

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **714 927 A2**

(19)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(51) Int. Cl.: **G04B 17/04** (2006.01)
G04B 17/32 (2006.01)
G04B 15/02 (2006.01)
G04B 15/08 (2006.01)
G04B 43/00 (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00529/18

(71) Requéérant:
The Swatch Group Research and Development Ltd.,
Rue des Sors 3
2074 Marin (CH)

(22) Date de dépôt: 25.04.2018

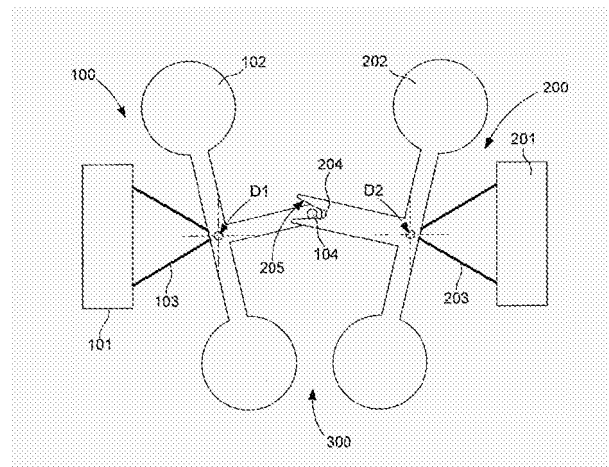
(72) Inventeur(s):
Jean-Jaques Born, 1110 Morges (CH)
Pascal Winkler, 2072 St-Blaise (CH)
Gianni Di Domenico, 2000 Neuchâtel (CH)

(43) Demande publiée: 31.10.2019

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Mécanisme régulateur d'horlogerie à résonateurs articulés.**

(57) Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) comportant des résonateurs primaires (100; 200) comportant chacun au moins une masse inertielle (102; 202) mobile de façon pivotante par rapport à une structure fixe (101; 201) à laquelle elle est suspendue par des lames flexibles (103; 203), ce mécanisme régulateur (300) comporte des moyens mécaniques de synchronisation d'au moins deux résonateurs primaires (100; 200) qui comportent une liaison articulée, notamment avec jeu, entre les deux masses inertielles (102; 202) que comportent ces deux résonateurs primaires (100; 200), laquelle liaison articulée est agencée pour autoriser en régime normal le pivotement des deux masses inertielles (102; 202) selon des sens de rotation opposés et avec des valeurs d'angles de rotation voisines, et est agencée pour interdire, lors d'un choc, le pivotement des deux masses inertielles (102; 202) selon le même sens de rotation.



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme régulateur d'horlogerie comportant une pluralité de résonateurs primaires comportant chacun au moins une masse inertielle mobile de façon pivotante par rapport à une structure fixe à laquelle ladite masse inertielle est suspendue par une pluralité de lames flexibles.

[0002] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme régulateur.

[0003] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement, et/ou comportant au moins un tel mécanisme régulateur.

[0004] L'invention concerne le domaine des mécanismes de régulation pour l'horlogerie mécanique.

Arrière-plan de l'invention

[0005] La technologie des oscillateurs et résonateurs d'horlogerie a beaucoup évolué avec l'apparition des techniques de réalisation de composants en silicium ou matériaux de caractéristiques similaires, qui ont permis l'avènement de guidages flexibles, en particulier à lames, définissant des pivots virtuels, et permettant de s'affranchir des pivots traditionnels, consommateurs d'énergie, sujets à l'usure, et nécessitant des lubrifications adéquates.

[0006] De nombreux paramètres restent néanmoins à améliorer: les faibles amplitudes d'oscillation, la transmission d'efforts importants, la sensibilité aux chocs, et, de façon générale la sensibilité aux perturbations du porté, en particulier en ce qui concerne la rotation.

Résumé de l'invention

[0007] L'invention se propose de réaliser un régulateur à pivots flexibles pour montre mécanique, qui soit insensible à ces perturbations pendant le porté, qui soit peu sensible aux chocs, facile à produire, et avec le meilleur rendement possible par la minimisation des frottements.

[0008] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme régulateur d'horlogerie selon la revendication 1.

[0009] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme régulateur.

[0010] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement, et/ou comportant au moins un tel mécanisme régulateur.

Description sommaire des dessins

[0011] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où:

- la fig. 1 représente, de façon schématisée, et en vue en plan, un mécanisme régulateur selon l'invention, comportant deux résonateurs comportant chacun une masse inertielle suspendue par lames flexibles, lesquelles masses définissent l'une avec l'autre une liaison articulée avec du jeu, dans une première position angulaire de repos de chaque résonateur;
- la fig. 2 représente, de façon similaire à la fig. 1, le même mécanisme, dans une position intermédiaire d'oscillation;
- la fig. 3 représente, de façon similaire à la fig. 1, un mécanisme similaire, avec échappement sur un des résonateurs;
- la fig. 4 représente, de façon similaire à la fig. 1, un mécanisme similaire, avec échappement sur les deux résonateurs, dans une première position angulaire de repos de chaque résonateur;
- la fig. 5 représente, de façon similaire à la fig. 4, le même mécanisme, dans une position intermédiaire d'oscillation;
- la fig. 6 représente, de façon schématisée, et en vue en plan, un guidage flexible sous forme d'un pivot en vé tête-bêche;
- la fig. 7 représente, de façon schématisée, et en vue en plan, un guidage flexible sous forme d'un pivot à lames croisées en projection;
- la fig. 8 représente, de façon schématisée, et en vue en plan, un guidage flexible sous forme d'un pivot de type Wittrick;

- la fig. 9 représente, de façon similaire à la fig. 1, un mécanisme similaire, avec échappement libre à double impulsion tangentielle directe;
- la fig. 10 est un schéma-blocs représentant une montre comportant un mouvement d'horlogerie incluant un tel mécanisme régulateur.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0012] L'invention concerne un mécanisme régulateur d'horlogerie 300, comportant une pluralité de résonateurs primaires 100, 200. Ce mécanisme régulateur 300 est un mécanisme à résonateurs articulés.

[0013] L'invention est applicable en particulier, mais non limitativement, aux résonateurs sur pivots flexibles à faible course, pour montre mécanique, lesquels sont usuellement très sensibles aux perturbations lors du porté, et notamment très sensibles aux accélérations angulaires, notamment en rotation.

[0014] Les figures n'illustrent, de façon non limitative, que la variante avec deux tels résonateurs primaires 100, 200, et l'homme du métier saura sans peine extrapoler les caractéristiques de l'invention à un nombre supérieur de résonateurs.

[0015] Ces résonateurs primaires 100, 200, comportent chacun au moins une masse inertielle 102, 202, qui est mobile de façon pivotante par rapport à une structure fixe 101, 201, à laquelle la masse inertielle 102, 202, est suspendue par une pluralité de lames flexibles 103, 203. Ces lames flexibles définissent, de façon connue, un axe de pivotement virtuel autour duquel pivote la masse inertielle concernée, avec un écart très faible, de quelques micromètres ou dizaines de micromètres, notamment inférieur à 30 micromètres, entre la position de l'axe instantané de pivotement et l'axe virtuel théorique imposé par la forme et le positionnement des lames flexibles.

[0016] Selon l'invention, ce mécanisme régulateur 300 comporte des moyens mécaniques de synchronisation d'au moins deux tels résonateurs primaires 100, 200. Ces moyens mécaniques de synchronisation comportent une liaison articulée entre deux masses inertielles 102, 202, que comportent les deux résonateurs primaires 100, 200.

[0017] Cette liaison articulée est agencée pour autoriser, en régime normal, le pivotement des deux masses inertielles 102, 202, selon des sens de rotation opposés, et avec des valeurs d'angles de rotation voisines. Et la liaison articulée est agencée pour interdire, lors d'un choc, le pivotement des deux masses inertielles 102, 202, selon le même sens de rotation.

[0018] Dans une réalisation particulière, cette liaison articulée est avec jeu.

[0019] Plus particulièrement et non limitativement, et tel que visible sur les fig. 1 à 8, cette liaison articulée résulte de la coopération d'une goupille ou similaire, avec une rainure de forme adaptée: plus particulièrement, une des deux masses inertielles 102, 202, comporte une goupille 104, qui coulisse avec jeu dans une fente 204 que comporte l'autre des deux masses inertielles 102, 202. Cette fente 204 est en forme de vé, de façon à autoriser en régime normal le pivotement des deux masses inertielles 102, 202, selon des sens de rotation opposés et selon la même valeur d'angle de rotation.

[0020] Ainsi, tel que visible sur les fig. 1 et 2, les deux résonateurs sont synchronisés par la goupille 104 montée sur un premier bras de la première masse inertielle 102 du premier résonateur 100, dont le premier axe de pivotement virtuel est désigné par D1. La goupille 104 coulisse dans la fente 204 dans un deuxième bras de la deuxième masse inertielle 202 du deuxième résonateur 200. Il existe un espace entre la goupille 104 et la fente 204, de façon à minimiser les frottements. La fente 204 est en forme de vé, s'élargissant vers son ouverture 205 en s'éloignant du deuxième axe de pivotement virtuel D2 de la deuxième masse inertielle 202, cette forme en vé permet que le premier résonateur 100 et le deuxième résonateur 200 puissent avoir le même angle de rotation opposée, et permet d'éviter que la goupille 104 et la fente 204 ne se touchent, de façon à ne pas altérer le rendement mécanique du résonateur.

[0021] En cas de choc rotatif, le premier résonateur 100 et le deuxième résonateur 200 tendent à tourner dans le même sens, et la liaison articulée les en empêche, ce qui garantit un fonctionnement correct de l'échappement avec lequel coopère au moins un des deux résonateurs. Il n'y a pas d'arrêt intempestif comme ce serait le cas pour un résonateur unique sur pivot flexible à faible course.

[0022] L'entretien des résonateurs peut être effectué de différentes façons.

[0023] La fig. 3 illustre la configuration où le mécanisme régulateur 300 comporte un oscillateur, lequel comporte un mécanisme d'échappement 400 et l'un des résonateurs primaires 100, 200. Les moyens de synchronisation mécanique selon l'invention, notamment dans la variante avec goupille et fente, telle qu'illustrée, sont agencés pour effectuer l'entretien de chaque autre résonateur primaire 100, 200: ici le premier résonateur 100 coopère avec l'échappement 400, et le deuxième résonateur 200 est entretenu par le premier.

[0024] Plus particulièrement, cet oscillateur comporte une ancre élargie 401, telle que décrite dans la demande EP 16 200 152 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse, et dans les demandes qui en dépendent: PCT/EP 2017/069 037, PCT/EP 2017/069 038, PCT/EP 2017/069 039, PCT/EP 2017/069 040, PCT/EP 2017/069 041, PCT/EP 2017/069 043, PCT/EP 2017/078 497, PCT/EP 2017/080 121.

[0025] Un bras 110, que comporte le résonateur primaire 100, 200, avec lequel le mécanisme d'échappement 400 est agencé pour coopérer, le premier résonateur 100 dans le cas de la fig. 3, est agencé pour coopérer avec cette ancre élargie 401.

[0026] Un deuxième moyen d'entretenir les résonateurs est d'utiliser un échappement à repos frottant, qui agit alternativement sur le premier résonateur 200 et le deuxième résonateur 200. Ainsi, tel que visible sur les fig. 4 et 5, le mécanisme régulateur 300 comporte un oscillateur lequel comporte un mécanisme d'échappement 400 à repos frottant qui est agencé pour coopérer alternativement avec deux résonateurs primaires 100, 200, au niveau de palettes 121, 221, que comportent les deux masses inertielles 102, 202, que comportent ces deux résonateurs primaires 100, 200.

[0027] Les avantages de cette variante sont nombreux.

[0028] En effet, l'énergie est distribuée de façon égale sur les deux résonateurs. Quand les deux résonateurs primaires 100, 200, ont le même réglage en fréquence et en équilibrage, la liaison articulée est en contact mécanique seulement en cas de choc: la goupille 104 et la fente 204 ne se touchent jamais, sauf en cas de perturbation externe. Ceci permet de minimiser la perturbation de la marche due au frottement entre la goupille 104 et la fente 204.

[0029] De préférence, la géométrie des palettes 121, 221, est la même pour les deux résonateurs, ce qui permet d'optimiser les chemins de frottement. Par rapport à un échappement à repos frottant traditionnel, qui a les deux palettes sur le même mobile, la configuration selon l'invention, avec une palette par mobile, permet de choisir la géométrie de palette avec le même rendement, sans être obligé d'utiliser des palettes courbes telles que connues de l'échappement Graham. Les fig. 4 et 5 illustrent une variante préférée, avec une roue d'échappement 420 avec des dents 421 courbes, et agencées pour coopérer avec les palettes 121, 221, qui sont droites. Cette configuration autorise une confection de palettes en rubis qui reste économique, et il est possible de combiner des palettes en rubis avec une roue d'échappement 420 en silicium ou similaire, et, ainsi, d'éviter les forces de contact élevées d'un couple silicium-silicium, si l'on devait réaliser des palettes courbes en silicium. En effet, l'exécution de la roue d'échappement 420 en silicium reste très avantageuse, car elle permet de minimiser son inertie, que l'on peut encore améliorer avec un évidement maximal et une épaisseur minimale. Les palettes sont plus épaisses que la roue, et la fabrication en rubis par la méthode traditionnelle est tout à fait appropriée.

[0030] Ainsi, plus particulièrement, le mécanisme d'échappement 400 à repos frottant comporte une roue d'échappement 420 en silicium et/ou dioxyde de silicium, et les palettes 121; 221 sont en rubis de façon à minimiser les forces de contact entre les dents 421 de la roue d'échappement 420 et les palettes 121, 221.

[0031] Un troisième moyen d'entretenir les résonateurs consiste à utiliser un mécanisme régulateur 300 articulé, qui comporte un oscillateur lequel comporte un mécanisme d'échappement 400 libre à double impulsion tangentielle directe, tel que visible sur la fig. 9. Ce mécanisme régulateur 300 comporte une liaison cinématique 600 entre deux masses inertielles 102, 202, que comportent deux résonateurs primaires 100, 200, et qui sont agencées pour pivoter en sens contraire. Ces deux masses inertielles 102, 202, comportent des palettes 121, 221, agencées pour coopérer avec des dents 421, que comporte une roue d'échappement 420 que comporte le mécanisme d'échappement 400, de façon à produire une impulsion directe de la roue d'échappement 420 à l'une des palettes 121, 221, à chaque alternance de l'oscillation. Cette liaison cinématique 600 comporte avantageusement la liaison articulée avec jeu, selon l'invention, entre les deux masses inertielles 102, 202.

[0032] Ce mécanisme est comparable à un échappement coaxial, dans lequel l'impulsion directe de l'ancre est remplacée ici par une impulsion directe sur la masse inertielle du deuxième résonateur.

[0033] Plus particulièrement, dans une variante illustrée par la fig. 9, le mécanisme régulateur 300 comporte un arrêt à bistable 700, qui est agencé pour coopérer, d'une part par un premier bras 701 avec une des dents 421 pour l'arrêt de la roue d'échappement 420, et d'autre part par une fourchette 703 avec une cheville 207 que comporte une des deux masses inertielles 102, 202. Cet arrêt à deux positions stables, qui ressemble à une ancre, ne sert que de repos pour arrêter la roue d'échappement par ce premier bras 701. Le pivotement de la deuxième masse inertielle fait échapper la cheville 207 de la fourchette 703, et libère alors le pivotement de l'arrêt à bistable 700, et ainsi autorise la rotation de la roue d'échappement.

[0034] Selon ce troisième moyen, le mécanisme d'échappement 400 est libre à double impulsion tangentielle directe.

[0035] En effet, il est libre car le résonateur est libre pendant une partie de son oscillation, ce qui est favorable d'un point de vue chronométrique.

[0036] Il est à double impulsion, car une impulsion se produit à chaque alternance de l'oscillation.

[0037] Il est à impulsion tangentielle, car le contact qui produit l'impulsion se produit sensiblement sur la ligne qui relie le centre d'inertie de la masse inertielle considérée au centre de la roue d'échappement (par opposition à l'impulsion frottante d'un échappement à ancre suisse traditionnel).

[0038] Il est à impulsion directe car l'impulsion est donnée directement de la roue au résonateur, sans nécessairement passer par une ancre.

[0039] On comprend que cette double impulsion directe n'est possible que parce que les deux masses inertielles pivotent selon des sens opposés. Ainsi, la roue d'échappement, qui tourne toujours dans le même sens, peut pousser l'une des masses inertielles lors de la première alternance, et l'autre lors de la deuxième alternance.

[0040] Les lignes en trait interrompu A, B, G, D de la fig. 9 illustrent des agencements relatifs avantageux: la droite A joignant les pivots virtuels des deux guidages flexibles est perpendiculaire à la direction B issue du centre de la roue d'échappement qui est la médiatrice de ces deux pivots, l'impulsion entre une dent 421 et une palette 121, 221, se faisant au voisinage de cette droite B; l'un des pivots définit avec l'axe de l'arrêt 700 une droite C, perpendiculaire à la droite D joignant l'axe de la roue d'échappement et l'axe de l'arrêt; le contact entre la cheville 207 et la fourchette 703 se fait au voisinage de cette droite C.

[0041] En ce qui concerne les pivots flexibles, différentes configurations sont utilisables.

[0042] La fig. 6 illustre le cas où la pluralité de lames flexibles 103, 203, comporte au moins un pivot comportant des vés tête-bêche, cette configuration étant connue pour être insensible aux positions de la montre.

[0043] La fig. 7 illustre le cas où la pluralité de lames flexibles 103, 203, comporte au moins un pivot à lames dans deux plans parallèles et croisées en projection, cette configuration étant également connue pour être insensible aux positions de la montre, dans des conditions d'angle et de point de croisement particulières.

[0044] La fig. 8 illustre le cas où la pluralité de lames flexibles 103, 203, comporte au moins un pivot en vé de type Wittrick, qui est connue pour être sensible aux positions de la montre lors du porté. Toutefois, grâce aux moyens de synchronisation avec la liaison articulée, cette configuration est aussi utilisable, car la liaison articulée annule la sensibilité aux positions. Cette variante est particulièrement simple à réaliser.

[0045] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 500 comportant au moins un tel mécanisme régulateur d'horlogerie 300.

[0046] L'invention concerne encore une montre 1000 comportant au moins un tel mouvement 500, et/ou comportant au moins un tel mécanisme régulateur 300.

Revendications

1. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) comportant une pluralité de résonateurs primaires (100; 200) comportant chacun au moins une masse inertielle (102; 202) mobile de façon pivotante par rapport à une structure fixe (101; 201) à laquelle ladite masse inertielle (102; 202) est suspendue par une pluralité de lames flexibles (103; 203), caractérisé en ce que ledit mécanisme régulateur (300) comporte des moyens mécaniques de synchronisation d'au moins deux dits résonateurs primaires (100; 200) qui comportent une liaison articulée entre les deux dites masses inertielles (102; 202) que comportent lesdits deux résonateurs primaires (100; 200), laquelle liaison articulée est agencée pour autoriser en régime normal le pivotement desdites deux masses inertielles (102; 202) selon des sens de rotation opposés et avec des valeurs d'angles de rotation voisines, et est agencée pour interdire, lors d'un choc, le pivotement desdites deux masses inertielles (102; 202) selon le même sens de rotation.
2. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite liaison articulée est une liaison avec jeu.
3. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que une desdites deux masses inertielles (102; 202) comporte une goupille (104) qui coulisse avec jeu dans une fente (204) que comporte l'autre desdites deux masses inertielles (102; 202), ladite fente (204) étant en forme de vé de façon à autoriser en régime normal le pivotement desdites deux masses inertielles (102; 202) selon des sens de rotation opposés et selon la même valeur d'angle de rotation.
4. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit mécanisme régulateur (300) comporte un oscillateur lequel comporte un mécanisme d'échappement (400) et l'un desdits résonateurs primaires (100; 200), et en ce que lesdits moyens de synchronisation mécanique sont agencés pour effectuer l'entretien de chaque autre dit résonateur primaire (100; 200).
5. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit oscillateur comporte une ancre élargie (401) avec laquelle est agencé pour coopérer un bras (110) que comporte ledit résonateur primaire (100; 200) avec lequel ledit mécanisme d'échappement (400) est agencé pour coopérer.
6. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit mécanisme régulateur (300) comporte un oscillateur lequel comporte un mécanisme d'échappement (400) à repos frottant qui est agencé pour coopérer alternativement avec deux dits résonateurs primaires (100; 200), au niveau de palettes (121; 221) que comportent les deux dites masses inertielles (102; 202) que comportent lesdits deux résonateurs primaires (100; 200).
7. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits deux résonateurs primaires (100; 200) ont le même réglage en fréquence et en équilibrage, et en ce que ladite liaison articulée est en contact mécanique seulement en cas de choc.

CH 714 927 A2

8. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que ledit mécanisme d'échappement (400) à repos frottant comporte une roue d'échappement (420) avec des dents (421) qui sont courbes, et agencées pour coopérer avec lesdites palettes (121; 221) qui sont droites.
9. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que ledit mécanisme d'échappement (400) à repos frottant comporte une roue d'échappement (420) en silicium et/ou dioxyde de silicium, et en ce que lesdites palettes (121; 221) sont en rubis de façon à minimiser les forces de contact entre les dents (421) de ladite roue d'échappement (420) et lesdites palettes (121;221).
10. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit mécanisme régulateur (300) comporte un oscillateur lequel comporte un mécanisme d'échappement (400) libre à double impulsion tangentielle directe, comporte une liaison cinématique (600), comportant ladite liaison articulée, entre deux dites masses inertielles (102; 202) que comportent deux dits résonateurs primaires (100; 200) et qui sont agencées pour pivoter en sens contraire, lesquelles dites deux masses inertielles (102; 202) comportent des palettes (121; 221) agencées pour coopérer avec des dents (421) que comporte une roue d'échappement (420) que comporte ledit mécanisme d'échappement (400), de façon à produire une impulsion directe de ladite roue d'échappement (420) à l'une desdites palettes (121; 221) à chaque alternance de l'oscillation.
11. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit mécanisme régulateur (300) comporte un arrêt-bistable (700) agencé pour coopérer, d'une part par un premier bras (701) avec une desdites dents (421), et d'autre part par une fourchette (703) avec une cheville (207) que comporte une desdites deux masses inertielles (102; 202).
12. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ladite pluralité de lames flexibles (103; 203) comporte au moins un pivot comportant des vés tête-bêche et insensible aux positions.
13. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ladite pluralité de lames flexibles (103; 203) comporte au moins un pivot à lames dans deux plans parallèles et croisées en projection, insensible aux positions.
14. Mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ladite pluralité de lames flexibles (103; 203) comporte au moins un pivot en vé de type Wittrick, dont ladite liaison articulée annule la sensibilité aux positions.
15. Mouvement d'horlogerie (500) comportant au moins un mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 14.
16. Montre (1000) comportant au moins un mouvement d'horlogerie (500) selon la revendication 17, et/ou comportant au moins un mécanisme régulateur d'horlogerie (300) selon l'une des revendications 1 à 15.

Fig. 1

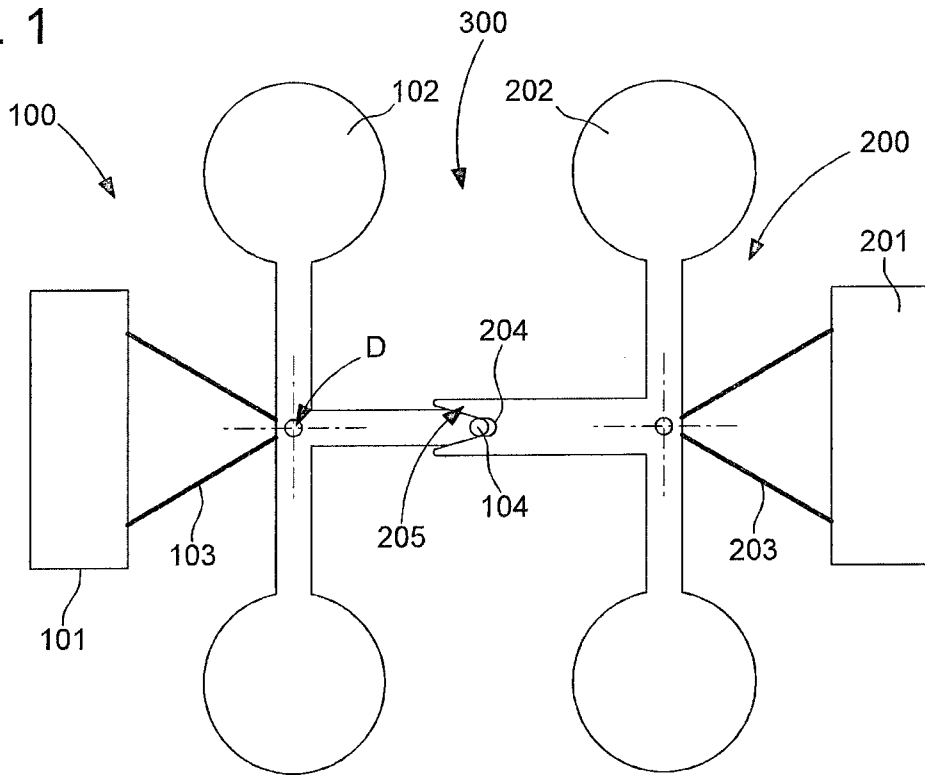


Fig. 2

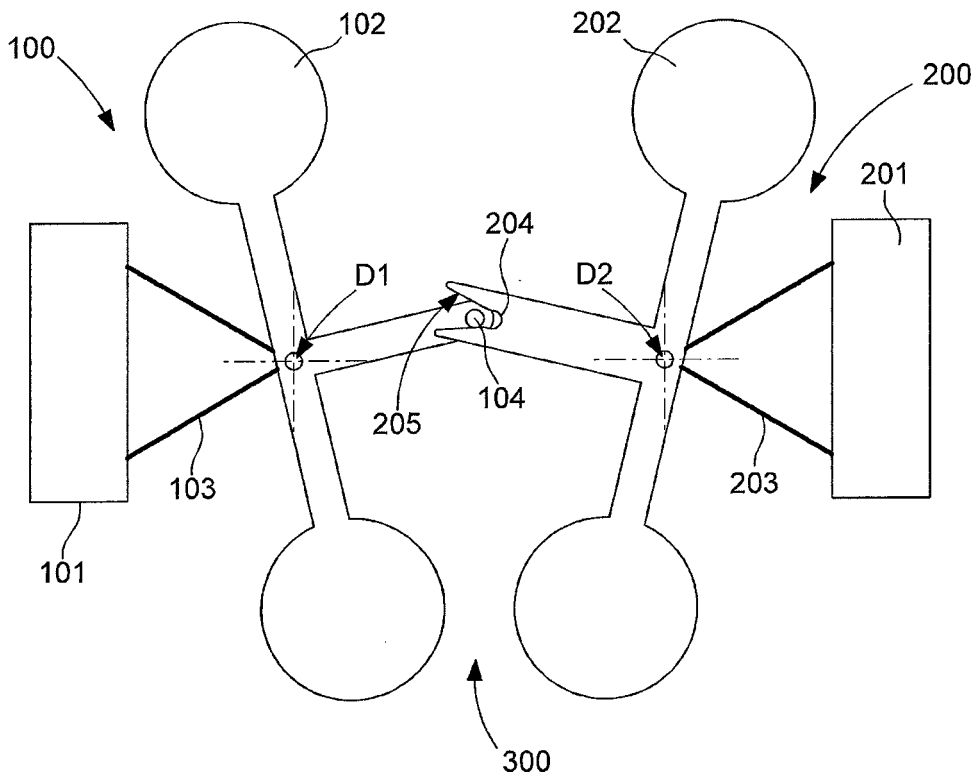


Fig. 3

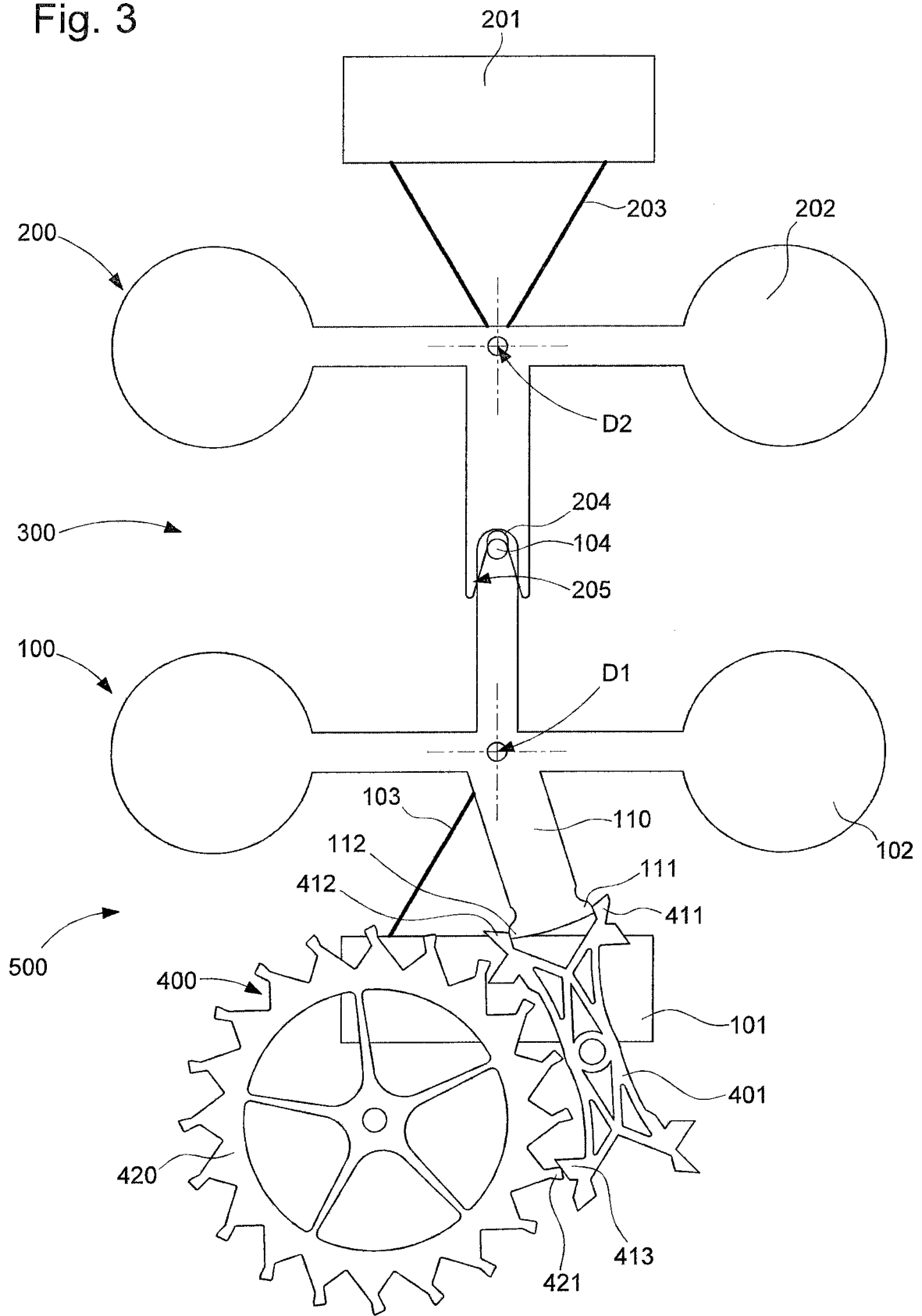


Fig. 4

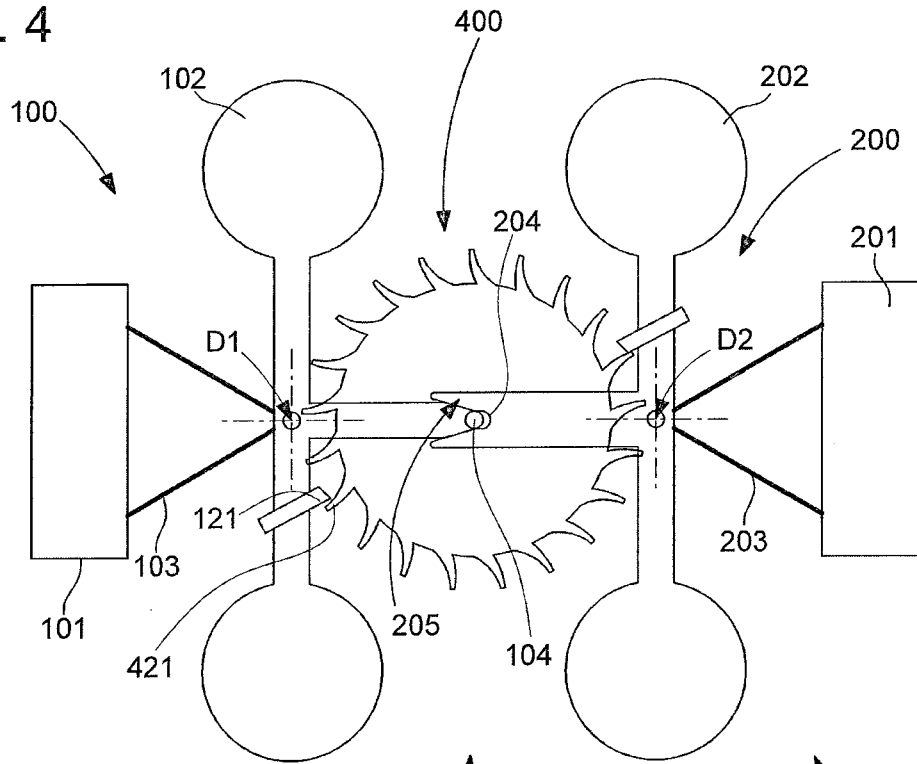


Fig. 5

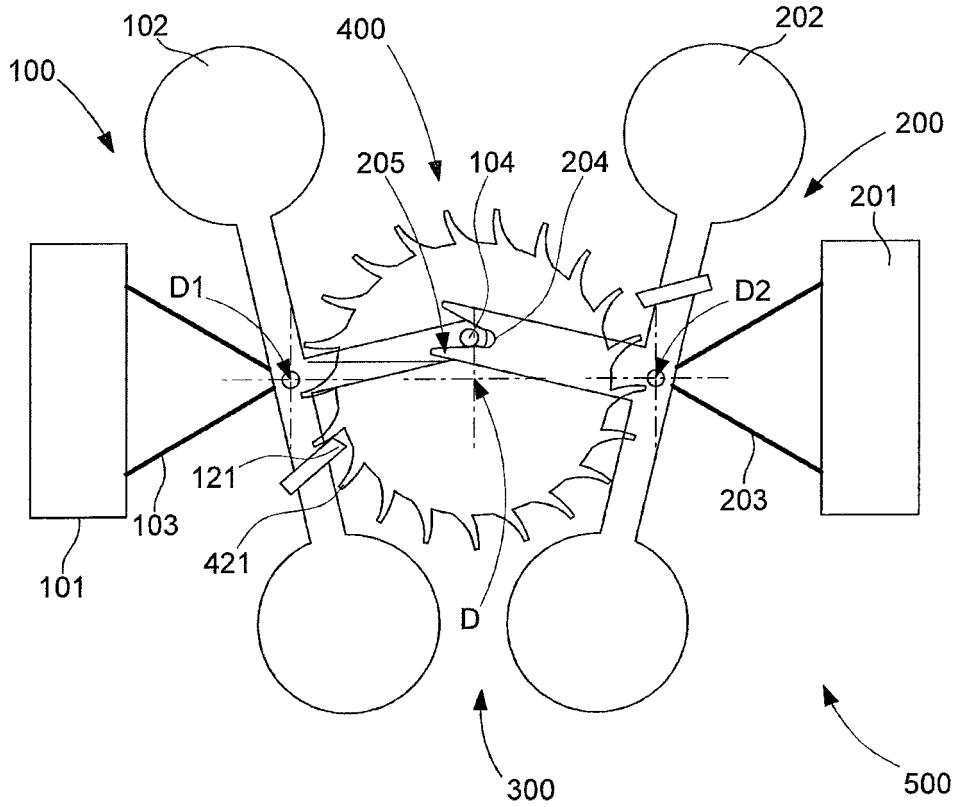


Fig. 6

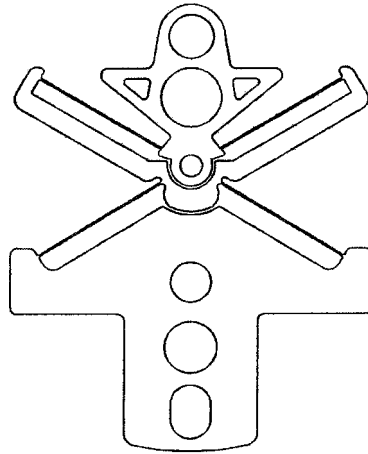


Fig. 7

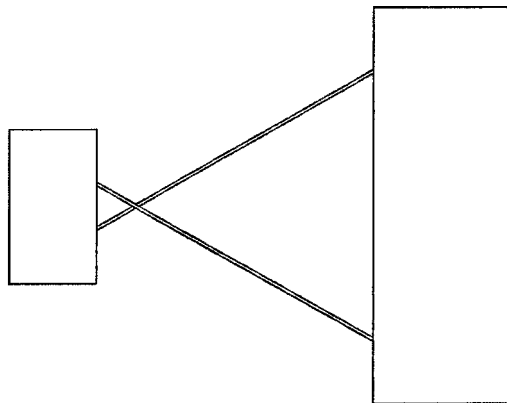


Fig. 8

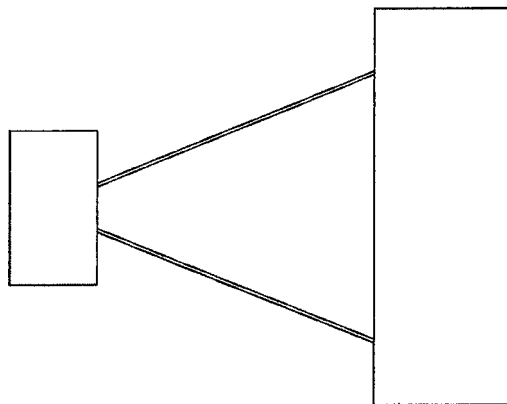


Fig. 9

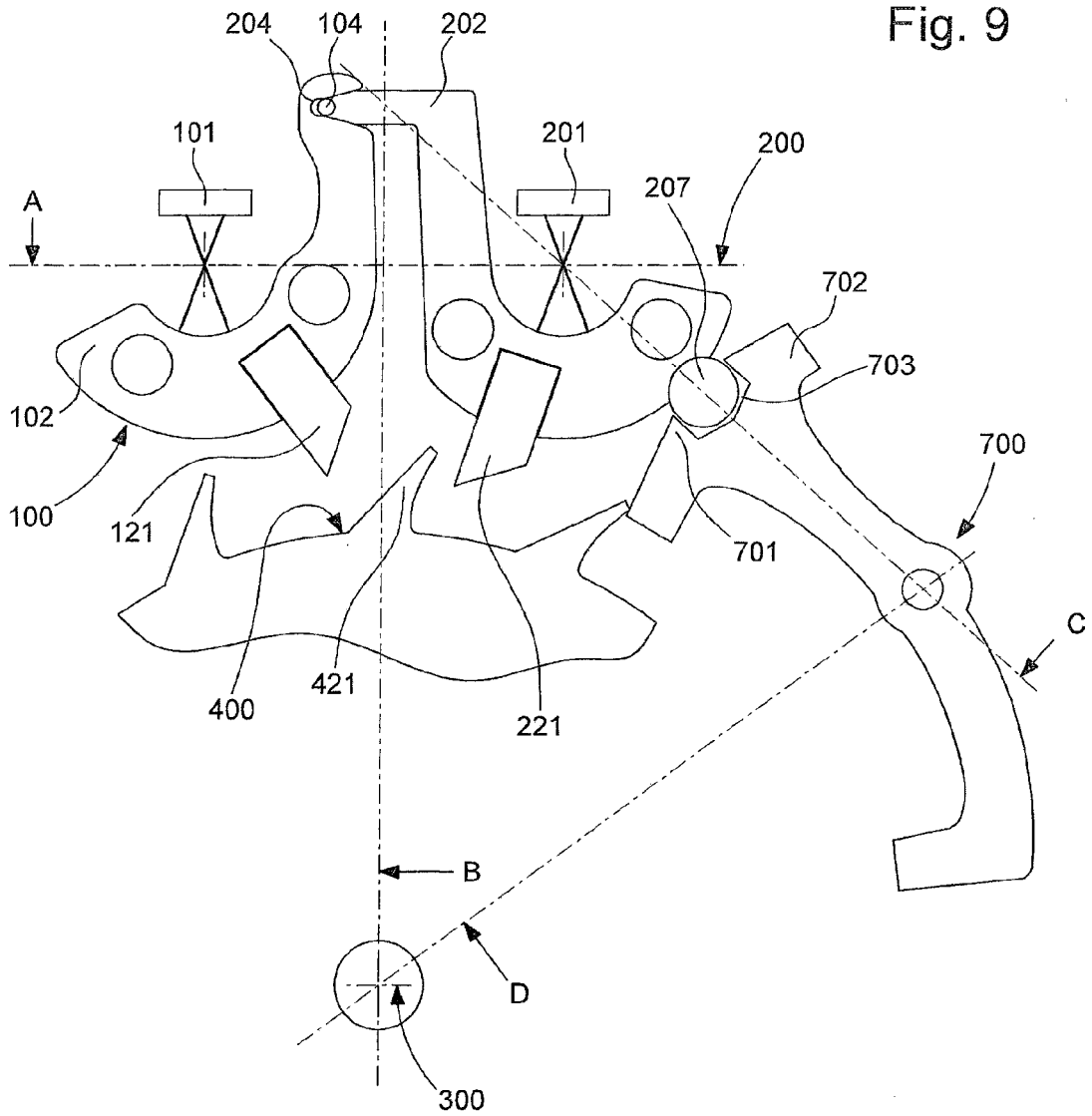


Fig. 10

