Dans le deuxième mode de réalisation (représenté sur les figures 10 et 11), le premier élément de rappel élastique prend la forme d'un guidage flexible 1' prévu pour rappeler élastiquement, mais aussi guider, en particulier pivoter, l'élément inertiel 4'.

[0032] Différentes variantes de ces deux modes de réalisation sont décrites ci-après. Dans ces variantes :

- le troisième élément de rappel élastique peut prendre diverses formes telles qu'une lame élastique rectiligne ou courbée, ou un ressort-spiral, et
- l'élément inertiel peut se réduire à une masse oscillante ou prendre la forme d'un balancier pivoté par un axe (appelé communément « balancier assemblé »). Dans ce dernier cas de figure, l'axe peut être solidarisé au balancier, notamment par chassage. En alternative, l'axe peut être venu de matière du balancier. Autrement dit, l'axe et le balancier peuvent former un ensemble monolithique.

[0033] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, le premier élément de rappel élastique 1 peut être relié respectivement aux deuxième et troisième éléments de rappel élastiques 2, 3 par l'intermédiaire d'un organe de liaison 5 comme représenté sur les figures 1 à 11. Avantageusement, cet organe de liaison 5 peut être un élément rigide contribuant à découpler mécaniquement les deuxième et troisième éléments de rappel élastique 2, 3 du premier élément de rappel élastique 1 relié à l'élément inertiel, de sorte que les éventuelles perturbations induites par les deuxième et troisième éléments de rappel élastique 2, 3 (comme par exemple une non-linéarité des raideurs k_2 et k_3), affectent en moindre mesure le fonctionnement de l'ensemble constitué par l'élément inertiel et le premier élément de rappel élastique.

[0034] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, les deuxième et troisième éléments de rappel élastiques 2, 3 sont reliés au bâti 6. Le bâti peut être un bâti du mouvement d'horlogerie 300, en particulier une ébauche 6, comme une platine ou un pont, en particulier un pont de balancier.

[0035] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, le troisième élément de rappel élastique 3 peut être relié au bâti 6 par l'intermédiaire d'un élément 7 de réglage du dispositif de modification 200.

[0036] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante (mettant en oeuvre un ressort-spiral ou un guidage flexible en tant que premier élément de rappel élastique), une manière avantageuse de réaliser le deuxième élément de rappel élastique consiste en l'utilisation d'un pivot RCC (acronyme de « Remote Center Compliance » ou « pivot à axe déporté »), constitué au minimum de deux lames encastrées, ayant une fonction de guidage de l'organe de liaison 5. Le centre virtuel de croisement des lames flexibles qui constituent le pivot RCC peut avantageusement coïncider avec un point par lequel passe l'axe géométrique A4 de l'élément inertiel (pour le premier mode de réalisation) ou coïncider avec un point par lequel passe l'axe géométrique (et virtuel) A4' du guidage flexible 1' et de l'élément inertiel (pour le deuxième mode de réalisation). Cette configuration améliore la stabilité de l'oscillateur 100 ; 100' par rapport à d'autres arrangements quelconques des trois éléments de rappel élastique.

[0037] L'élément inertiel 4 ; 4', en particulier le « balancier assemblé 4 », ou plus généralement l'oscillateur 100 ; 100' ou le système réglant 150, régule une chaîne de finissage ou rouage de finissage du mouvement 300 par l'intermédiaire d'un échappement horloger. Toute structure connue d'échappement horloger et toute structure connue de rouage de finissage peut être utilisée.

[0038] Dans une première variante (représentée schématiquement sur la figure 2) du premier mode de réalisation, le premier élément de rappel élastique prend la forme d'un ressort-spiral 1 doté d'une lame 11, dont une première extrémité proximale est reliée à une masse oscillante 41 d'un élément inertiel 4 par l'intermédiaire d'un

axe 42 d'axe géométrique A4.

[0039] Le deuxième élément de rappel élastique 2 comprend deux lames élastiques 21, 22. Les deux lames 21, 22 sont de préférence rectilignes. Elles sont par exemple orientées radialement relativement à l'axe A4 de pivotement de l'élément inertiel 4.

[0040] Le troisième élément de rappel élastique 3 prend la forme d'une unique lame élastique 31. La lame 3 est de préférence rectiligne. La lame 31 est par exemple orientée radialement relativement à l'axe A4 de pivotement de l'élément inertiel 4.

[0041] Les lames 21, 22, 31 sont reliées, au niveau de chacune de leur première extrémité, au ressort-spiral 1 au niveau d'une portion extrême 5 du ressort-spiral 1, sensiblement plus rigide que la lame 11 et prolongeant la lame 11 au niveau de l'extrémité distale du ressort-spiral 1. Ces lames 21, 22, 31 sont également reliées, au niveau de chacune de leur deuxième extrémité, au bâti 6. En particulier, les deuxièmes extrémités des lames 21, 22 sont encastrées, notamment encastrées à demeure, au bâti 6. En particulier encore, la deuxième extrémité de la lame 31 est prise ou maintenue entre deux goupilles 81, 82 solidaires de l'élément 7 de réglage consistant en un levier 7 ou en un cadre 7 qui est relié au bâti 6 tout en pouvant être déplacé en translation relativement audit bâti 6. Les goupilles permettent de pincer et/ou de maintenir et/ou de supporter la troisième lame 31 au point de contact avec les goupilles. En ces points de contact, la flèche de la troisième lame 31 est limitée, voire annulée. La flexion de la lame se produit ainsi entre son point de liaison à la portion extrême 5 et les points de contact avec les goupilles. En conséquence, la longueur effective ou active de la troisième lame qui est en flexion peut être réglée par déplacement du levier 7 ou du cadre 7. Ceci a pour effet de modifier la raideur k_3 de la troisième lame 31.

[0042] En fonctionnement de l'oscillateur 100, l'élément inertiel 4 oscille autour de l'axe A4, ce qui induit une expansion et une compression de la lame 11, mais aussi un fléchissement des lames 21, 22, 31. En particulier, les lames 21, 22 définissent un guidage flexible permettant de relier la lame 11 et l'organe de liaison 5 du ressort-spiral 1 au bâti 6. Notamment, les lames 21, 22 définissent ici un pivot RCC (Remote Center Compliance) reliant la lame 11 et l'organe de liaison 5 du ressort-spiral 1 au bâti 6. L'axe du pivot RCC est de préférence confondu avec l'axe géométrique A4 autour duquel est pivoté l'élément inertiel 4. Une modification de la longueur effective de la lame 31 (et donc de sa raideur k_3 , comme vu précédemment) permet de faire varier la raideur k_{100} de l'oscillateur 100 comprenant un tel ressort-spiral 1 relié en série avec respectivement les lames 21, 22, et la lame 31.

[0043] Comme vu précédemment, ceci est rendu possible grâce aux goupilles 81, 82 qui fournissent des appuis et permettent de définir la longueur effective de la lame 31 sous l'effet d'une translation du levier 7 ou du cadre 7.

[0044] Les études réalisées par les inventeurs montrent qu'un tel agencement de lames 11, 21, 22, 31 pour oscillateur 100 permet, pour des raideurs k_1 , k_2 , k_3 judicieusement choisies, un réglage de la marche particulièrement fin. A titre d'exemple, pour un oscillateur 100 ayant une fréquence de fonctionnement de 4 Hz, et pour une raideur k_1 donnée, et pour $k_2=20 \times k_1$ et $k_3=k_1$, une variation de $\pm 10\%$ de raideur k_3 induit une variation de marche de la pièce d'horlogerie comprenant l'oscillateur 100 égale ou sensiblement égale à ± 10 s/j.

[0045] Dans une deuxième variante (représentée schématiquement sur la figure 3) du premier mode de réalisation, la lame 31 présente une géométrie courbe (circulaire ou sensiblement circulaire), et sa longueur effective peut être réglée par le biais d'un levier 7 ou d'un cadre 7 déplaçable en rotation.

[0046] Ces caractéristiques sont notamment les seules différences avec la première variante du premier mode de réalisation.

[0047] Par exemple, dans cette deuxième variante, l'organe de liaison 5 présente une conformation légèrement plus complexe que celle de l'organe de liaison 5 de la première variante. En particulier, l'organe de liaison 5 selon cette deuxième variante peut présenter une géométrie coudée. L'organe de liaison 5 peut présenter une première portion circulaire ou sensiblement circulaire s'étendant autour de l'axe A4 pour solidariser les lames 21, 22 à la lame 11 (identiquement à la première variante) et une deuxième portion rectiligne, orientée radialement ou sensiblement radialement relativement à l'axe A4, étant prévue pour solidariser la lame 31 à la lame 11.

[0048] L'autre extrémité de la lame 31 est, quant à elle, de préférence encastrée au bâti 6. Néanmoins, la longueur effective ou active de cette lame 31, qui se déplace de part et d'autre de sa position de repos sous l'effet des oscillations de l'élément inertiel 4 autour de l'axe géométrique A4, est définie par des goupilles 81 et 82 qui sont solidaires d'un levier ou d'un cadre rotatif 7 relativement au bâti 6. De la même manière que dans la première variante, les goupilles 81 et 82 fournissent des points d'appui contre la lame 31 et définissent ainsi une extrémité de la longueur effective ou active de cette lame 31, c'est-à-dire définissent la longueur de la lame 31 effectivement soumise à la flexion.

[0049] Dans une troisième variante (représentée sur les figures 4 à 7) du premier mode de réalisation, le troisième élément de rappel élastique prend la forme d'un ressort-spiral 3 doté d'une lame 31 dont l'extrémité proximale 34 est reliée ou fixée au bâti 6 (représenté schématiquement sur les figures 4 et 6). Ce ressort-spiral 3 est relié au ressort-spiral 1, en particulier à la lame 11 du ressort-spiral 1, par l'intermédiaire d'un organe de liaison 5, lequel organe de liaison 5 est relié mécaniquement au bâti 6 via un deuxième élément de rappel élastique 2. Le bâti est ici de préférence une ébauche 6, comme un pont, en particulier un pont de balancier.

[0050] En particulier, le deuxième élément de rappel élastique 2 et l'organe de liaison 5 sont venus de matière

d'un organe intermédiaire 61 fixé ou rapporté au reste du bâti 6. L'organe intermédiaire 61 fait donc partie du bâti 6. Plus généralement, le deuxième élément de rappel élastique 2 et l'organe de liaison 5 sont compris au sein d'un même organe intermédiaire 61 fixé sur le reste du bâti 6.

[0051] Cet organe intermédiaire 61, représenté spécifiquement sur la figure 7, présente une forme de plaque globalement allongée. Cet organe intermédiaire 61 est avantageusement doté de deux paires de lames élastiques 21a, 21b et 22a, 22b formant le deuxième élément de rappel élastique 2.

[0052] En particulier, ces deux paires de lames sont disposées symétriquement en regard d'un plan P passant par l'axe géométrique A4 de l'axe 42 qui est relié au balancier 41, l'axe 42 passant au travers d'une ouverture centrale 610 de l'organe 61.

[0053] La paire de lames 21a, 21b relie élastiquement une première portion ou platine 51 à l'organe intermédiaire 61. La paire de lames 22a, 22b relie élastiquement une deuxième portion ou platine 52 à l'organe intermédiaire 61. Les portions ou platines 51 et 52 constituent ensemble l'organe de liaison 5. Ainsi, les platines 51, 52 sont respectivement solidaires des paires de lames 21a, 21b et 22a, 22b.

[0054] Chacune de ces platines 51, 52 est prévue pour être fixée respectivement à une première extrémité respective 13a, 33a et à une deuxième extrémité respective 13b, 33b des ressorts-spiraux 1 et 3. Ainsi, les ressorts-spiraux 1, 3 sont reliés aux platines 51, 52 constituant l'organe de liaison 5. Ces platines sont elles-mêmes reliées au bâti 6 par les lames élastiques 21a, 21b et 22a, 22b.

[0055] L'organe 61 fixé au reste du pont 6 peut ainsi constituer un support de ressorts-spiraux 1 et 3.

[0056] En particulier, les premières extrémités 13a, 13b et deuxièmes extrémités 33a, 33b prennent chacune la forme de plots ou de goupilles prévus pour être rapportés, notamment chassés, au sein d'ouvertures 53a, 53b respectivement formées au niveau de chacune des platines 51, 52. En alternative, les deux platines pourraient comprendre des plots et les moyens de liaison des ressorts-spiraux pourraient comprendre des ouvertures de réception ou de chassage de ces plots.

[0057] Chacune des platines 51, 52 est formée dans la continuité des lames 21a, 21b et 22a, 22b qui présentent chacune ici une forme en U ou sensiblement en U. En alternative, les lames élastiques 21a, 21b et 22a, 22b peuvent présenter par exemple chacune une forme en V ou sensiblement en V ou en W ou sensiblement en W. En alternative, les lames élastiques 21a, 21b et 22a, 22b peuvent présenter par exemple chacune une forme permettant d'obtenir la valeur de raideur ciblée.

[0058] En particulier les structures 21a, 21b, 51 et 22a, 22b, 52 constituent des éléments monoblocs ou formés d'un seul tenant. De manière plus générale, ces structures sont comprises au sein de l'organe intermédiaire 61, ce dernier formant un ensemble monolithique. L'ensem-

ble monobloc peut intégrer les deux platines 51, 52.

[0059] Les paires de plots 13a, 13b et 33a, 33b sont quant à elles respectivement solidaires d'un moyen de liaison 12, 32 formé respectivement dans la continuité des lames 11, 31 des spiraux 1, 3 au niveau de leur extrémité distale. En particulier, ces deux paires de plots sont disposées symétriquement en regard du plan P précité, de façon à ce qu'elles puissent chacune coopérer avec les paires de lames élastiques 21a, 21b et 22a, 22b par l'intermédiaire des platines 51, 52 qui forment l'organe de liaison 5.

[0060] Le premier moyen de liaison 12 est disposé à une première extrémité distale de la première lame 11 et permet de relier le premier ressort-spiral 1 au deuxième élément de rappel élastique 2, en particulier par l'intermédiaire de l'organe de liaison 5.

[0061] Le deuxième moyen de liaison 32 est disposé à une deuxième extrémité distale de la troisième lame 31 et permet de relier le deuxième ressort-spiral 3 au deuxième élément de rappel élastique 2, en particulier par l'intermédiaire de l'organe de liaison 5.

[0062] Chacune de ces paires de lames élastiques 21a, 21b et 22a, 22b définit un guidage flexible des spiraux 1 et 3, en particulier un pivot RCC (dont le centre virtuel coïncide avec l'axe A4), tout en reliant les spiraux 1 et 3 par l'intermédiaire des portions 51, 52.

[0063] Dans l'exemple de construction illustré par les figures 4, 5 et 6, l'organe intermédiaire 61 est disposée à l'interface des spiraux 1 et 3. Autrement dit, l'organe intermédiaire est disposé entre les spiraux 1 et 3 selon l'axe A4 ou selon une direction verticale z représentée schématiquement par une flèche sur la figure 6.

[0064] Le dispositif de modification 200 peut par exemple être disposé entre le ressort-spiral 3 et le bâti 6, en particulier le pont de balancier 6 (selon la direction verticale z). Comme décrit au sein des variantes précédentes et comme cela est plus particulièrement visible à la figure 6, des goupilles 81, 82 sont solidaires d'un levier 7 ou d'un cadre 7, qui est relié au bâti 6 tout en pouvant être déplacé en rotation relativement audit bâti 6.

[0065] Avantageusement, les lames 11 et 31 des spiraux 1, 3 peuvent être similaires ou sensiblement similaires, voire identiques. Ainsi, de manière avantageuse $k_3 = k_1$. A titre d'exemple, pour un oscillateur 100 doté d'une fréquence de 4 Hz, et pour une raideur k_1 donnée qui est égale à k_3 , et pour $k_2 = 20 \times k_1$, une variation de $\pm 10\%$ de raideur k_3 induit une variation de marche de la pièce d'horlogerie comprenant l'oscillateur 100 égale ou sensiblement égale à ± 10 s/j.

[0066] Une telle variante a pour avantage de faire intervenir des éléments horlogers traditionnels (par exemple, les spiraux 1, 3, le balancier assemblé 4) tout en permettant un assemblage facilité par la conformation spécifique d'organe intermédiaire 61, qui a pour avantage de combiner les fonctions du deuxième élément de rappel élastique 2 et de l'organe de liaison 5.

[0067] Une virole 14 est de préférence disposée à une première extrémité proximale de la première lame 11 et

fixée à l'axe 42 solidaire du balancier 41.

[0068] Avantageusement, la virole 14, la première lame 11 et le premier moyen de liaison 12 forment un ensemble monolithique. De même, avantageusement, la deuxième extrémité proximale 34, la deuxième lame 31 et le deuxième moyen de liaison 32 peuvent former un élément monolithique.

[0069] Par ailleurs, le balancier 41, l'axe 42 et le ressort-spiral 1 (fixé à l'axe 42 par l'intermédiaire par exemple de la virole 14) ont pour avantage de pouvoir être assemblés directement sur un bâti 6 s'il n'est pas souhaité de permettre un réglage par le biais d'un dispositif de modification 200. Ainsi, cet ensemble 41, 42, 1 peut constituer un assemblage standardisé qui pourra être intégré aussi bien au sein d'un mouvement conventionnel, qu'au sein d'un mouvement 300 doté d'un dispositif de modification 200.

[0070] Optionnellement, le balancier 41 peut comprendre des vis ou des masselottes déplaçables afin de permettre un ajustement fin de la marche du mouvement, de l'ordre de quelques secondes par jour. Ces vis ou masselottes sont par exemple fixées de manière déplaçable à une serge 410 du balancier 41. Ces vis ou masselottes peuvent par exemple être manipulées par un horloger lorsque le balancier est à l'arrêt, par le biais d'une clé ou d'un tournevis qui permet de les déplacer (en les rapprochant ou en les éloignant de l'axe A4). Ces outils sont généralement dotés de moyens qui permettent d'indiquer l'avance ou le recul de la vis ou de la masselotte, et ce afin de permettre un réglage particulièrement fin de la marche du mouvement.

[0071] Au sein de la troisième variante de réalisation, plus particulièrement représentée sur les figures 4 et 5, la serge 410 du balancier 41 comprend avantageusement deux paires de masselottes 43a, 43b et 44a, 44b présentant des conformations distinctes, en particulier des masses différentes. En particulier, les masselottes 43a, 43b sont plus longues que les masselottes 44a, 44b. Ainsi, pour un même déplacement en regard de l'axe A4, les masselottes 44a, 44b induisent un réglage plus fin de la marche que les masselottes 43a, 43b. Préférentiellement, les masselottes sont déplacées par paire afin de maintenir au mieux l'équilibre du balancier assemblé 4.

[0072] La troisième variante du premier mode de réalisation permet, selon la procédure décrite dans ce document, un réglage fin de la marche du mouvement par la modification de la raideur k3 de la lame élastique 31 du spiral 3, en particulier par la modification de la longueur effective de lame élastique 31 du spiral 3, notamment par le biais de goupilles 81, 82 solidaires d'un levier 7 ou d'un cadre 7 et fournissant un appui pour ladite lame. Cette solution est susceptible d'être mise en oeuvre pour un réglage de la marche alors que le balancier ou l'oscillateur est en fonctionnement. Alternativement, cette solution est susceptible d'être mise en oeuvre alors que le balancier est à l'arrêt, par exemple lors de l'assemblage ou du rhabillage du mouvement horloger. Dans ce dernier cas de figure, une éventuelle étape de mise au

repère, comprenant une opération de déplacement de l'organe intermédiaire 61 par rapport au reste du bâti 6, peut être effectuée au préalable. L'opération de déplacement de l'organe intermédiaire 61 est de préférence une opération de déplacement en rotation de l'organe intermédiaire 61 autour de l'axe géométrique A4 relativement au reste du bâti 6.

[0073] Optionnellement, un réglage de la marche préalable ou complémentaire peut être effectué par le biais des masselottes 43a, 43b et 44a, 44b, alors que le balancier est à l'arrêt, par exemple lors de l'assemblage ou du rhabillage du mouvement horloger.

[0074] Ainsi, une telle troisième variante permet la mise en oeuvre d'un procédé de réglage d'un oscillateur d'un système réglant, le procédé comprenant :

- Optionnellement, une première étape consistant à modifier le positionnement des masselottes 43a, 43b et 44a, 44b de la serge 410 du balancier 41 en regard de l'axe A4,
- Une deuxième étape consistant à modifier la raideur k3 de la lame élastique 31 du spiral 3, en particulier par la modification de la longueur effective de lame élastique 31 du spiral 3.

[0075] Préférentiellement, la première étape optionnelle peut être effectuée au préalable de la deuxième étape, notamment avant le montage de l'entier du système réglant ou de l'oscillateur. Avantageusement, la première étape s'effectue alors que le balancier est à l'arrêt. Avantageusement, la deuxième étape est susceptible de s'effectuer alors que le balancier est en fonctionnement. Alternativement, la deuxième étape peut s'effectuer alors que le balancier est à l'arrêt. Optionnellement, une éventuelle étape de mise au repère, comprenant une opération de mise en rotation de l'organe intermédiaire 61, peut être effectuée au préalable de la deuxième étape.

[0076] Une quatrième variante (représentée sur la figure 8) du premier mode de réalisation diffère essentiellement de la troisième variante en ce que la troisième lame 31 est beaucoup plus rigide. Par rapport à la troisième variante, la section de la lame 31 est augmentée et/ou la longueur de la lame 31 est raccourcie. Par exemple, la raideur du deuxième élément de rappel élastique 2 et la raideur du troisième élément de rappel élastique 3 sont égales ou sensiblement égales.

[0077] En effet, les études menées par les inventeurs montrent également que, pour un oscillateur 100 doté par exemple d'une fréquence de 4 Hz, et pour une raideur k1 donnée, et pour des deuxième raideur k2 et troisième raideur k3 similaires ou du même ordre, sensiblement supérieures à celle de la raideur k1, de l'ordre de $125 \times k1$, une variation de $\pm 10\%$ de raideur k3 induit une variation de marche de la pièce d'horlogerie comprenant l'oscillateur 100 égale ou sensiblement égale à ± 15 s/j.

[0078] Dans une cinquième variante (représentée

schématiquement sur la figure 9) du premier mode de réalisation, il est proposé de former le deuxième élément de rappel élastique 2, ainsi que l'organe de liaison 5, dans la continuité de la lame 11 du ressort-spiral 1. Ainsi, le deuxième élément de rappel élastique 2 se présente ici sous la forme d'une lame élastique courbée 21, plus rigide que la lame 11. L'organe de liaison 5 se présente quant à lui sous la forme d'un coude 51 (orienté radialement ou sensiblement radialement relativement à l'axe A4), qui est formé à l'extrémité distale de la lame 11. Celui-ci permet de relier la lame 11 à une lame élastique courbée 31 formant le troisième élément de rappel élastique, mais aussi de relier cette dernière à la lame élastique courbée 21. Les extrémités distales des lames 21 et 31 sont quant à elles reliées au bâti 6 par l'intermédiaire d'un coude 210 formé au niveau de l'extrémité distale de la lame 21, par exemple par une liaison encastrement.

[0079] L'ajustement de la longueur effective de la lame élastique courbée 31 s'effectue là encore par des goupilles 81, 82 d'un levier 7 ou cadre déplaçable en rotation en regard du bâti 6.

[0080] Selon le deuxième mode de réalisation, le premier élément de rappel élastique 1' prend la forme d'un guidage flexible 1' prévu pour rappeler élastiquement, mais aussi guider, en particulier pivoter, un élément inertiel 4' selon un axe A4'. A cet effet, le premier élément de rappel élastique 1' peut comprendre deux lames 11' et 12' qui s'entrecroisent de façon à former par exemple un pivot Wittrick. En particulier, ces lames 11' et 12' sont disposées selon deux plans distincts et parallèles. Ces lames 11', 12' sont reliées, au niveau de chacune de leur première extrémité, à un organe de liaison 5. Ces lames 11', 12' sont aussi reliées, au niveau de chacune de leur deuxième extrémité, à une masse oscillante 41'. Ainsi, l'élément inertiel 4' peut comprendre la masse oscillante 41', mais aussi les lames 11' et 12' formant le premier élément de rappel élastique 1' ainsi qu'un élément de guidage 42'.

[0081] Selon une première variante du deuxième mode de réalisation (illustrée par la figure 10 et dont le principe est comparable à la première variante du premier mode), le deuxième élément de rappel élastique 2 comprend deux lames élastiques rectilignes 21, 22 constituant un pivot RCC, et le troisième élément de rappel élastique 3 prend la forme d'une unique lame élastique rectiligne 31, chacune de ces lames 21, 22, 31 s'étendant radialement ou sensiblement radialement relativement à l'axe A4'.

[0082] Les lames 11', 12' et 21, 22 et 31 sont reliées entre elles, au niveau de chacune de leur première extrémité, par l'intermédiaire d'un organe de liaison 5. Les lames 21, 22, 31 sont également reliées, au niveau de chacune de leur deuxième extrémité, au bâti 6. En particulier, les deuxièmes extrémités des lames 21, 22 sont encastrées à demeure au bâti 6, et la deuxième extrémité de la lame 31 est prise entre deux saillies 81, 82 solidaires d'un cadre 7 d'un dispositif de modification 200, qui est relié au bâti 6 tout en pouvant être déplacé en translation

relativement audit bâti 6.

[0083] En fonctionnement de l'oscillateur 100', la masse 41' oscille autour de l'axe A4', ce qui induit une mise en flexion des lames 11' et 12', mais aussi un fléchissement des lames 21, 22, 31. En particulier, les lames 21, 22 définissent un guidage flexible permettant de relier les lames 11', 12' et l'organe de liaison 5 au bâti 6. Notamment, les lames 21, 22 définissent un pivot RCC reliant les lames 11', 12' et l'organe de liaison 5 au bâti 6. L'axe du pivot RCC est de préférence confondu avec l'axe géométrique (et virtuel) A4' autour duquel est pivoté l'élément inertiel 4'. Une modification de la longueur effective de la lame 31 permet quant-à-elle de faire varier la raideur $k_{100'}$ de l'oscillateur 100' comprenant un tel premier élément de rappel élastique 1' relié en série avec respectivement les lames 21, 22, et la lame 31.

[0084] Les études des inventeurs ont montré qu'un tel agencement de lames 11', 12', 21, 22, 31 pour oscillateur 100' permet, pour des raideurs k_1' , k_2 , k_3 judicieusement choisies, un réglage de la marche particulièrement fin. A titre d'exemple, pour un oscillateur 100' doté d'une fréquence de 10 Hz, et pour une raideur k_1' donnée, et pour $k_2=20 \times k_1'$ et $k_3=k_1'$, une variation de $\pm 10\%$ de raideur k_3 induit une variation de marche de la pièce d'horlogerie comprenant l'oscillateur 100 égale ou sensiblement égale à ± 10 s/j.

[0085] Une deuxième variante du deuxième de réalisation (illustrée par la figure 11) est sensiblement équivalente à la première variante à la différence près que la lame 31 présente une géométrie courbe, et que sa longueur effective ou active peut être réglée par le biais d'un levier 7 déplaçable en rotation.

[0086] A cet effet, l'organe de liaison 5 présente une conformation légèrement plus complexe que celle de l'organe de liaison 5 de la première variante. En particulier, l'organe de liaison 5 selon cette deuxième variante présente une géométrie coudée. Deux premières portions circulaires ou sensiblement circulaires s'étendent autour de l'axe A4' pour solidariser les lames 21, 22 aux lames 11' et 12' et une deuxième portion rectiligne, orientée radialement ou sensiblement radialement relativement à l'axe A4', est prévue pour solidariser la lame 31 aux lames 11', 12'.

[0087] L'autre extrémité de la lame 31 est quant à elle encastrée au bâti 6. Néanmoins, la longueur effective de cette lame 31, qui se déplace de part et d'autre de sa position de repos sous l'effet des oscillations de l'élément inertiel 4' autour de l'axe virtuel A4', est définie par les goupilles 81 et 82 qui sont solidaires du levier rotatif 7 lié mécaniquement au bâti 6.

[0088] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, l'oscillateur 100, 100' peut être monolithique ou être constitué d'un assemblage d'éléments.

[0089] De préférence, les ressorts-spiraux 1, 3 décrits dans ce document comprennent une seule et unique lame. Naturellement, il est tout à fait possible de mettre en oeuvre au moins un ressort-spiral comprenant plusieurs lames, comme deux lames, sur un ou plusieurs plans.

[0090] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, l'oscillateur 100 ; 100' peut comprendre un ou plusieurs autres éléments de rappel élastiques en complément des premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique décrits dans le document. Par exemple, l'oscillateur 100 ; 100' pourrait comprendre au moins un quatrième élément de rappel élastique à des fins de thermocompensation ou dans le but de préciser la correction de la marche. Celui-ci pourrait par exemple être disposé en parallèle des deuxième et troisième éléments de rappel élastique.

[0091] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, les éléments de rappel élastiques peuvent comprendre au moins en partie du silicium monocristallin quelle que soit son orientation, du silicium polycristallin, du silicium amorphe, du dioxyde de silicium amorphe, du silicium dopé quels que soient le type et le niveau de dopage, ou encore du silicium poreux. Ils peuvent également comprendre du carbure de silicium, du verre, de la céramique, un matériau composite, ou du quartz. En alternative, les éléments de rappel élastiques peuvent être fabriqués en métal ou en un alliage métallique, en particulier un alliage métallique paramagnétique comme un alliage à base de Nb-Zr ou de Nb-Ti.

[0092] Dans ce document, des solutions à éléments inertiels pivotés ont été décrites. Naturellement, le concept de l'invention peut s'appliquer également à un élément inertiel prévu, par exemple, pour être déplacé en translation.

[0093] Dans ce document, la fréquence d'oscillation de l'élément inertiel peut se situer entre 3 Hz et 8 Hz, typiquement être de 4 Hz. Bien entendu, cette fréquence peut être choisie en fonction des besoins propres à la pièce d'horlogerie, et cette fréquence peut également être égale ou supérieure à 8 Hz comme 10 Hz ou comprise entre 10 Hz et 100 Hz, voire égale ou supérieure à 100 Hz.

[0094] Avantageusement, quel que soit le mode de réalisation ou la variante, les raideurs k_1 , k_2 et k_3 sont telles que :

- $k_2 + k_3 > k_1$, voire $k_2 + k_3 \gg k_1$, par exemple $k_2 + k_3 > 10 \times k_1$, et/ou
- la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 , en particulier en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 et sensiblement plus grande que la troisième raideur k_3 .

[0095] En particulier, quel que soit le mode de réalisation ou la variante, les raideurs k_1 , k_2 et k_3 peuvent être telles que :

- les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3 = \alpha \times k_1$ avec $0,5 \leq \alpha \leq 2$, et
- la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 ,

en particulier $k_2 = \beta \times k_1$ et/ou $k_2 = \beta \times k_3$ avec $10 \leq \beta \leq 80$, préférentiellement $\beta = 20$ ou $\beta \sim 20$.

[0096] Alternativement, quel que soit le mode de réalisation ou la variante, les raideurs k_1 , k_2 et k_3 peuvent être telles que :

- les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3 = \gamma \times k_2$ avec $0,5 \leq \gamma \leq 2$, et
- les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont sensiblement plus grandes que la première raideur k_1 , en particulier $k_2 = \delta \times k_1$ et/ou $k_3 = \delta \times k_1$ avec $100 \leq \delta \leq 200$, préférentiellement $\delta = 125$ ou $\delta \sim 125$.

[0097] Dans une variante particulière, le deuxième élément de rappel élastique 2 est une lame courbée 21. De manière avantageuse, cette lame courbée peut être formée dans la continuité d'une lame 11 d'un ressort-spiral 1 formant le premier élément de rappel élastique 1.

[0098] Dans les différents modes de réalisation et variantes décrites, les premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique sont reliés les uns aux autres par un organe de liaison 5. Cet organe de liaison 5 peut

- faire partie du premier élément de rappel élastique 1 ; 1', ou
- être formé dans la continuité d'une lame 11 d'un ressort-spiral 1 formant le premier élément de rappel élastique 1, ou
- être formé dans la continuité de lames 11', 12' d'un guidage flexible 1' formant le premier élément de rappel élastique 1'.

[0099] Quel que soit le mode de réalisation ou la variante, l'élément inertiel 4 ; 4' et les premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique peuvent être formés d'un seul tenant ou peuvent former un ensemble monolithique.

[0100] L'invention porte aussi sur un dispositif 200 de réglage en tant que tel. Le dispositif permet de régler un système réglant 150 ; 150' tel que décrit précédemment ou un oscillateur 100 ; 100' tel que décrit précédemment. Le dispositif 200 de réglage peut en particulier être un dispositif modification de la raideur k_3 d'un troisième élément de rappel élastique 3. Cette modification de la raideur peut en particulier être obtenue par une modification d'une longueur active ou effective du troisième élément de rappel élastique 3, en particulier par une modification d'une longueur active ou effective d'au moins une lame 31 du troisième élément de rappel élastique 3.

[0101] Dans les solutions décrites précédemment, le dispositif de réglage est un dispositif de modification 200 de la raideur d'un élément de rappel élastique permettant plus particulièrement de modifier la longueur active ou effective de l'élément de rappel élastique.

[0102] Avantageusement, quel que soit le mode de réalisation ou la variante, le levier ou le cadre 7 peut être

un élément déplaçable relativement au bâti et fournissant un appui ou un support pour le troisième élément de rappel élastique. En particulier, l'appui ou le support peut être réalisé par des surfaces, en particulier des surfaces cylindriques, de goupilles 81, 82 agencées pour venir en appui contre le troisième élément de rappel élastique, en particulier contre une lame élastique du troisième élément de rappel élastique.

[0103] L'invention porte aussi sur un procédé de réglage de l'oscillateur 100 ; 100' du système réglant 150 ; 150' décrit précédemment ou du mouvement horloger 300 décrit précédemment ou de la pièce d'horlogerie 400 décrite précédemment.

[0104] Le procédé comprend une étape de modification de la troisième raideur k3 du troisième élément de rappel élastique 3.

[0105] Cette modification de la troisième raideur k3 du troisième élément de rappel élastique 3 peut être une modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique 3, en particulier une modification d'une longueur active d'au moins une lame 31 du troisième élément de rappel élastique 3. Cette modification est de préférence réalisée en utilisant un dispositif de réglage comme décrit précédemment. Un tel dispositif de réglage permet notamment de limiter, voire d'annuler, la déformation du troisième élément de rappel élastique 3 en un point du troisième élément de rappel élastique 3, ce point étant déplaçable le long du troisième élément de rappel élastique 3.

[0106] En supplément à un éventuel réglage de la marche du mouvement via un réglage de l'inertie d'un balancier d'un oscillateur, les solutions décrites dans ce document permettent un réglage fin de la marche du mouvement par la modification de la raideur d'un élément de rappel élastique donné prenant part à un oscillateur, en particulier par la modification de la longueur effective d'au moins une lame élastique d'un élément de rappel élastique prenant part audit oscillateur, notamment par le biais d'un levier ou d'un cadre déplaçable et fournissant un appui pour une lame élastique. La solution proposée est en plus susceptible d'être mise en oeuvre pour un réglage de la marche alors que l'oscillateur est en fonctionnement.

[0107] Dans les solutions décrites, l'oscillateur présente la particularité de comprendre un premier élément de rappel élastique relié à un élément inertiel, un deuxième élément de rappel élastique relié en série avec le premier élément de rappel élastique, ainsi qu'un troisième élément de rappel élastique également relié en série avec le premier élément de rappel élastique, en parallèle du deuxième élément de rappel élastique 2, la raideur de ce troisième élément de rappel élastique étant modifiable par le biais d'un dispositif annexe de modification de la raideur du troisième élément de rappel élastique. Avantagusement, la raideur de ce troisième élément de rappel élastique peut être modifiée par un ajustement de la longueur effective d'au moins une lame élastique dudit troisième élément de rappel élastique, notamment par le

biais d'un dispositif annexe de modification de la longueur effective du troisième élément de rappel élastique pouvant prendre la forme d'un levier ou d'un cadre déplaçable. Ce levier ou ce cadre déplaçable comprend avantagusement des goupilles ou des saillies qui permettent de pincer et/ou de maintenir et/ou de supporter la troisième lame 31 au point de contact avec les goupilles ou avec les saillies. En ces points de contact, la flèche de la troisième lame 31 est limitée, voire annulée. Avantagusement, ce levier ou ce cadre comprend une paire de deux goupilles ou de deux saillies. Naturellement, ce levier ou ce cadre peut comprendre plus de deux goupilles ou de deux saillies.

Revendications

1. Mouvement horloger (300) comprenant :

- un système réglant (150), et
 - un dispositif (200) de réglage,
- le système réglant (150) comprenant :

- un bâti (6),
- un balancier assemblé (4) pivoté relativement au bâti (6) autour d'un axe géométrique (A4) et comprenant des vis ou des masselottes déplaçables (43a, 43b et 44a, 44b) d'ajustement de l'inertie du balancier assemblé (4),
- un système de rappel élastique (1, 2, 3) destiné à relier le balancier assemblé (4) au bâti (6) de sorte que le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) forment un oscillateur (100),

le système de rappel élastique (1, 2, 3) comprenant :

- un premier élément de rappel élastique se présentant sous la forme d'un premier ressort-spiral (1) ayant une première raideur k1,
- un deuxième élément de rappel élastique (2) ayant une deuxième raideur k2, et
- un troisième élément de rappel élastique (3) ayant une troisième raideur k3,

le premier élément de rappel élastique (1) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en série entre le balancier assemblé (4) et le bâti (6), et

le troisième élément de rappel élastique (3) et le deuxième élément de rappel élastique (2) étant montés en parallèle entre le bâti (6) et le premier élément de rappel élastique (1).

2. Mouvement horloger (300) selon la revendication 1,

- caractérisé en ce que** le dispositif (200) de réglage est un dispositif de modification d'une troisième raideur k_3 du troisième élément de rappel élastique (3), notamment un dispositif de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier un dispositif de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3).
3. Mouvement horloger (300) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé** :
- **en ce que** $k_2 + k_3 > k_1$, voire $k_2 + k_3 \gg k_1$, en particulier $k_2 + k_3 > 10 \times k_1$, et/ou
 - **en ce que** la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 , en particulier en ce que la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que la première raideur k_1 et sensiblement plus grande que la troisième raideur k_3 .
4. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé** :
- **en ce que** les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3 = \alpha \times k_1$ avec $0,5 \leq \alpha \leq 2$, et
 - **en ce que** la deuxième raideur k_2 est sensiblement plus grande que les première raideur k_1 et troisième raideur k_3 , en particulier $k_2 = \beta \times k_1$ et/ou $k_2 = \beta \times k_3$ avec $10 \leq \beta \leq 80$, préférentiellement $\beta = 20$ ou $\beta \sim 20$.
5. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé** :
- **en ce que** les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont similaires ou du même ordre, en particulier $k_3 = \gamma \times k_2$ avec $0,5 \leq \gamma \leq 2$, et
 - **en ce que** les deuxième raideur k_2 et troisième raideur k_3 sont sensiblement plus grandes que la première raideur k_1 , en particulier $k_2 = \delta \times k_1$ et/ou $k_3 = \delta \times k_1$ avec $100 \leq \delta \leq 200$, préférentiellement $\delta = 125$ ou $\delta \sim 125$.
6. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le balancier assemblé (4) et le système de rappel élastique (1, 2, 3) sont configurés et/ou agencés de sorte que la fréquence d'oscillation de l'oscillateur (100) est comprise entre 3 Hz et 8 Hz, en particulier 4 Hz ou 5 Hz.
7. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier ressort-spiral (1) comprend au moins une première lame (11) reliée au balancier assemblé (4), notamment via une virole (14) disposée à une première extrémité proximale de la première lame (11) et fixée à un axe (42) solidaire du balancier (41) du balancier assemblé (4).
8. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le troisième élément de rappel élastique (3) comprend un deuxième ressort-spiral (3) incluant au moins une deuxième lame (31) dont la deuxième extrémité proximale (34) est prévue pour fixer ledit deuxième ressort-spiral (3) au bâti (6).
9. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le deuxième élément de rappel élastique (2) comprend au moins une paire, en particulier deux paires, de lames élastiques (21a, 21b, 22a, 22b) formant un guidage flexible, en particulier un pivot RCC, du premier ressort-spiral (1) et du deuxième ressort-spiral (3), dont le centre virtuel de croisement des lames coïncide avec un point par lequel passe l'axe (A4).
10. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mouvement horloger comprend un organe de liaison (5) et **en ce que** l'organe de liaison (5) comprend deux platines (51, 52) de réception de premier et deuxième moyens de liaison (12, 32), les deux platines (51, 52) étant liées au bâti (6) par le deuxième élément de rappel élastique (2).
11. Mouvement horloger (300) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au** moins un des premier, deuxième et troisième éléments de rappel élastique peut comprendre au moins en partie :
- du silicium monocristallin quelle que soit son orientation, et/ou
 - du silicium polycristallin, et/ou
 - du silicium amorphe, et/ou
 - du dioxyde de silicium amorphe, et/ou
 - du silicium dopé quels que soient le type et le niveau de dopage, et/ou
 - du silicium poreux, et/ou
 - du carbure de silicium, et/ou
 - du verre, et/ou
 - un matériau composite, et/ou
 - de la céramique technique, et/ou
 - du quartz, et/ou
 - un métal, et/ou
 - un alliage métallique, en particulier un alliage à base de Nb-Zr ou de Nb-Ti.
12. Pièce d'horlogerie (400), notamment montre bracelet (400), comprenant un mouvement horloger (300) selon l'une des revendications 1 à 11.

13. Procédé de réglage d'un mouvement horloger (300) selon l'une des revendications 1 à 11 ou d'une pièce d'horlogerie (400) selon la revendication précédente, le procédé comprenant une étape de modification de la troisième raideur k3 du troisième élément de rappel élastique (3), notamment de modification d'une longueur active du troisième élément de rappel élastique (3), en particulier de modification d'une longueur active d'au moins une lame (31) du troisième élément de rappel élastique (3). 5 10
14. Procédé de réglage selon la revendication précédente, le procédé comprenant, antérieurement à l'étape de modification de la troisième raideur k3, une étape de déplacement d'au moins deux vis ou masselottes (43a, 43b, 44a, 44b) du balancier assemblé (4) relativement à l'axe géométrique (A4). 15
15. Procédé de réglage selon la revendication 13 ou 14, le procédé comprenant, antérieurement à l'étape de modification de la troisième raideur k3, une étape de mise au repère comprenant une opération de déplacement, notamment de déplacement en rotation, d'un organe intermédiaire (61) faisant partie du bâti (6) relativement au reste du bâti (6), l'organe intermédiaire (61) reliant un organe de liaison (5) au reste du bâti (6), l'organe de liaison (5) assurant la liaison du premier ressort-spiral (1) au deuxième élément de rappel élastique (2). 20 25 30 35 40 45 50 55

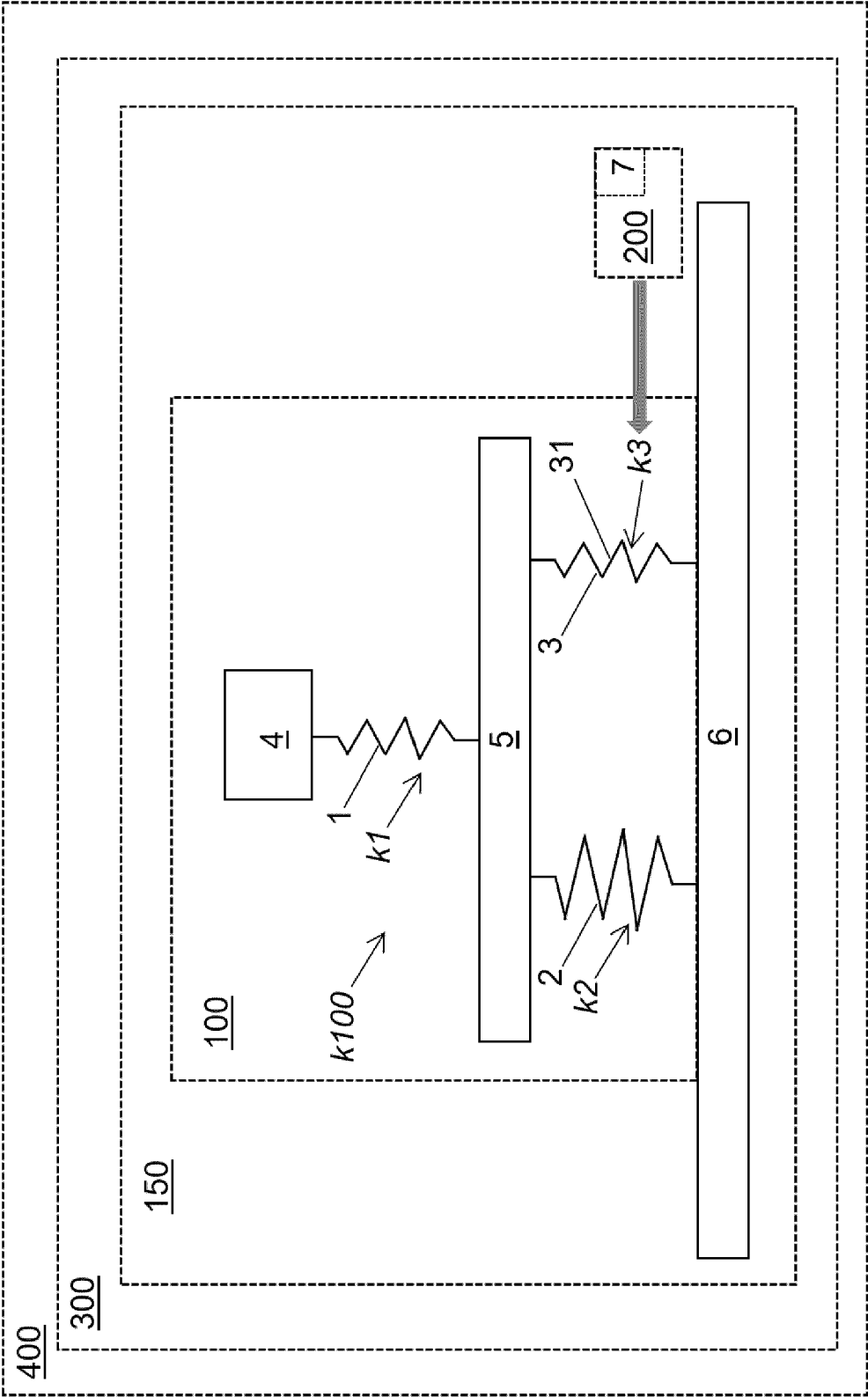


Figure 1

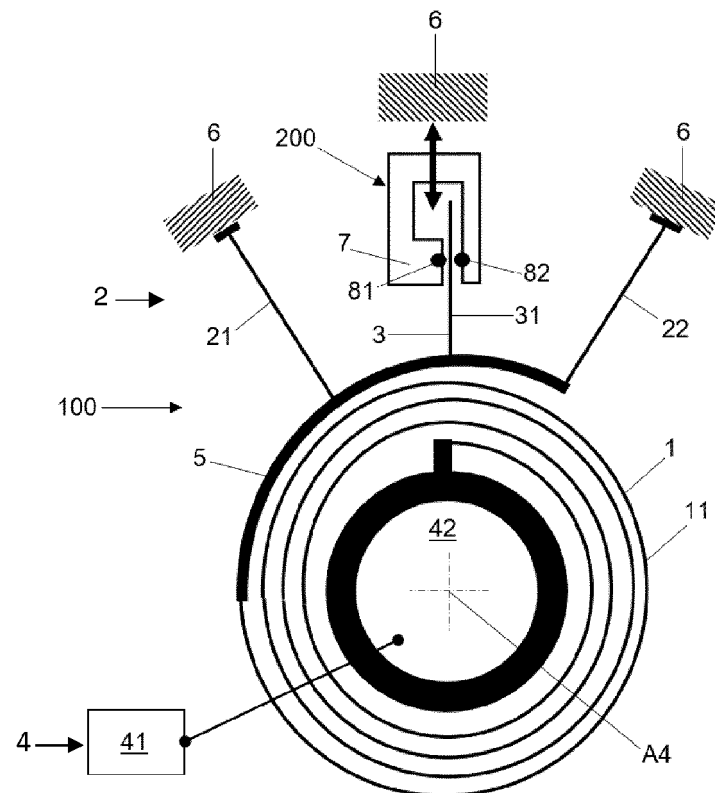


Figure 2

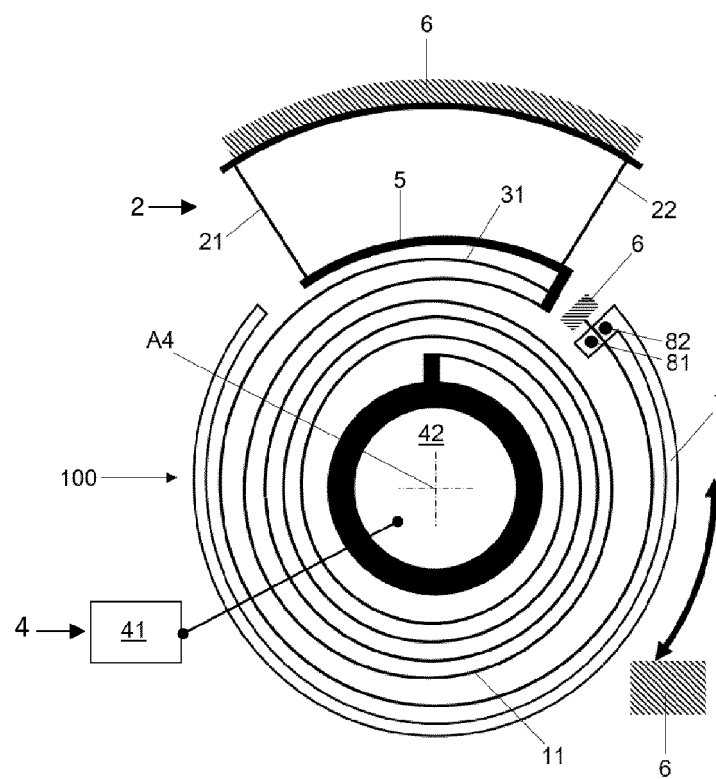


Figure 3

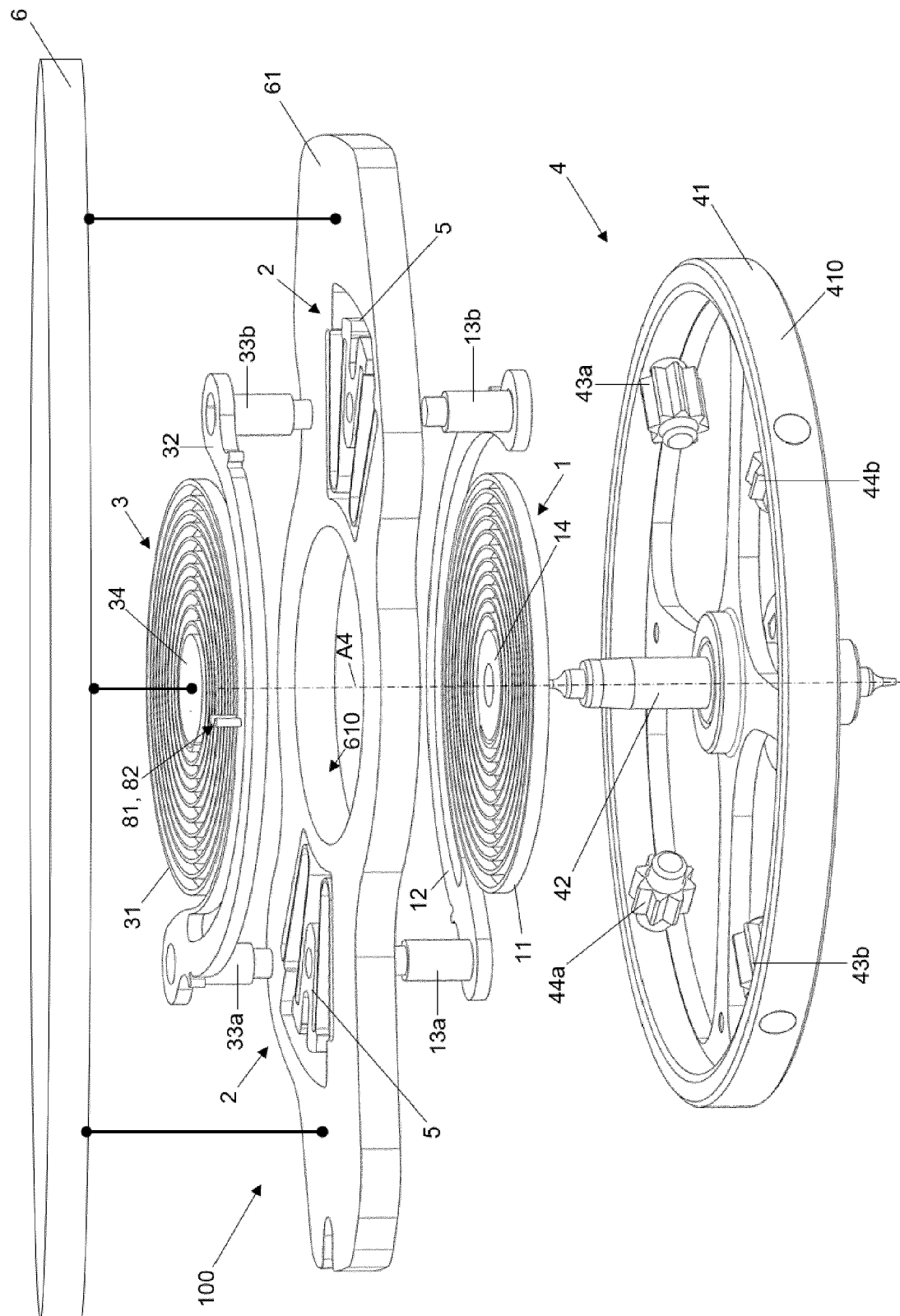


Figure 4

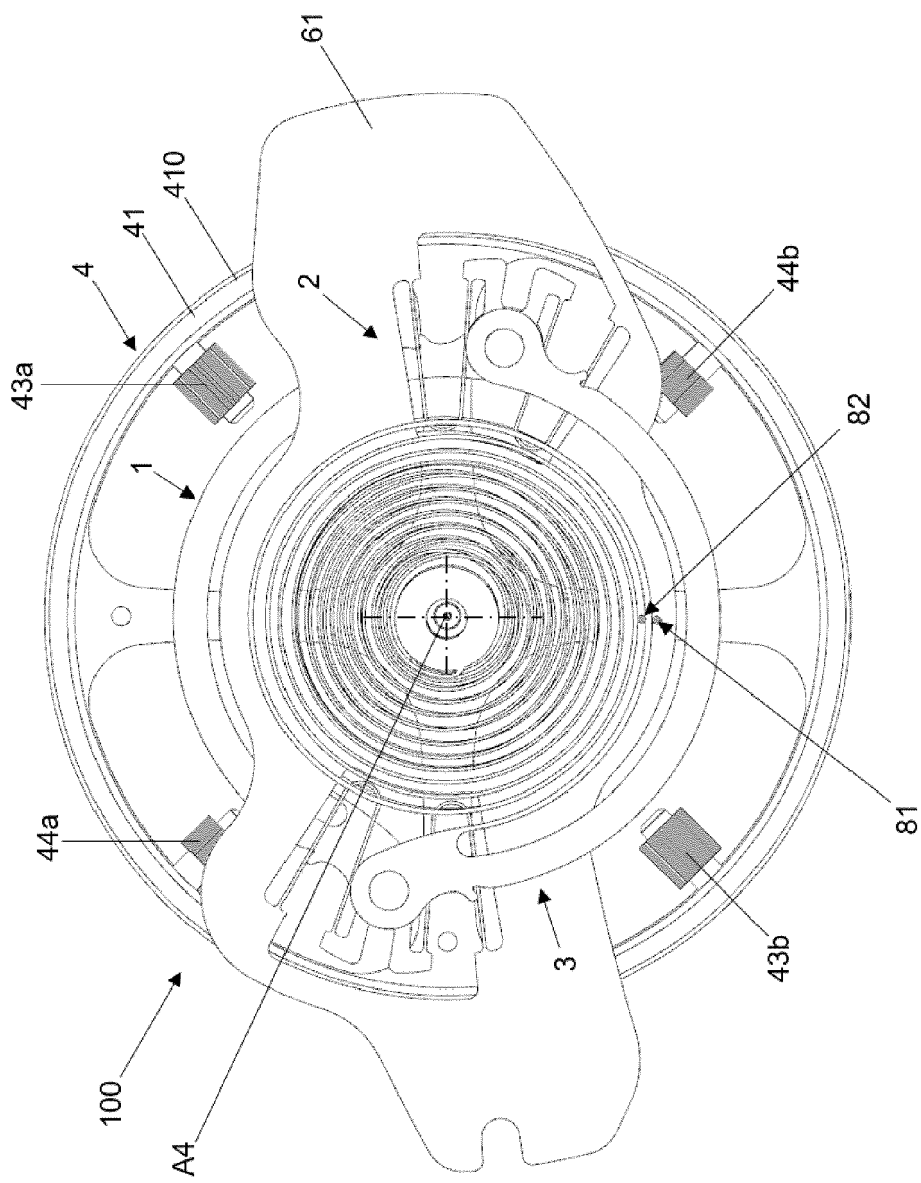


Figure 5

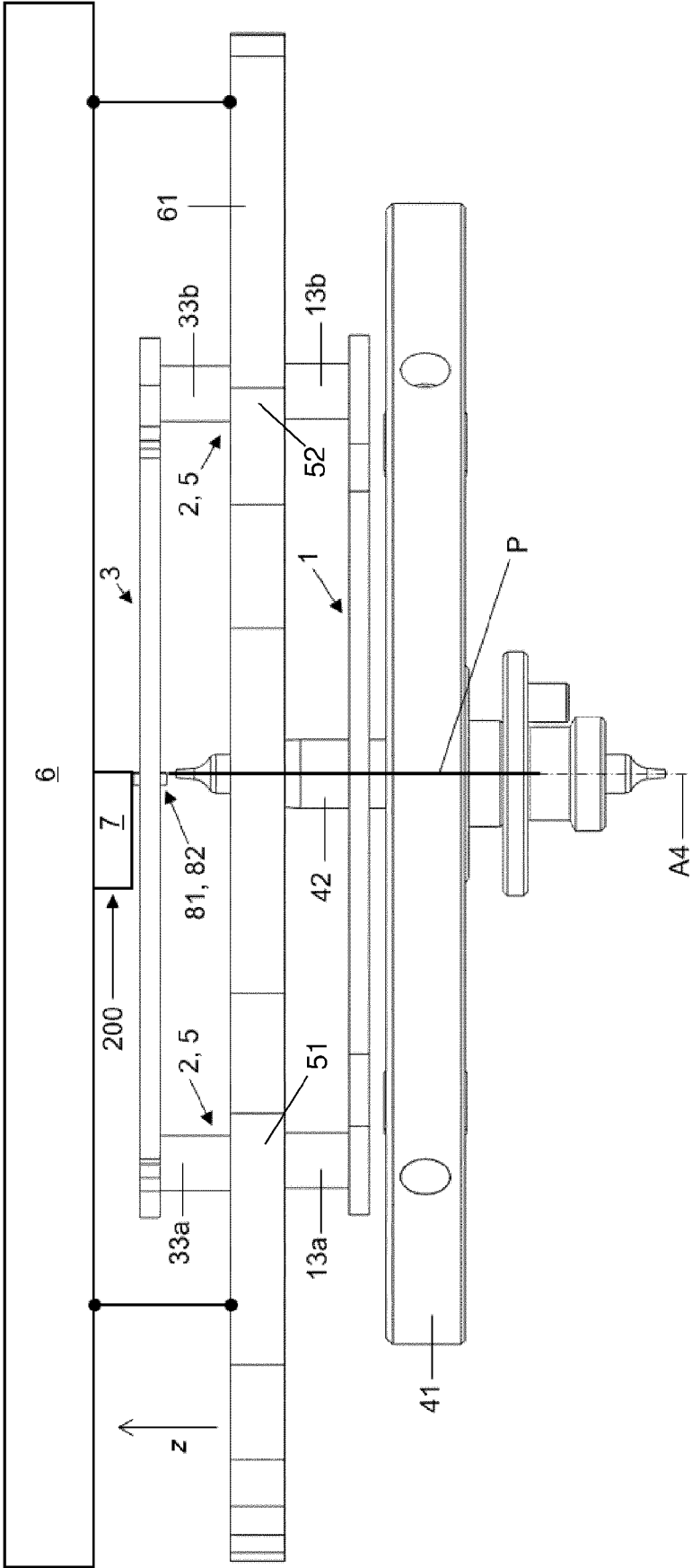


Figure 6

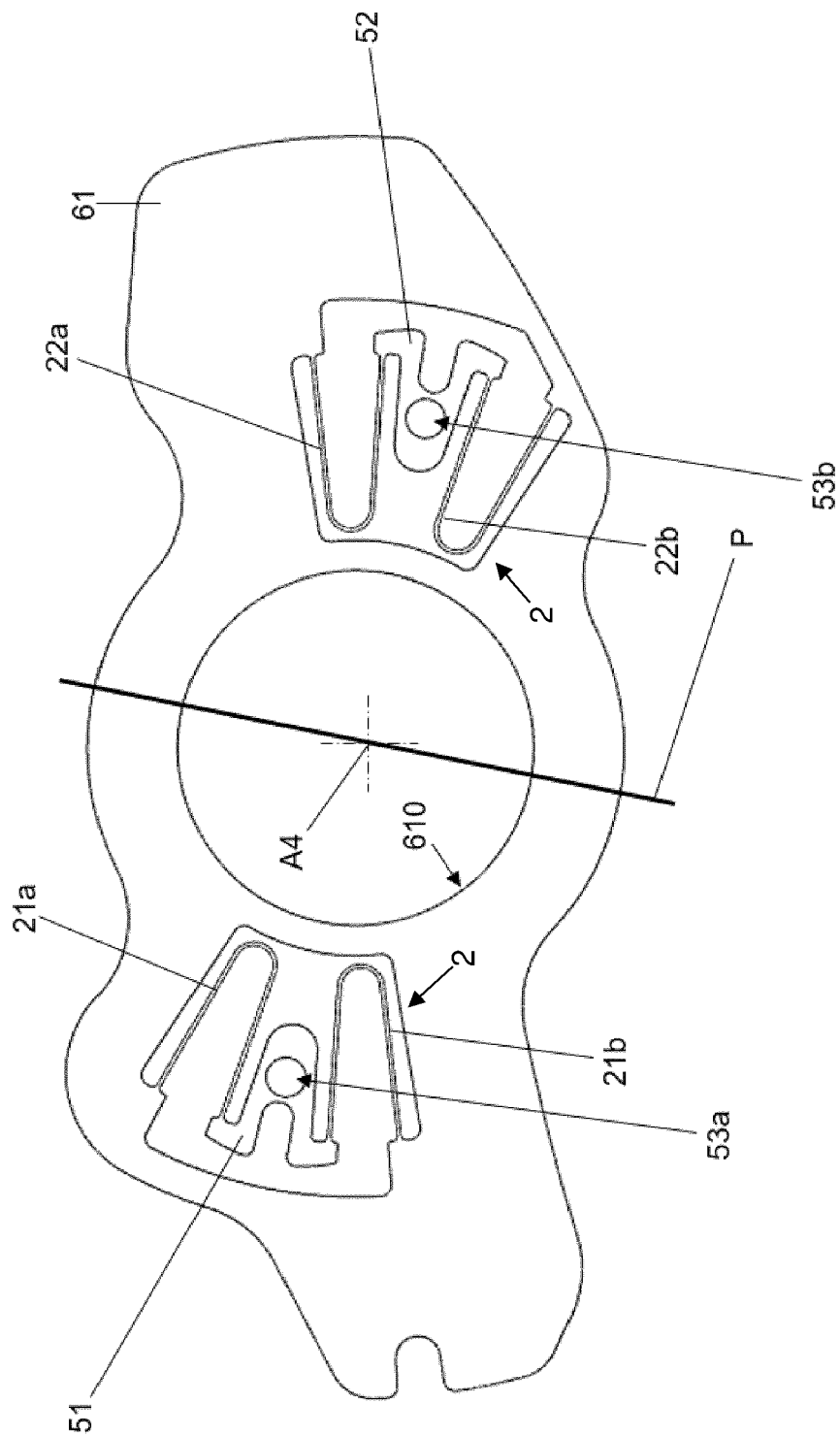


Figure 7

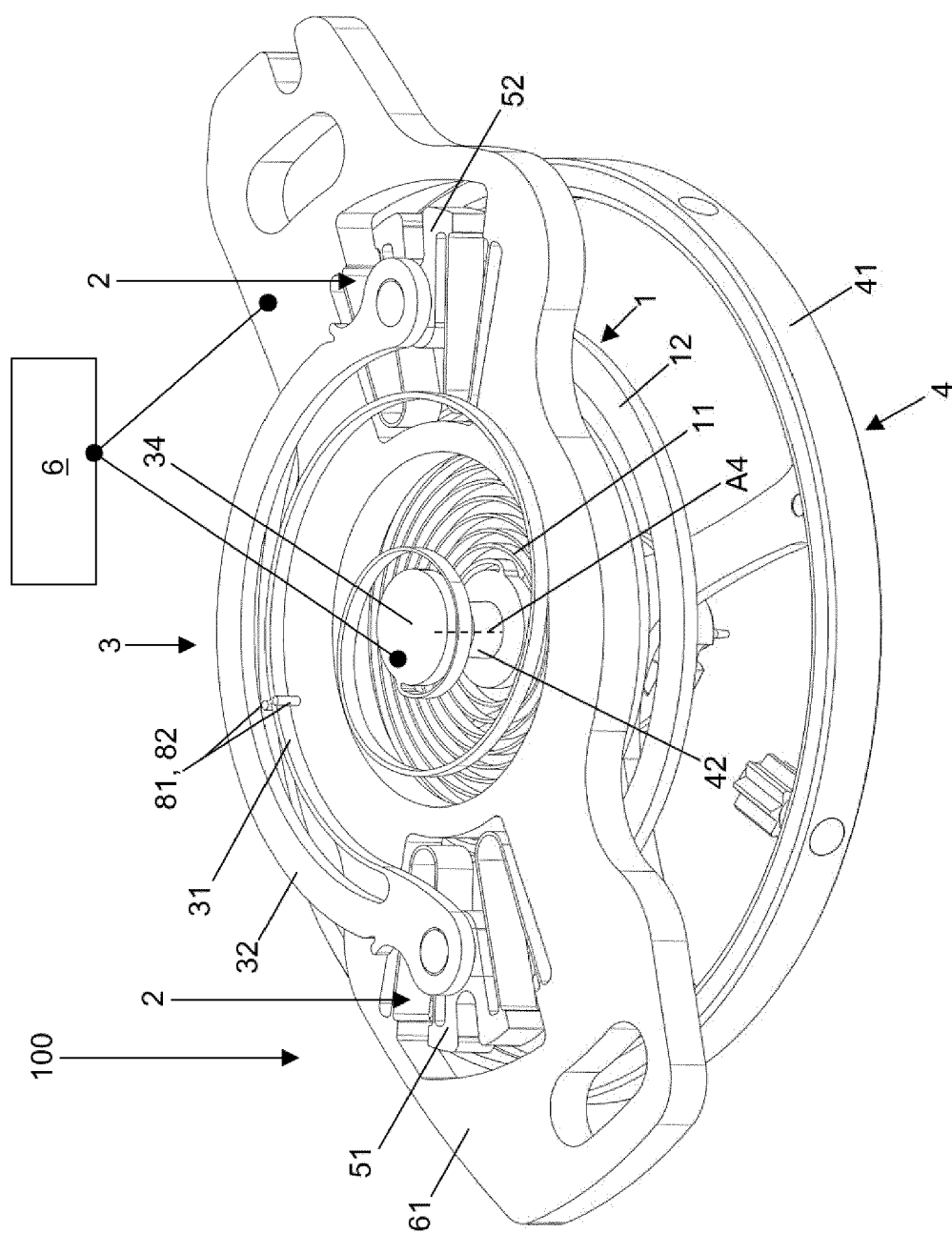


Figure 8

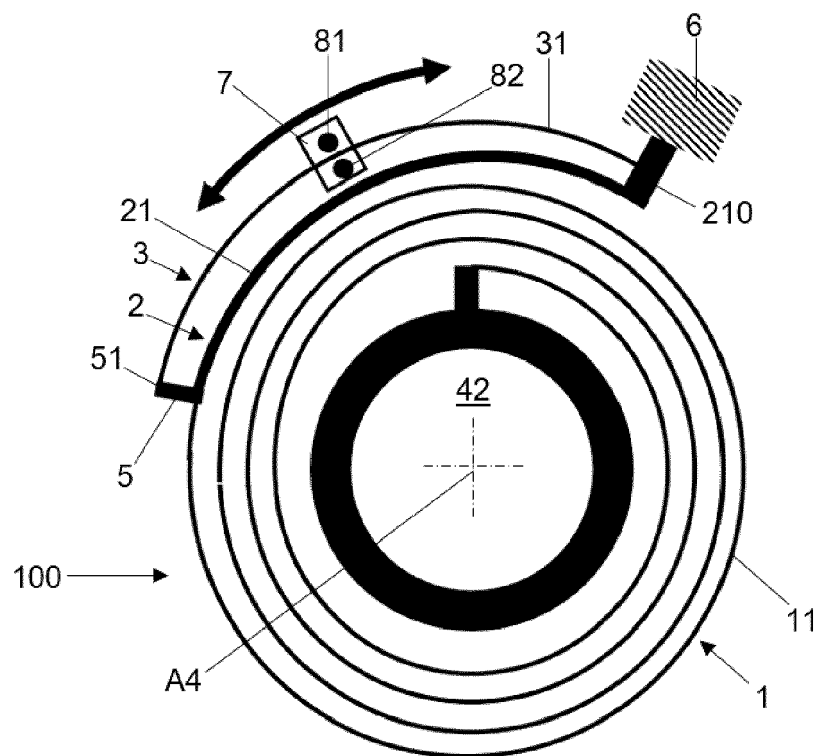


Figure 9

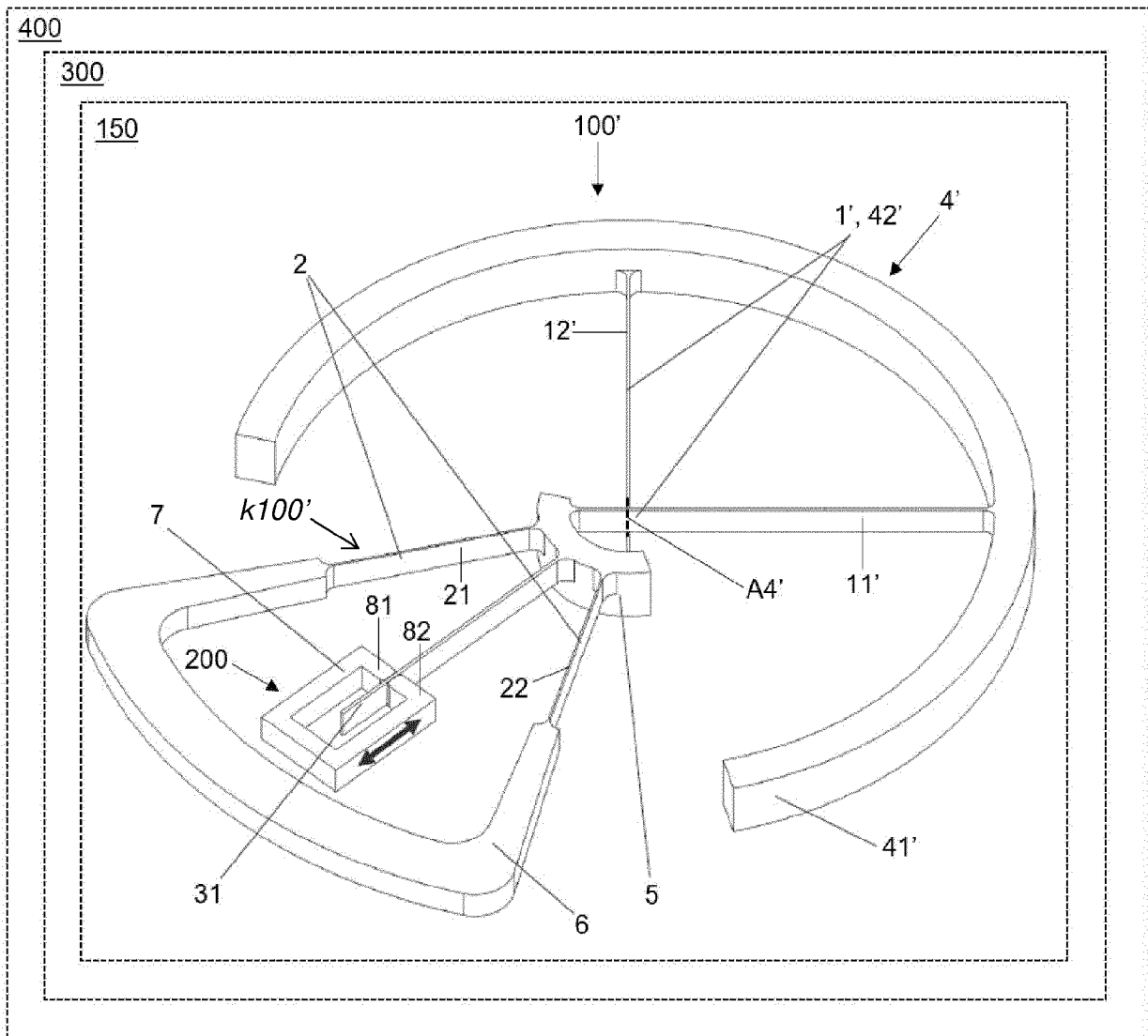


Figure 10

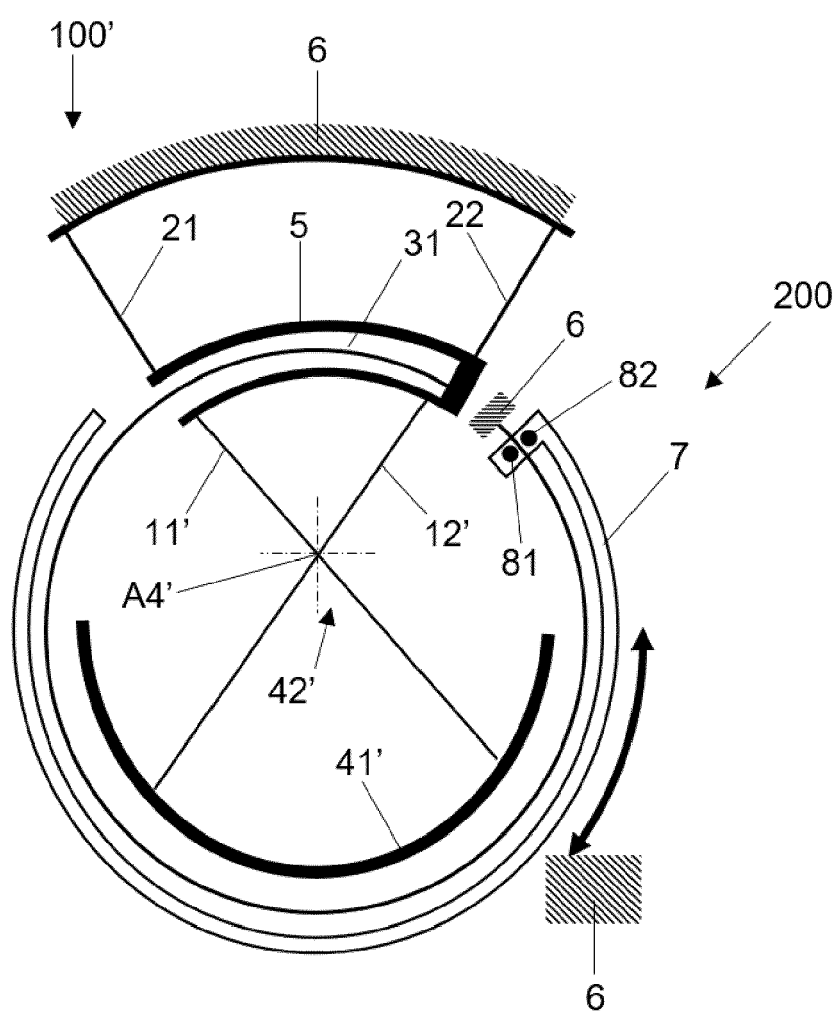


Figure 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 16 1901

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	CH 718 124 A2 (OMEGA SA [CH]) 15 juin 2022 (2022-06-15)	1-7, 10-14	INV. G04B18/06
A	* figures 9, 12, 20 * * alinéa [0031] * * alinéa [0033] * * alinéa [0047] * * alinéa [0056] * * alinéa [0068] *	8, 9, 15	
A	US 2014/286143 A1 (STRANCZL MARC [CH] ET AL) 25 septembre 2014 (2014-09-25) * alinéa [0057] * * alinéa [0060] - alinéa [0064] * * figures 8, 9 *	1-15	
A	EP 4 016 194 A1 (KAHROBAIYAN MOHAMMAD HUSSEIN [CH]) 22 juin 2022 (2022-06-22) * alinéa [0036] - alinéa [0039] * * alinéa [0049] - alinéa [0053] * * figure 7 *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		11 août 2023	Marzocchi, Olaf
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 23 16 1901

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

11-08-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 718124 A2	15-06-2022	CH 718113 A2	15-06-2022
		CH 718124 A2	15-06-2022

US 2014286143 A1	25-09-2014	CH 707814 A2	30-09-2014
		CN 104062884 A	24-09-2014
		EP 2781970 A1	24-09-2014
		HK 1202655 A1	02-10-2015
		JP 5806752 B2	10-11-2015
		JP 2014182144 A	29-09-2014
		KR 20140114783 A	29-09-2014
		TW 201447517 A	16-12-2014
		US 2014286143 A1	25-09-2014

EP 4016194 A1	22-06-2022	CN 114721243 A	08-07-2022
		EP 4016193 A1	22-06-2022
		EP 4016194 A1	22-06-2022
		JP 7238085 B2	13-03-2023
		JP 2022097417 A	30-06-2022
		US 2022197218 A1	23-06-2022

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- EP 4006648 A [0004]
- FR 833085 [0005]
- EP 4009115 A [0006] [0007]
- EP 4016194 A [0007]