



(11)

EP 4 509 929 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
19.02.2025 Bulletin 2025/08

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 15/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24222725.4**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 15/08; G04B 15/06; G04B 15/10

(22) Date de dépôt: **21.12.2016**

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

(72) Inventeur: **TU, Xuan Mai**
1024 Ecublens (CH)

(30) Priorité: **21.12.2015 CH 18872015**

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

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
16819920.6 / 3 394 682

Remarques:
Cette demande a été déposée le 23.12.2024 comme
demande divisionnaire de la demande mentionnée
sous le code INID 62.

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

(54) **DISPOSITIF DE TRANSMISSION MÉCANIQUE POUR PIÈCE D HORLOGERIE**

(57) Dispositif de transmission mécanique pour pièce d'horlogerie destiné à transmettre un couple, notamment destiné à transmettre un couple variable et/ou provenant d'un barillet, à une roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*), comprenant :

- un pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) possédant des surfaces de repos (200b' ; 200b" ; 200b*) et des surfaces d'impulsion (201b' ; 201b" ; 201b*), monté sur le même axe que la roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*),
- une roue ou premier mobile d'échappement (1' ; 1" ; 1*) soumis à un couple provenant du barillet, caractérisé en ce que les surfaces de repos (200b' ; 200b" ; 200b*) et les surfaces d'impulsion (201b' ; 201b" ; 201b*) sont arrangées pour que le couple transmis par la roue ou premier mobile d'échappement (1' ; 1" ; 1*) au pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) dans la phase d'impulsion soit sensiblement supérieur au couple transmis par la roue (1' ; 1" ; 1*) au pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) dans la phase de dégagement.

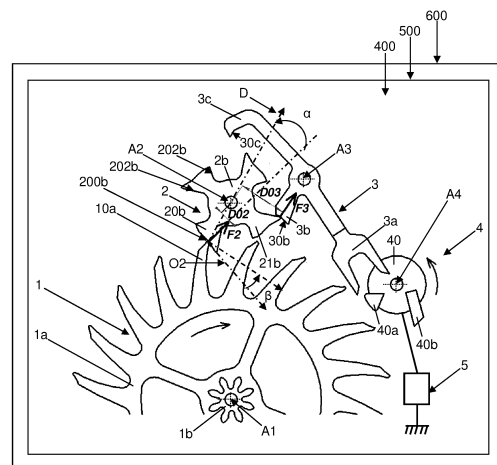


Figure 1

EP 4 509 929 A2

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de fonctionnement d'un dispositif d'échappement horloger. L'invention concerne encore un dispositif d'échappement horloger. L'invention concerne encore un mouvement horloger comprenant un tel dispositif. L'invention concerne enfin une pièce d'horlogerie comprenant un tel dispositif ou un tel mouvement horloger. L'invention concerne aussi un dispositif de transmission et une pièce d'horlogerie comprenant un tel dispositif de transmission.

[0002] Les dispositifs d'échappement connus tels que l'échappement à ancre suisse ou l'échappement de type Robin, décrit par exemple au sein du brevet EP1122617B1, comportent classiquement un mobile d'échappement, ainsi qu'un bloqueur. Le mobile d'échappement est constitué d'un premier pignon d'échappement étant en prise ou prenant part au rouage de finissage d'un mouvement d'horlogerie et d'une roue d'échappement prévue pour coopérer par contact avec le bloqueur qui est lui-même prévu pour coopérer par contact avec un oscillateur, notamment un balancier-spiral, en particulier une cheville de plateau d'un balancier-spiral. En phase de dégagement, la cheville de plateau actionne directement le bloqueur, par le biais d'une fourchette de bloqueur, qui agit lui-même directement à l'encontre de la roue d'échappement. De tels dispositifs d'échappement présentent des rendements relativement faibles, de l'ordre de 30% à 40%.

[0003] Le but de l'invention est de fournir un dispositif de transmission mécanique et un dispositif d'échappement horloger permettant de remédier aux inconvénients mentionnés précédemment et d'améliorer les dispositifs de transmission mécanique et les dispositifs d'échappement horlogers connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un dispositif de transmission mécanique et un dispositif d'échappement dont le rendement mécanique est amélioré.

[0004] Un dispositif de transmission mécanique selon l'invention est défini par la revendication 1.

[0005] Différents modes d'exécution du dispositif de transmission mécanique sont définis par les revendications dépendantes 2 à 5.

[0006] Une pièce d'horlogerie relative à l'invention est définie par la revendication 6.

[0007] Selon un autre aspect de l'invention, des objets sont définis par les propositions qui suivent :

1. Procédé de fonctionnement d'un dispositif d'échappement (400 ; 400' ; 400" ; 400*) interposé entre un mobile (1b ; 1b' ; 1b" ; 1b*) de rouage de finissage et un oscillateur (4, 5), le dispositif d'échappement comprenant un premier mobile (1 ; 1' ; 1" ; 1*) d'échappement pivoté selon un premier axe (A1 ; A1' ; A1" ; A1*), un deuxième mobile (2 ; 2' ; 2" ; 2*) d'échappement pivoté selon un deuxième axe (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) et un bloqueur (3 ; 3' ; 3" ; 3*),

- le procédé comprenant une phase de dégagement, dans laquelle on applique simultanément sur le deuxième mobile d'échappement :

- un premier effort (F2 ; F20 ; F21 ; F22) du premier mobile d'échappement, et
- un deuxième effort (F3 ; F30 ; F31 ; F32) du bloqueur, l'intensité du deuxième effort étant inférieure à l'intensité du premier effort, notamment l'intensité du deuxième effort étant inférieure à 0,5 fois, voire inférieure à 0,3 fois, voire inférieure à 0,2 fois, l'intensité du premier effort.

2. Procédé de fonctionnement selon la proposition 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une phase d'impulsion dans laquelle le premier mobile d'échappement applique, directement sur l'oscillateur ou directement sur le deuxième mobile d'échappement, un troisième effort dirigé sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du premier mobile d'échappement ou à l'axe du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe de l'oscillateur.

3. Procédé de fonctionnement selon la proposition 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une phase d'impulsion dans laquelle le deuxième mobile d'échappement applique, directement sur l'oscillateur ou directement sur le bloqueur, un quatrième effort dirigé sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe du bloqueur ou à l'axe de l'oscillateur.

4. Procédé de fonctionnement selon l'une des propositions 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une phase d'impulsion dans laquelle l'intensité du couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement ou à un oscillateur lors de la phase d'impulsion est supérieure à 1,5 fois, voire supérieure à 2 fois, l'intensité du couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement lors d'une phase de dégagement.

5. Dispositif d'échappement (400 ; 400' ; 400" ; 400*) comprenant un premier mobile (1 ; 1' ; 1" ; 1*) d'échappement, un deuxième mobile (2 ; 2' ; 2" ; 2*) d'échappement et un bloqueur (3 ; 3' ; 3" ; 3*), le deuxième mobile d'échappement étant interposé entre le premier mobile d'échappement et le bloqueur, notamment le deuxième mobile d'échappe-

ment coopérant par contact avec le premier mobile d'échappement d'une part et avec le bloqueur d'autre part.

6. Dispositif d'échappement selon la proposition 5, caractérisé en ce que le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement du dispositif d'échappement, un effort du bloqueur asservi par l'oscillateur (4, 5) est transmis au premier mobile d'échappement par l'intermédiaire du deuxième mobile d'échappement.

7. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 et 6, caractérisé en ce que le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement du dispositif d'échappement, un premier effort du premier mobile d'échappement est appliqué sur le deuxième mobile d'échappement et un deuxième effort du bloqueur est appliqué sur le deuxième mobile d'échappement, l'intensité du deuxième effort étant inférieure à l'intensité du premier effort, notamment l'intensité du deuxième effort étant inférieure à 0,5 fois, voire inférieure à 0,3 fois, voire inférieure à 0,2 fois, l'intensité du premier effort.

8. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 7, caractérisé en ce que le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte qu'en phase d'impulsion du dispositif d'échappement :

- un troisième effort du premier mobile d'échappement appliqué directement sur le deuxième mobile d'échappement ou appliqué directement sur un oscillateur (4, 5) est dirigé sensiblement orthoradialement relativement à l'axe (A1 ; A1' ; A1" ; A1*) du premier mobile d'échappement ou à l'axe (2a' ; 2a" ; 2a*) du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe (A4 ; A4' ; A4" ; A4*) de l'oscillateur ; et/ou
- un quatrième effort du deuxième mobile d'échappement appliqué directement sur le bloqueur ou appliqué directement sur un oscillateur est dirigé sensiblement orthoradialement à l'axe (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe (A3 ; A3' ; A3" ; A3*) du bloqueur ou à l'axe (A4 ; A4' ; A4" ; A4*) de l'oscillateur.

9. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 8, caractérisé en ce que le deuxième mobile (2 ; 2' ; 2" ; 2*) d'échappement est un deuxième pignon (2b) ou en ce que le deuxième mobile (2' ; 2" ; 2*) d'échappement comprend un deuxième pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) et une deuxième roue (2a' ; 2a" ; 2a*).

10. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 8, caractérisé en ce que le deuxième mobile (2 ; 2' ; 2" ; 2*) d'échappement comprend un deuxième pignon (2b' ; 2b" ; 2b*), le deuxième pignon étant agencé pour coopérer avec le premier mobile d'échappement, le premier mobile d'échappement, notamment une première roue du premier mobile d'échappement, présentant un diamètre supérieur, notamment plus de 1,5 fois supérieur, voire plus de 2 fois supérieur, au diamètre du deuxième pignon du deuxième mobile (2 ; 2' ; 2" ; 2*) d'échappement.

11. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 10, caractérisé en ce que le deuxième mobile (2 ; 2' ; 2" ; 2*) d'échappement comprend des surfaces d'impulsion (201 b' ; 201 b" ; 201b*) orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) du deuxième mobile d'échappement et/ou des surfaces de repos (200b ; 200b' ; 200b" ; 200b*) orientées en formant un angle (β ; β' ; β'' ; β^*) compris entre 15° et 50°, voire entre 20° et 45° entre la tangente à la surface et un vecteur orthoradial (O2 ; O2' ; O2" ; O2*) relativement à l'axe (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) du deuxième mobile d'échappement au niveau de la surface de repos et/ou en ce que le bloqueur comprend des surfaces d'impulsion (31b" ; 301b* ; 311b*) orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe du bloqueur (A3 ; A3' ; A3" ; A3*) et/ou des surfaces de repos (30b ; 30c ; 30b' ; 30c' ; 30b" ; 30c" ; 30b* ; 30c*) orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du bloqueur (A3 ; A3' ; A3" ; A3*).

12. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 9 à 10, caractérisé en ce que la deuxième roue comprend des surfaces d'impulsion (201a") orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du deuxième mobile (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) et/ou des surfaces de repos (200a") orientées au moins sensiblement radialement à l'axe du deuxième mobile (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) et/ou en ce que le deuxième pignon comprend des surfaces d'impulsion (201b' ; 201b" ; 201b*) orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe du deuxième mobile (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) et/ou des surfaces de repos (200b ; 200b' ; 200b" ; 200b*) orientées en formant un angle (β ; β' ; β'' ; β^*) compris entre 15° et 50°, voire entre 20° et 45° entre la tangente à la surface et un vecteur orthoradial (O2 ; O2' ; O2" ; O2*) relativement à l'axe du deuxième mobile (A2 ; A2' ; A2" ; A2*) au niveau de la surface de repos.

13. Dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 12, caractérisé en ce que le premier mobile

d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement du dispositif d'échappement, un premier effort (F2 ; F20 ; F21 ; F22) du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement en un premier point de contact forme un angle (α ; α' ; α'' ; α^*) inférieur à 50°, voire inférieur à 30°, voire inférieur à 20° avec un vecteur radial (D ; D' ; D'' ; D*) relativement à l'axe du deuxième mobile d'échappement (A2 ; A2' ; A2'' ; A2*) au premier point de contact et/ou en ce que le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement :

- une demi-droite ayant pour origine l'axe (A2 ; A2' ; A2'' ; A2*) du deuxième mobile d'échappement et passant par un premier point de contact où s'applique un premier effort (F2 ; F20 ; F21 ; F22) du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement ; et
- une demi-droite ayant pour origine l'axe (A2 ; A2' ; A2'' ; A2*) du deuxième mobile d'échappement et passant par l'axe (A1 ; A1' ; A1'' ; A1*) du deuxième mobile d'échappement ;
forment un angle supérieur à 10°, voire supérieur à 20°, voire supérieur à 30° ;
et/ou
- une demi-droite ayant pour origine l'axe (A1 ; A1' ; A1'' ; A1*) du premier mobile d'échappement et passant par l'axe (A2 ; A2' ; A2'' ; A2*) du deuxième mobile d'échappement ; et
- une demi-droite ayant pour origine l'axe (A1 ; A1' ; A1'' ; A1*) du premier mobile d'échappement et passant par un premier point de contact où s'applique un premier effort (F2 ; F20 ; F21 ; F22) du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement ;

forment un angle supérieur à 5°, voire supérieur à 10°, voire supérieur à 20°.

14. Mouvement horloger (500 ; 500' ; 500'' ; 500*) comprenant un dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 13, notamment comprenant un rouage de finissage (1b' ; 1b'' ; 1b*), un oscillateur (4, 5) et un dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 13, le dispositif d'échappement étant interposé entre le rouage de finissage et l'oscillateur.

15. Pièce d'horlogerie (600 ; 600' ; 600'' ; 600*) comprenant un dispositif d'échappement selon l'une des propositions 5 à 13 ou un mouvement horloger selon la proposition 14.

[0008] Les figures annexées représentent, à titre d'exemples, deux modes de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention.

La figure 1 est une vue schématique d'un premier mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention comprenant une première variante d'un premier mode de réalisation d'un échappement dans une première position de repos.

La figure 2 est une vue de la première variante du premier mode de réalisation de l'échappement dans une deuxième position.

La figure 3 est une vue de la première variante du premier mode de réalisation de l'échappement dans une troisième position de repos.

La figure 4 est une vue de la première variante du premier mode de réalisation de l'échappement dans une quatrième position.

La figure 5 est une vue de la première variante du premier mode de réalisation de l'échappement dans une cinquième position d'impulsion.

La figure 6 est une vue de détail d'une première variante du bloqueur du premier mode de réalisation de l'échappement.

La figure 7 est une vue de détail d'une deuxième variante du bloqueur du premier mode de réalisation de l'échappement.

La figure 8 est une vue de détail d'une troisième variante du bloqueur du premier mode de réalisation de l'échappement.

La figure 9 est une vue schématique d'une première variante d'un deuxième mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention comprenant une première variante d'un deuxième mode de réalisation d'un échappement dans une première position de repos.

5 La figure 10 est une vue identique à la figure 9 sur laquelle les efforts de contact ont été représentés.

La figure 11 est une vue de la première variante du deuxième mode de réalisation de l'échappement dans une deuxième position d'impulsion.

10 La figure 12 est une vue schématique d'une deuxième variante du deuxième mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention comprenant deuxième variante du deuxième mode de réalisation d'un échappement dans une première position de repos.

15 La figure 13 est une vue de la deuxième variante du deuxième mode de réalisation de l'échappement dans une deuxième position d'impulsion.

La figure 14 est une vue schématique d'une troisième variante du deuxième mode d'une pièce d'horlogerie selon l'invention comprenant une troisième variante du deuxième mode de réalisation d'un échappement dans une première position de repos.

20 La figure 15 est une vue de la troisième variante du deuxième mode de réalisation de l'échappement dans une deuxième position d'impulsion.

25 **[0009]** Un premier mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie 600 est décrit ci-après en référence aux figures 1 à 8. La pièce d'horlogerie est par exemple une montre, en particulier une montre bracelet. La pièce d'horlogerie comprend un premier mode de réalisation d'un mouvement horloger 500, en particulier un mouvement mécanique. Le mouvement comprend une première variante d'un premier mode de réalisation d'un dispositif d'échappement 400 disposé entre un rouage et un oscillateur 4, 5.

30 **[0010]** Le rouage est prévu pour relier un organe moteur, comme un barillet, à l'échappement. Le rouage permet ainsi une transmission d'énergie de l'organe moteur à l'échappement. L'échappement permet quant à lui de fournir de l'énergie à l'oscillateur afin d'entretenir ses oscillations.

[0011] L'oscillateur est par exemple un oscillateur du type balancier 4 -spiral 5. Le balancier est pivoté selon un axe A4.

35 **[0012]** Le dispositif d'échappement 400 comprend principalement un premier mobile 1 d'échappement pivoté selon un axe A1, un deuxième mobile 2 d'échappement pivoté selon un axe A2 et un bloqueur 3 pivoté selon un axe A3. Le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte que, dans une phase de dégagement du dispositif d'échappement, un effort du bloqueur asservi par l'oscillateur 4, 5 est transmis au premier mobile d'échappement par l'intermédiaire du deuxième mobile d'échappement. Une phase de dégagement comporte notamment une phase de dégagement des moyens de blocage du bloqueur de la denture du deuxième mobile 2 sous l'asservissement de l'oscillateur 4, 5, c'est-à-dire que les positions du bloqueur sont déterminées par les positions de l'oscillateur.

40 **[0013]** Le premier mobile d'échappement 1 comprend une première roue d'échappement 1a susceptible d'agir, directement ou non, sur l'oscillateur horloger. Un premier pignon 1b du rouage de finissage est solidaire en rotation de la première roue d'échappement 1a, notamment est fixé sur la première roue d'échappement 1a, en particulier est fixé coaxialement sur la première roue d'échappement 1a.

45 **[0014]** Dans le premier mode de réalisation du dispositif d'échappement, le deuxième mobile d'échappement comprend un seul et unique deuxième pignon d'échappement 2b.

[0015] Dans une variante privilégiée du premier mode de réalisation, le dispositif d'échappement est un dispositif d'échappement à impulsion directe, dont le principe de fonctionnement est assimilable à celui d'un dispositif d'échappement de type Robin. Celui-ci peut par exemple être prévu pour coopérer avec un oscillateur de type balancier 4 -spiral 5.

50 **[0016]** La première roue 1a d'échappement est prévue pour actionner directement le balancier 4 -spiral 5 par l'intermédiaire d'une de ses dents qui, lors de chaque phase d'impulsion du dispositif d'échappement, agit à l'encontre d'une palette 40b d'impulsion d'un plateau 40 du balancier 4. Ainsi, le balancier reçoit, dans la phase d'impulsion, de l'énergie directement de la première roue 1a d'échappement. On évite ainsi des pertes par frottement induites par les bloqueurs des dispositifs d'échappement à impulsion indirecte. Pour ce faire, la première roue 1a d'échappement est liée cinématiquement à l'organe moteur du mouvement d'horlogerie par le biais du premier pignon 1b.

55 **[0017]** Pour minimiser autant que faire se peut l'énergie de dégagement à fournir par le balancier, la première roue 1a d'échappement est susceptible d'être bloquée par le bloqueur 3 par l'entremise du deuxième mobile 2b d'échappement qui est interposé entre le premier mobile 1 et le bloqueur 3. Pour ce faire, l'agencement du bloqueur, du premier mobile

d'échappement et du deuxième mobile d'échappement est tel que l'effort entre le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur 3 est sensiblement plus faible que l'effort entre le premier mobile d'échappement et le deuxième mobile d'échappement, lors des phases de dégagement. Plus particulièrement, l'agencement du bloqueur, du premier mobile d'échappement et du deuxième mobile d'échappement est tel que la force entre le deuxième pignon 2b d'échappement et le bloqueur 3 est plus faible que la force entre la première roue 1a d'échappement et le deuxième pignon 2b d'échappement.

[0018] La figure 1 illustre une première position de repos du dispositif d'échappement. Sur cette figure, le plateau 40 de balancier 4 tourne dans le sens antihoraire, et la palette ou la cheville 40a de dégagement du plateau 40 de balancier 4 s'éloigne d'une fourchette 3a du bloqueur 3. Une dent 10a de la roue 1a, sous l'effet du couple produit par l'organe moteur exerce une force F2 sur une surface de repos 200b d'une dent 20b du pignon 2b. La force F2, qui passe sensiblement près de l'axe A2, crée un couple qui a tendance à faire pivoter le deuxième pignon 2b dans le sens antihoraire, ce qui engendre une force F3 d'appui d'une dent 21b du pignon 2b sur une surface de repos 30b de moyens de blocage 3b, notamment une palette 3b, du bloqueur 3. La surface de repos 30b est arrangée pour que la direction de la force F3 passe sensiblement par l'axe A3. Ces forces sont les mêmes lors de la phase de dégagement qui va suivre aux angles de frottement près.

[0019] On constate que l'angle α formé entre le vecteur force F2 et la demi-droite ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a et le pignon 2b et passant par l'axe A2 (ou formé entre le vecteur force F2 et un vecteur D radial relativement à l'axe A2 et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a et le pignon 2b) est sensiblement inférieur à 50°, notamment inférieur à 30°, voire inférieur à 20°.

[0020] Au repos, en négligeant les frottements :

$$F3 = F2 \times (DO2/DO3)$$

avec :

F2 et F3 : les valeurs des intensités des forces d'appui respectives à l'encontre des surfaces 200b et 30b ;

DO2 : la valeur du bras de levier de la force F2 par rapport à l'axe A2 ;

DO3 : la valeur du bras de levier de la force F3 par rapport à l'axe A2.

Etant donné que $DO2 < DO3$, on constate ainsi que l'intensité de la force

F3 est sensiblement plus faible que l'intensité de la force F2.

[0021] La figure 2 illustre le dispositif d'échappement juste après la phase de dégagement qui fait suite à la première position de repos illustrée sur la figure 1. Sur la figure 2, le plateau 40 de balancier 4 tourne dans le sens horaire. Lors de la phase de dégagement, la palette 40a de dégagement du plateau 40 de balancier 4 est venue en contact avec la fourchette 3a du bloqueur 3 et a fait pivoter ce dernier en sens antihoraire. Ce contact et cette action sont maintenus sur la figure 2. Cette action a libéré la dent 21b du pignon 2b de la surface de repos 30b. L'énergie fournie par le balancier lors de ce dégagement pour vaincre les frottements et pour mettre en mouvement les mobiles et le bloqueur est sensiblement plus faible que celle fournie dans un dispositif d'échappement conventionnel de type Robin.

[0022] Cette faible dépense énergétique s'explique par le fait que l'intensité de la force F3 est sensiblement plus faible que celle de la force d'appui F2. Cette intensité de la force F3 est minimisée autant que faire se peut si les inerties des mobiles 1, 2 et du bloqueur 3 sont minimisées au mieux. Préférentiellement, le diamètre total D2b du pignon 2b est réduit autant que faire se peut de façon à réduire au mieux l'inertie du pignon 2b, ainsi que les dimensions du bloqueur 3. Ainsi, préférentiellement, le diamètre total D2b du pignon 2b est sensiblement inférieur au diamètre total D1a de la première roue 1a. Par exemple, le diamètre total D2b du pignon 2b est inférieur à 30% du diamètre total D1a de la première roue 1a, voire inférieur à 20% du diamètre total D1a de la première roue 1a.

[0023] Après la phase de dégagement, le pignon 2b tourne dans le sens antihoraire. La dent 22b de ce pignon approche la surface de repos 30c de deuxième moyens de blocage 3c du bloqueur 3 et se repose sur cette surface dans une deuxième position de repos.

[0024] La figure 3 illustre cette deuxième position de repos. Sur cette figure, la palette 40a du plateau 40 de balancier 4 s'éloigne de la fourchette 3a du bloqueur 3. La dent 10a de la roue 1a, sous l'effet du couple de l'organe moteur, exerce une force F2* sur la surface de repos 200b de la dent 20b du pignon 2b. La force F2*, qui passe sensiblement près de l'axe A2, crée un couple qui a tendance à faire pivoter le pignon 2b dans le sens antihoraire, ce qui provoque une force d'appui F3* de la dent 22b sur la surface de repos 30c de la palette 3c du bloqueur 3. La surface de repos 30c est arrangée pour que la direction de la force F3* passe sensiblement par l'axe A3. Ces forces sont les mêmes lors de la phase de dégagement qui va suivre aux angles de frottement près.

[0025] Au repos, en négligeant les frottements :

$$F3^* = F2^* \times (DO2^*/DO3^*)$$

avec :

$F2^*$ et $F3^*$: les valeurs des intensités des forces d'appui respectives à l'encontre des surfaces 200b et 30c ;

$DO2^*$: la valeur du bras de levier de la force $F2^*$ par rapport à l'axe A2 ;

$DO3^*$: la valeur du bras de levier de la force $F3^*$ par rapport à l'axe A2.

[0026] Etant donné que $DO2^* < DO3^*$, on constate ainsi que l'intensité de la force $F3^*$ est sensiblement plus faible que l'intensité de la force $F2^*$.

[0027] La figure 4 illustre le dispositif d'échappement juste après la phase de dégagement qui fait suite à la deuxième position de repos illustrée sur la figure 3. Sur la figure 4, le plateau de balancier tourne dans le sens antihoraire. Lors de la phase de dégagement, la palette 40a de dégagement du plateau de balancier est en contact avec la fourchette 3a du bloqueur 3 et fait tourner ce dernier en sens horaire. Ce contact et cette action sont maintenus sur la figure 4. Cette action a libéré la dent 22b du pignon 2b de la surface de repos 30c. Pour des raisons semblables à ce qui a été décrit précédemment, l'énergie fournie par le balancier lors de ce dégagement pour vaincre les frottements et pour mettre en mouvement les mobiles et le bloqueur est sensiblement plus faible que celle fournie dans un dispositif d'échappement conventionnel de type Robin.

[0028] Après ce dégagement, la première roue 1a d'échappement accélère et pousse, notamment pousse tangentiellement, le deuxième pignon 2b dans le sens antihoraire. Simultanément, la dent 11a de la roue d'échappement approche la palette 40b d'impulsion du plateau de balancier pour transmettre l'énergie au balancier par l'action de la dent 11a sur la palette 40b lors d'une phase d'impulsion. Préférentiellement, la force transmise de la dent 11a à la palette 40b est sensiblement tangentielle relativement aux axes A1 et A4.

[0029] La figure 5 illustre la position de l'échappement à la fin de la phase d'impulsion. Sur la figure 5, la dent 11a et la palette 40b sont en contact par leurs extrémités respectives et la dent 20b du pignon 2b approche la surface de repos 30b de la palette 3b du bloqueur 3. Dès que la dent 20b vient au contact du bloqueur 3 et que la dent 10a vient au contact du deuxième mobile d'échappement 2, on se retrouve dans la configuration illustrée par la figure 1.

[0030] Le dispositif d'échappement selon cette variante du premier mode de réalisation présente un rendement très élevé, car il permet, d'une part, de réduire significativement l'énergie fournie par le balancier lors du dégagement, et permet d'augmenter d'autre part l'efficacité de la transmission d'énergie grâce à une impulsion directe de la roue 1a d'échappement au balancier, notamment par le biais d'une force transmise du premier mobile d'échappement directement au balancier et qui est sensiblement tangentielle. Un autre avantage d'un tel dispositif d'échappement est la préservation, et donc l'optimisation, de l'isochronisme du balancier-spiral du fait de la faible énergie à transmettre par le balancier lors du dégagement.

[0031] Préférentiellement, les surfaces de repos 30b, 30c des moyens de blocage 3b, 3c du bloqueur 3 sont de formes concaves afin de garantir la précision de positionnement des dents 20b du pignon 2b sur ces surfaces. Par exemple, ces surfaces concaves peuvent être formées chacune par deux plans inclinés faisant un angle préférentiellement compris entre 120° et 170° , comme illustré sur la figure 6.

[0032] Dans une deuxième variante du dispositif d'échappement, le bloqueur 3 peut être doté également de moyens de transmission mécaniques 3d, 3e, par exemple des protubérances 3d, 3e, aptes à faire tourner le pignon 2b dans le sens opposé à celui de la première roue 1a d'échappement, en compléments des forces $F2$, $F2^*$. Ainsi, ces moyens de transmission peuvent exercer une action complémentaire à celles des efforts $F2$ et $F2^*$ pour faire tourner le deuxième mobile d'échappement en sens antihoraire. Les actions sont par exemple exercées par le bloqueur via les moyens de transmission au niveau des surfaces de repos du deuxième mobile d'échappement. Un exemple de bloqueur de dispositif d'échappement selon la deuxième variante est par exemple illustré sur la figure 7.

[0033] Dans une troisième variante du dispositif d'échappement, le bloqueur 3 peut également être doté d'un dard 3f prévu pour coopérer avec un plateau 41 complémentaire de balancier comme représenté sur la figure 8, et ce de façon à empêcher les mouvements intempestifs du bloqueur en cas de choc. Cette troisième variante peut être combinée à l'une ou l'autre des première et deuxième variantes.

[0034] Dans les différentes variantes du premier mode de réalisation, les géométries des éléments de l'échappement peuvent être comme décrit ci-après.

[0035] Le premier mobile d'échappement 1 comprend des dents 10a, notamment 20 dents. Les dents sont en formes de pointes. Les dents sont orientées vers l'aval (relativement à leur mouvement) selon une direction faisant un angle compris entre 20° et 45° avec la direction radiale relativement à l'axe du premier mobile. L'extrémité libre de chaque dent peut être en forme de biseau.

[0036] Le deuxième mobile 2 d'échappement comprend des dents 20b, notamment 4 dents. Les dents s'étendent sensiblement selon un secteur angulaire d'environ 45° . Chaque dent comprend une surface de repos 200b orientée en formant un angle β compris entre 15° et 50° , voire entre 20° et 45° , avec la direction orthoradiale relativement à l'axe A2 du deuxième mobile. L'angle β est un angle aigu mesuré entre la tangente à la surface de repos et un vecteur orthoradial O2 relativement à l'axe A2 et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a et le pignon 2b. Cette orientation permet de

créer un léger couple tendant à faire tourner le deuxième mobile contre le bloqueur en phases de repos et de dégagement. Chaque dent est également limitée par au moins une surface latérale 202b orientée sensiblement radialement relativement à l'axe A2.

[0037] Les angles α et β sont donc égaux à l'angle de frottement près. (angle de frottement au niveau du point de contact entre la roue 1a et le pignon 2b)

[0038] Le bloqueur 3 comprend des surfaces de repos 30b, 30c. Les surfaces de repos du bloqueur sont orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe A3.

[0039] En phase de repos, une extrémité d'une dent 10a est en appui contre une surface de repos 200b d'une dent 20b du deuxième mobile d'échappement et une surface latérale 202b d'une autre dent 21b du deuxième mobile est en appui contre l'une ou l'autre des surfaces de repos 30b, 30c du bloqueur.

[0040] Avantagusement, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A2 du deuxième mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F2 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement et une demi-droite ayant pour origine l'axe A2 du deuxième mobile d'échappement et passant par l'axe A1 du deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 10°, voire supérieur à 20°, voire supérieur à 30°.

[0041] Avantagusement, et de manière complémentaire ou alternative, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A1 du premier mobile d'échappement et passant par l'axe A2 du deuxième mobile d'échappement ; et une demi-droite ayant pour origine l'axe A1 du premier mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F2 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 5°, voire supérieur à 10°, voire supérieur à 20°.

[0042] Un deuxième mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie 600', 600", 600* est décrit ci-après en référence aux figures 9 à 15. La pièce d'horlogerie est par exemple une montre, en particulier une montre bracelet. La pièce d'horlogerie comprend un deuxième mode de réalisation d'un mouvement horloger 500', 500", 500*, en particulier un mouvement mécanique. Le mouvement comprend un deuxième mode de réalisation d'un dispositif d'échappement 400', 400", 400* disposé entre un rouage et un oscillateur 4, 5.

[0043] Le rouage est prévu pour relier un organe moteur, comme un barillet, à l'échappement. Le rouage permet ainsi une transmission d'énergie de l'organe moteur à l'échappement. L'échappement permet quant à lui de fournir de l'énergie à l'oscillateur afin d'entretenir ses oscillations.

[0044] L'oscillateur est par exemple un oscillateur du type balancier 4 -spiral 5. Le balancier est pivoté selon un axe A4', A4", A4*.

[0045] Le dispositif d'échappement 400', 400", 400* comprend principalement un premier mobile 1', 1", 1* d'échappement pivoté selon un axe A1', A1", A1*, un deuxième mobile 2', 2", 2* d'échappement pivoté selon un axe A2', A2", A2* et un bloqueur 3', 3", 3* pivoté selon un axe A3', A3", A3*. Le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont conformés et agencés de sorte que, dans une phase de dégagement du dispositif d'échappement, un effort du bloqueur asservi par l'oscillateur 4, 5 est transmis au premier mobile d'échappement par l'intermédiaire du deuxième mobile d'échappement.

[0046] Le premier mobile d'échappement comprend une première roue d'échappement 1a', 1a", 1a* susceptible d'agir indirectement sur l'oscillateur horloger. Un premier pignon 1b', 1b", 1b* du rouage de finissage est solidaire en rotation de la première roue d'échappement 1a', 1a", 1a*, notamment est fixé sur la première roue d'échappement 1a', 1a", 1a*, en particulier est fixé coaxialement sur la première roue d'échappement 1a', 1a", 1a*. Dans la première variante, le dispositif d'échappement est un dispositif d'échappement à impulsion directe, dont le principe de fonctionnement est assimilable à celui d'un dispositif d'échappement de type Robin. Celui-ci peut par exemple être prévu pour coopérer avec un oscillateur de type balancier 4 -spiral 5.

[0047] Dans le deuxième mode de réalisation du dispositif d'échappement, le deuxième mobile d'échappement comprend un deuxième pignon d'échappement 2b', 2b", 2b* et une deuxième roue 2a', 2a", 2a*. La deuxième roue 2a', 2a", 2a* est solidaire du deuxième pignon d'échappement 2b', 2b", 2b*, notamment la deuxième roue 2a', 2a", 2a* est fixée sur le deuxième pignon d'échappement 2b', 2b", 2b* ou réciproquement. Le bloqueur coopère avec le deuxième pignon d'échappement 2b', 2b", 2b* par l'intermédiaire de la deuxième roue 2a', 2a", 2a* d'échappement, et réciproquement. A l'instar du dispositif d'échappement selon le premier mode de réalisation, le deuxième pignon 2b', 2b", 2b* est prévu pour coopérer directement avec une première roue 1a', 1a", 1a* d'échappement qui est solidaire en rotation du premier pignon 1b', 1b", 1b* du rouage de finissage du mouvement d'horlogerie.

[0048] Dans la première variante du deuxième mode de réalisation, le dispositif d'échappement est du type à impulsion directe. Son principe de fonctionnement est assimilable à celui d'un dispositif d'échappement de type Robin. Celui-ci peut par exemple être prévu pour coopérer avec un oscillateur du type balancier-spiral.

[0049] Dans la première variante du deuxième mode de réalisation, le dispositif d'échappement se distingue de celui du premier mode de réalisation par le fait que l'impulsion au balancier-spiral est réalisée par une dent 20a' de la deuxième

roue 2a' d'échappement.

[0050] Lors de la phase dégageant, le dispositif d'échappement présente un fonctionnement équivalent à celui du premier mode de réalisation.

[0051] Dans cette première variante de réalisation, la deuxième roue 2a' présente le même nombre de dents que le deuxième pignon 2b', à savoir six dents.

[0052] La figure 9 illustre une position de repos d'un tel dispositif d'échappement, assimilable à celle du dispositif selon le premier mode de réalisation illustrée par la figure 3, qui précède une phase de dégageant.

[0053] La dent 10a' de la roue 1a', sous l'effet du couple de l'organe moteur, exerce une force F20 sur une surface de repos 200b' de la dent 20b' du pignon 2b'. La force F20, qui passe sensiblement près de l'axe A2', crée un couple qui a tendance à faire pivoter le pignon 2b' dans le sens antihoraire, ce qui provoque une force d'appui F30 d'une dent 20a' sur une surface de repos 30c' de moyens de blocage 3c' du bloqueur 3'. La surface de repos 30c' est arrangée pour que la direction de la force F30 passe sensiblement par l'axe A3'. Ces forces sont les mêmes lors de la phase de dégageant qui va suivre aux angles de frottement près.

[0054] Au repos, en négligeant les frottements :

$$F30 = F20 \times (DO20/DO30)$$

avec :

F20 et F30 : les valeurs des intensités des forces d'appui respectives à l'encontre des surfaces 200b' et 30c' ;
DO20 : la valeur du bras de levier de la force F20 par rapport à l'axe A2' ;
DO30 : la valeur du bras de levier de la force F30 par rapport à l'axe A2'.

[0055] Etant donné que $DO20 < DO30$, on constate ainsi que l'intensité de la force F30 est sensiblement plus faible que l'intensité de la force F20.

[0056] L'énergie fournie par le balancier lors de la phase de dégageant pour vaincre les frottements et pour mettre en mouvement les mobiles et le bloqueur est sensiblement plus faible que celle fournie dans un dispositif d'échappement conventionnel de type Robin.

[0057] Cette faible dépense énergétique s'explique par le fait que l'intensité de la force F30 est sensiblement plus faible que celle de la force d'appui F20.

[0058] On constate ici également que l'angle α' formé entre le vecteur force F20 et la demi-droite ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a' et le pignon 2b' et passant par l'axe A2' (ou formé entre le vecteur force F20 et un vecteur D' radial relativement à l'axe A2' et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a' et le pignon 2b') est sensiblement inférieur à 50°, voire inférieur à 30°, voire inférieur à 20°.

[0059] Cette intensité de la force F30 est minimisée autant que faire se peut si les inerties des mobiles 1', 2' et du bloqueur 3' sont minimisées au mieux. Préférentiellement, le diamètre total D2b' du pignon 2b' est réduit autant que faire se peut de façon à réduire au mieux l'inertie du pignon 2b', ainsi que les dimensions du bloqueur 3'. Ainsi, préférentiellement, le diamètre total D2b' du pignon 2b' est sensiblement inférieur au diamètre total D1a' de la première roue 1a', notamment inférieur à 50%, voire inférieur à 40% au diamètre total D1a' de la première roue 1a'.

[0060] Le profil de denture des éléments 1a' et 2b' peut également être conformé de façon à ce que le couple transmis par la première roue 1a' au deuxième pignon 2b' lors de la phase d'impulsion soit sensiblement supérieur à celui transmis lors du dégageant.

[0061] Lors de l'engagement de la phase de dégageant qui suit la phase de repos illustrée sur la figure 9, le couple C2d au niveau du pignon 2b' peut s'exprimer de la manière suivante en regard du couple C1d au niveau de la roue 1a', et en négligeant les frottements :

$$C2d = C1d \times (DO20/DO10)$$

avec :

DO10 : la valeur du bras de levier de la force F20 par rapport à l'axe A1' ;
DO20 : la valeur du bras de levier de la force F20 par rapport à l'axe A2' ;

[0062] Lors de l'engagement de la phase d'impulsion telle que celle illustrée par la figure 11, une surface d'impulsion 201b' du deuxième pignon 2b' est orientée de façon à ce que la force F20' transmise soit sensiblement tangentielle à la trajectoire du point de contact entre la roue 1a' et le pignon 2b'. Autrement dit, à l'engagement de la phase d'impulsion, la force F20' est sensiblement normale à la demi-droite ayant pour origine l'axe A1' et passant par l'axe A2'.

[0063] Lors de l'engagement de cette phase d'impulsion, le couple C2i au niveau du pignon 2b' peut s'exprimer de la manière suivante en regard du couple C1i au niveau de la roue 1a', et en négligeant les frottements :

$$C2i = C1i \times (DO20'/DO10')$$

avec :

DO10' : la valeur du bras de levier de la force F20' par rapport à l'axe A1' ;

DO20' : la valeur du bras de levier de la force F20' par rapport à l'axe A2'.

[0064] Etant donné que :

$$DO20/DO10 \ll DO20'/DO10' \text{ et que } C1d = C1i$$

[0065] Le couple C2i transmis au pignon 2b' lors de la phase d'impulsion est sensiblement supérieur au couple C2d transmis au pignon 2b' lors de la phase de dégagement. Ainsi, l'énergie à fournir par le balancier lors de la phase de dégagement est minimisée et l'énergie transmise par l'organe moteur lors de la phase d'impulsion au dispositif d'échappement est maximisée. Un tel dispositif d'échappement a ainsi pour avantage de présenter un rendement maximisé en regard des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur, de l'ordre de 120 à 160% en regard de rendements moyens de référence de l'ordre de 30 à 40%. Un tel dispositif a également pour avantage de minimiser les perturbations de l'oscillateur, et permet ainsi de mettre en oeuvre un oscillateur à l'isochronisme optimisé en regard des oscillateurs coopérant avec des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur.

[0066] Dans la première variante du deuxième mode de réalisation, les géométries des éléments de l'échappement peuvent être comme décrit ci-après.

[0067] Le premier mobile d'échappement 1' comprend des dents 10a', notamment 20 dents. Les dents sont orientées vers l'aval (relativement à leur mouvement) selon une direction faisant par exemple un angle compris entre 20° et 45° avec la direction radiale relativement à l'axe A1' du premier mobile. L'extrémité libre de chaque dent peut être en forme de biseau.

[0068] Le deuxième pignon 2b' d'échappement comprend des dents 20b', notamment 6 dents. Les dents s'étendent sensiblement selon un secteur angulaire d'environ 30°. Chaque dent comprend une surface de repos 200b' orientée en formant un angle β' compris entre 15° et 50°, voire entre 20° et 45°, avec la direction orthoradiale O2' relativement à l'axe A2' du deuxième mobile. L'angle β' est un angle aigu mesuré entre la tangente à la surface de repos et un vecteur orthoradial O2' relativement à l'axe A2' et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a' et le pignon 2b'. Cette orientation permet de créer un léger couple tendant à faire tourner le deuxième mobile contre le bloqueur en phases de repos et de dégagement. Chaque dent est également limitée par au moins une surface latérale orientée sensiblement radialement relativement à l'axe A2'. Cette au moins une surface latérale est une surface d'impulsion 201b'.

[0069] Les angles α' et β' sont donc égaux à l'angle de frottement près. (angle de frottement au niveau du point de contact entre la roue 1a' et le pignon 2b')

[0070] Le bloqueur 3 comprend des surfaces de repos 30b', 30c'. Les surfaces de repos sont orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe A3' du bloqueur.

[0071] En phase de repos, une extrémité d'une dent 10a' est en appui contre une surface de repos 200b' d'une dent 20b' du deuxième mobile d'échappement et une extrémité d'une dent 20a' du deuxième mobile est en appui contre une surface de repos 30b', 30c' du bloqueur.

[0072] Avantagusement, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A2' du deuxième mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F20 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement et une demi-droite ayant pour origine l'axe A2' du deuxième mobile d'échappement et passant par l'axe A1' du deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 10°, voire supérieur à 20°, voire supérieur à 30°.

[0073] Avantagusement, et de manière complémentaire ou alternative, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A1' du premier mobile d'échappement et passant par l'axe A2' du deuxième mobile d'échappement ; et une demi-droite ayant pour origine l'axe A1' du premier mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F20 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 5°, voire supérieur à 10°, voire supérieur à 20°.

[0074] Dans une deuxième variante du deuxième mode de réalisation représentée sur les figures 12 et 13, le dispositif d'échappement est du type à impulsion indirecte. Son principe général de fonctionnement est assimilable à celui d'un

dispositif d'échappement à ancre suisse. Le dispositif d'échappement selon la deuxième variante du deuxième mode de réalisation peut par exemple être prévu pour coopérer avec un oscillateur du type balancier-spiral.

[0075] Un tel dispositif d'échappement se distingue de celui de la première variante du deuxième mode de réalisation par le fait que l'impulsion au balancier-spiral est réalisée par l'entremise d'un bloqueur 3" dont la fourchette 3a" est prévue pour coopérer de manière exclusive avec un balancier 4", notamment un plateau 40" de balancier, notamment une cheville 40a" de plateau de balancier.

[0076] La figure 12 illustre une position de repos d'un tel dispositif d'échappement qui précède une phase de dégagement.

[0077] Une dent 10a" de la roue 1a", sous l'effet du couple de l'organe moteur, exerce une force F21 sur une surface de repos 200b" d'une dent 20b" du pignon 2b". La force F21, qui passe sensiblement près de l'axe A2", crée un couple qui a tendance à faire pivoter le pignon 2b" dans le sens antihoraire, ce qui provoque une force d'appui F31 d'une dent 20a" sur une surface de repos 30c" de moyens de blocage 3c" du bloqueur 3". La surface de repos 30c" est agencée pour que la direction de la force F31 passe sensiblement par l'axe A3". Ces forces sont les mêmes lors de la phase de dégagement qui va suivre aux angles de frottement près.

[0078] Au repos, en négligeant les frottements :

$$F31 = F21 \times (DO21/DO31)$$

avec :

F21 : la valeur de l'intensité de la force d'appui à l'encontre de la surface 200b";

F31 : la valeur de l'intensité de la force d'appui à l'encontre de la surface 30c" ;

DO21 : la valeur du bras de levier de la forces F21 par rapport à l'axe A2" ;

DO31 : la valeur du bras de levier de la forces F31 par rapport à l'axe A2".

[0079] Etant donné que $DO21 < DO31$, on constate que l'intensité de la force F31 est sensiblement plus faible que l'intensité de la force F21.

[0080] L'énergie fournie par le balancier lors du dégagement pour vaincre les frottements et pour mettre en mouvement les mobiles et le bloqueur est donc sensiblement plus faible que celle fournie dans un dispositif d'échappement conventionnel de type à ancre suisse.

[0081] Cette faible dépense énergétique s'explique par le fait que l'intensité de la force F31 est sensiblement plus faible que celle de la force d'appui F21.

[0082] On constate ici également que l'angle α " formé entre le vecteur force F21 et la demi-droite ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a" et le pignon 2b" et passant par l'axe A2" (ou formé entre le vecteur force F21 et un vecteur D" radial relativement à l'axe A2" et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a" et le pignon 2b") est sensiblement inférieur à 50°, voire inférieur à 30°, voire inférieur à 20°.

[0083] Cette intensité de la force F31 est minimisée autant que faire se peut si les inerties des mobiles 1", 2" et du bloqueur 3" sont minimisées au mieux. Préférentiellement, le diamètre total D2b" du pignon 2b" est réduit autant que faire se peut de façon à réduire au mieux l'inertie du pignon 2b", ainsi que les dimensions du bloqueur 3". Ainsi, préférentiellement, le diamètre total D2b" du pignon 2b" est sensiblement inférieur au diamètre total D1a" de la première roue 1a", notamment inférieur à 60% du diamètre total D1a" de la première roue 1a" d'échappement, voire inférieur à 50% du diamètre total D1a" de la première roue 1a" d'échappement.

[0084] Le profil de denture des éléments 1a" et 2b" peut également être conformé de façon à ce que le couple transmis par la première roue 1a" au deuxième pignon 2b" lors de la phase d'impulsion soit sensiblement supérieur à celui transmis lors du dégagement.

[0085] Lors de l'engagement de la phase de dégagement qui suit la phase de repos illustrée en figure 12, le couple C2d' au niveau du pignon 2b" peut s'exprimer de la manière suivante en regard du couple C1d' au niveau de la roue 1a", et en négligeant les frottements :

$$C2d' = C1d' \times (DO21/DO11)$$

avec :

DO11 : la valeur du bras de levier de la force F21 par rapport à l'axe A1" ;

DO21 : la valeur du bras de levier de la force F21 par rapport à l'axe A2".

[0086] Lors de l'engagement de la phase d'impulsion non représentée, une surface d'impulsion 201b" du deuxième

pignon 2b" est orientée de façon à ce que la force F21' transmise par le premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement soit sensiblement tangentielle à la trajectoire du point de contact entre la roue 1a" et le pignon 2b". Autrement dit, à l'engagement de la phase d'impulsion, la force F21' est sensiblement normale à la demi-droite ayant pour origine l'axe A1" et passant par l'axe A2".

[0087] Lors de l'engagement de cette phase d'impulsion, le couple C2i' au niveau du pignon 2b" peut s'exprimer de la manière suivante en regard du couple C1i' au niveau de la roue 1a", et en négligeant les frottements :

$$C2i' = C1i' \times (DO21'/DO11')$$

avec :

DO11' : la valeur du bras de levier de la force F21' par rapport à l'axe A1" ;

DO21' : la valeur du bras de levier de la force F21' par rapport à l'axe A2".

[0088] Etant donné que :

$$DO21/DO11 << DO21'/DO11'$$

et que C1i' = C1d'

[0089] Le couple C2i' transmis au pignon 2b" lors de la phase d'impulsion est sensiblement supérieur au couple C2d' transmis au pignon 2b" lors de la phase de dégagement. Ainsi, l'énergie à fournir par le balancier lors de la phase de dégagement est minimisée, et l'énergie transmise par l'organe moteur lors de la phase d'impulsion au dispositif d'échappement est maximisée. Un tel dispositif d'échappement a ainsi pour avantage de présenter un rendement maximisé en regard des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur, de l'ordre de 120 à 160% en regard des rendements moyens de référence de l'ordre de 30 à 40%. Un tel dispositif a également pour avantage de minimiser les perturbations à l'oscillateur, et permet ainsi de mettre en oeuvre un oscillateur à l'isochronisme optimisé en regard des oscillateurs coopérant avec des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur.

[0090] Dans la deuxième variante du deuxième mode de réalisation, les géométries des éléments de l'échappement peuvent être comme décrit ci-après.

[0091] Le premier mobile d'échappement 1" comprend des dents 10a", notamment 20 dents. Les dents sont orientées vers l'aval (relativement à leur mouvement) selon une direction faisant par exemple un angle compris entre 20° et 45° avec la direction radiale à l'axe A1" du premier mobile. L'extrémité libre de chaque dent peut être en forme de biseau.

[0092] Le deuxième pignon 2b" d'échappement comprend des dents 20b", notamment 10 dents. Les dents s'étendent sensiblement selon un secteur angulaire d'environ 10°. Chaque dent comprend une surface de repos 200b" orientée en formant un angle β" compris entre 15° et 50°, voire entre 20° et 45°, avec la direction orthoradiale O2" relativement à l'axe A2" du deuxième mobile. L'angle β" est un angle aigu mesuré entre la tangente à la surface de repos et un vecteur orthoradial O2" relativement à l'axe A2" et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a et le pignon 2b. Cette orientation permet de créer un léger couple tendant à faire tourner le deuxième mobile contre le bloqueur en phases de repos et de dégagement. Chaque dent est également limitée par deux surfaces latérales orientées sensiblement radialement relativement à l'axe A2". Une de ces deux surfaces latérales est une surface d'impulsion 201b".

[0093] Les angles α" et β" sont donc égaux à l'angle de frottement près. (angle de frottement au niveau du point de contact entre la roue 1a" et le pignon 2b")

[0094] La deuxième roue 2a" d'échappement comprend des dents 20a", notamment 5 dents. Les dents sont en formes de bras. Chaque dent comprend une surface de repos 200a" orientée au moins sensiblement radialement relativement à l'axe A3" du bloqueur lorsque cette dent de la deuxième roue est en contact avec le bloqueur. Chaque dent est également limitée par une surface d'impulsion 201a" orientée au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe A3" du bloqueur lorsque cette dent de la deuxième roue est en contact avec le bloqueur.

[0095] Le bloqueur 3 comprend les surfaces de repos 30b", 30c" orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe A3" du bloqueur et des surfaces d'impulsion 31b", 31c" orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe A3" du bloqueur.

[0096] En phases de repos et de dégagement, une extrémité d'une dent 10a" est en appui contre une surface de repos 200b" d'une dent 20b" du deuxième pignon et une surface de repos 200a" d'une dent 20a" de la deuxième roue est en appui contre une surface de repos 30b", 30c" du bloqueur.

[0097] Avantageusement, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A2" du deuxième mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F21 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement et une demi-droite ayant pour origine l'axe A2" du deuxième mobile d'échappement et

passant par l'axe A"1 du deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 10°, voire supérieur à 20°, voire supérieur à 30°.

[0098] Avantageusement, et de manière complémentaire ou alternative, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A1" du premier mobile d'échappement et passant par l'axe A2" du deuxième mobile d'échappement ; et une demi-droite ayant pour origine l'axe A1" du premier mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F21 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 5°, voire supérieur à 10°, voire supérieur à 20°.

[0099] En phase d'impulsion, une extrémité d'une dent 10a" est en appui contre une surface d'impulsion 201b" d'une dent 20b" du deuxième pignon et une surface d'impulsion 201a" d'une dent 20a" de la deuxième roue est en appui contre une surface d'impulsion 31b" du bloqueur.

[0100] Dans une troisième variante du deuxième mode de réalisation représentée sur les figures 14 et 15, le dispositif d'échappement présente un principe de fonctionnement assimilable à celui du dispositif divulgué au sein de la demande de brevet WO2013182243A1. Celui-ci est par exemple prévu pour coopérer avec un oscillateur de type balancier-spiral.

[0101] Il s'agit d'un dispositif d'échappement à impulsion indirecte. Ainsi, l'impulsion au balancier-spiral est réalisée par l'entremise d'un bloqueur 3* dont une fourchette 30a* est prévue pour coopérer de manière exclusive avec un balancier 4, notamment un plateau 40* de balancier, notamment une cheville 40a* de plateau de balancier. Un tel dispositif d'échappement se distingue des variantes de réalisation précédentes par le fait que le bloqueur 3* est réalisé en deux pièces distinctes 30*, 31* liées cinématiquement l'une à l'autre. La première pièce 30* est pivotée autour d'un axe A30*. La première pièce 30* comporte la fourchette 30a*, des moyens de blocage 30b* prévus pour agir par contact avec une denture 20a* de la deuxième roue 2a*, ainsi qu'une denture 30c* qui est prévue pour engrener avec une denture 31c* de la deuxième pièce 31*. La deuxième pièce 31* est pivotée autour d'un axe A31*. La deuxième pièce 31* comporte également des moyens de blocage 31b* prévus pour agir par contact avec la denture 20a* de la deuxième roue 2a*.

[0102] La figure 14 illustre une position de repos d'un tel dispositif d'échappement qui précède une phase de dégagement.

[0103] Une dent 10a* de la roue 1a*, sous l'effet du couple de l'organe moteur, exerce une force F22 sur une surface de repos 200b* d'une dent 20b* du pignon 2b*. La force F22 passe sensiblement près de l'axe A2*. La force F22 crée un couple qui a tendance à faire pivoter le pignon 2b* dans le sens antihoraire, ce qui provoque une force d'appui F32 d'une dent 20a* sur une surface de repos 300b* des moyens de blocage 30b* de la partie 30* du bloqueur 3*. La surface de repos 300b* est arrangée pour que la direction de la force F32 passe sensiblement par l'axe A30*. Ces forces sont les mêmes lors de la phase de dégagement qui va suivre aux angles de frottement près.

[0104] Au repos, en négligeant les frottements :

$$F32 = F22 \times (DO22/DO32)$$

avec :

F22 : la valeur de l'intensité de la force d'appui à l'encontre de la surface 200b* ;

F32 : la valeur de l'intensité de la force d'appui à l'encontre de la surface 300b* ;

DO22 : la valeur du bras de levier de la force F22 par rapport à l'axe A2* ;

DO32 : la valeur du bras de levier de la force F32 par rapport à l'axe A2*.

[0105] Etant donné que $DO22 < DO32$, on constate ainsi que l'intensité de la force F32 est sensiblement plus faible que l'intensité de la force F22.

[0106] L'énergie fournie par le balancier lors du dégagement pour vaincre les frottements et pour mettre en mouvement les mobiles et le bloqueur est sensiblement plus faible que celle fournie dans un dispositif d'échappement conventionnel de type à ancre suisse.

[0107] Cette faible dépense énergétique s'explique par le fait que l'intensité de la force F32 est sensiblement plus faible que celle de la force d'appui F22.

[0108] On constate ici également que l'angle α^* formé entre le vecteur force F22 et la demi-droite ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a* et le pignon 2b* et passant par l'axe A2* (ou formé entre le vecteur force F20 et un vecteur D* radial relativement à l'axe A2* et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a* et le pignon 2b*) est sensiblement inférieur à 50°, notamment inférieur à 30°, voire inférieur à 20°.

[0109] Cette intensité de la force F32 est minimisée autant que faire se peut si les inerties des mobiles 1*, 2* et du bloqueur 3* sont minimisées au mieux. Préférentiellement, le diamètre total D2b* du pignon 2b* est réduit autant que faire se peut de façon à réduire au mieux l'inertie du pignon 2b*, ainsi que les dimensions du bloqueur 3*. Ainsi, préférentiellement, le diamètre total D2b* du pignon 2b* est sensiblement inférieur au diamètre total D1a* de la première roue 1a*,

notamment inférieur à 30% du diamètre total D1a* de la première roue 1a* d'échappement, voire inférieur à 20% du diamètre total D1a* de la première roue 1a* d'échappement.

[0110] Le profil de denture des éléments 1a* et 2b* peut également être conformé de façon à ce que le couple transmis par la première roue 1a* au deuxième pignon 2b* lors de la phase d'impulsion soit sensiblement supérieur à celui transmis lors de la phase de dégagement.

[0111] Lors de l'engagement de la phase de dégagement qui suit la phase de repos illustrée sur figure 14, le couple C2d" au niveau du pignon 2b* peut s'exprimer de la manière suivante en regard du couple C1d" au niveau de la roue 1a*, et en négligeant les frottements :

$$C2d'' = C1d'' \times (DO22/DO12)$$

avec :

DO12 : la valeur du bras de levier de la force F22 par rapport à l'axe A1* ;

DO22 : la valeur du bras de levier de la force F22 par rapport à l'axe A2*.

[0112] Lors de l'engagement de la phase d'impulsion représenté sur la figure 15, une surface d'impulsion 201b* du deuxième pignon 2b* est orientée de façon à ce que la force F22' transmise soit sensiblement tangentielle à la trajectoire du point de contact entre la roue 1a* et le pignon 2b*. Autrement dit, à l'engagement de la phase d'impulsion, la force F22' est sensiblement normale à la demi-droite ayant pour origine l'axe A1* et passant par l'axe A2*.

[0113] Lors de l'engagement de cette phase d'impulsion, le couple C2i" au niveau du pignon 2b* peut s'exprimer de la manière suivante en regard du couple C1i" au niveau de la roue 1a*, et en négligeant les frottements

$$C2i'' = C1i'' \times (DO22'/DO21')$$

avec :

DO21' : la valeur du bras de levier de la force F22' par rapport à l'axe A1* ;

DO22' : la valeur du bras de levier de la force F22' par rapport à l'axe A2*.

[0114] Etant donné que :

$$DO22/DO12 << DO22'/DO21'$$

et que C1i" = C1d"

[0115] Le couple C2i" transmis au pignon 2b* lors de la phase d'impulsion est sensiblement supérieur au couple C2d" au pignon 2b* transmis lors de la phase de dégagement. Ainsi, l'énergie à fournir par le balancier lors de la phase de dégagement est minimisée, et l'énergie transmise par l'organe moteur lors de la phase d'impulsion au dispositif d'échappement est maximisée. Un tel dispositif d'échappement a ainsi pour avantage de présenter un rendement maximisé en regard des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur, tel que celui divulgué au sein du document WO2013182243A1. Un tel dispositif a également pour avantage de minimiser les perturbations à l'oscillateur, et permet ainsi de mettre en oeuvre un oscillateur à l'isochronisme optimisé en regard des oscillateurs coopérant avec des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur.

[0116] Dans la troisième variante du deuxième mode de réalisation, les géométries des éléments de l'échappement peuvent être comme décrit ci-après.

[0117] Le premier mobile d'échappement 1* comprend des dents 10a*, notamment 40 dents. Les dents ont par exemple des profils de développantes ou ont sensiblement des profils de développantes.

[0118] Le deuxième pignon 2b* d'échappement comprend des dents 20b*, notamment 6 dents. Les dents s'étendent sensiblement selon un secteur angulaire d'environ 30°. Chaque dent comprend une surface de repos 200b* orientée en formant un angle β* compris entre 10° et 50°, voire entre 20° et 35°, avec la direction orthoradiale O2* relativement à l'axe A2* du deuxième mobile. L'angle β* est un angle aigu mesuré entre la tangente à la surface de repos et un vecteur orthoradial O2* relativement à l'axe A2 et ayant pour origine le point de contact entre la roue 1a et le pignon 2b*. Cette orientation permet de créer un léger couple tendant à faire tourner le deuxième mobile contre le bloqueur en phases de repos et de dégagement. Chaque dent est également limitée par deux surfaces latérales orientées sensiblement radialement relativement à l'axe A2*. Une de ces deux surfaces latérales est une surface d'impulsion 201b*

[0119] Les angles α* et β* sont donc égaux à l'angle de frottement près. (angle de frottement au niveau du point de contact entre la roue 1a* et le pignon 2b*)

[0120] Le bloqueur 3* comprend des surfaces de repos 300b*, 310b* orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe A3* du bloqueur et des surfaces d'impulsion 301b*, 311b* orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe A3* du bloqueur.

[0121] En phases de repos et de dégagement, un flanc d'une dent 10a* est en appui contre une surface de repos 200b* d'une dent 20b* du deuxième pignon et une extrémité 200a* d'une dent 20a* de la deuxième roue est en appui contre une surface de repos 310b*, 300b* du bloqueur.

[0122] Avantageusement, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A2* du deuxième mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F22 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement et une demi-droite ayant pour origine l'axe A2* du deuxième mobile d'échappement et passant par l'axe A1* du deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 10°, voire supérieur à 20°, voire supérieur à 30°.

[0123] Avantageusement, et de manière complémentaire ou alternative, en phase de repos et en phase de dégagement (tant que le deuxième mobile d'échappement est en appui contre le bloqueur), une demi-droite ayant pour origine l'axe A1* du premier mobile d'échappement et passant par l'axe A2* du deuxième mobile d'échappement ; et une demi-droite ayant pour origine l'axe A1* du premier mobile d'échappement et passant par le premier point de contact où s'applique le premier effort F22 du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement forment un angle supérieur à 5°, voire supérieur à 10°, voire supérieur à 20°.

[0124] En phase d'impulsion, le flanc d'une dent 10a* est en appui contre une surface d'impulsion 201b* d'une dent 20b* du deuxième pignon et une extrémité 200a* d'une dent 20a* de la deuxième roue est en appui contre une surface d'impulsion 301b*, 311b* du bloqueur.

[0125] Dans les différents modes de réalisation et variantes, les premier et deuxième mobiles d'échappement et le bloqueur sont préférentiellement fabriqués en un matériau de faible densité, par exemple en silicium ou en un alliage de silicium. Dans le cas de composants du dispositif d'échappement réalisés en silicium, ces derniers sont préférentiellement revêtus d'une couche de SiO₂ ou de Si₄N₃ de façon notamment à renforcer leurs résistances mécaniques, et à optimiser la tribologie du dispositif. Un tel dispositif pourra par exemple ne pas requérir de lubrification.

[0126] Préférentiellement, quel que soit le mode ou la variante de réalisation, les surfaces de repos des moyens de blocage du bloqueur sont de formes concaves afin de garantir la précision de positionnement des dents du deuxième mobile 2, 2', 2'', 2* sur ces surfaces. Ces surfaces concaves sont formées par exemple de deux plans inclinés faisant par exemple un angle préférentiellement compris entre 120° et 170°.

[0127] Préférentiellement, quel que soit le mode ou la variante de réalisation, le bloqueur peut comprendre des moyens de transmission mécaniques aptes à faire tourner le deuxième mobile d'échappement dans le sens opposé à celui du premier mobile d'échappement. Ces moyens peuvent consister en des protubérances ou dents agissant par contact sur le deuxième mobile d'échappement, notamment sur des surfaces d'impulsion ou sur des surfaces de repos du deuxième mobile d'échappement.

[0128] Préférentiellement, quel que soit le mode ou la variante de réalisation, le bloqueur peut comprendre un dard prévu pour coopérer avec un plateau complémentaire de balancier, et ce de façon à empêcher les mouvements intempestifs du bloqueur en cas de choc.

[0129] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le dispositif d'échappement est prévu pour entretenir de manière optimisée les oscillations de l'oscillateur horloger. Comme vu précédemment, le dispositif permet de minimiser l'énergie à fournir par l'oscillateur lors de la phase de dégagement, c'est-à-dire lorsque l'oscillateur actionne le bloqueur alors qu'un mobile d'échappement est bloqué en rotation par le bloqueur.

[0130] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le dispositif d'échappement a pour avantage de présenter un rendement maximisé en regard des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur. Un tel dispositif a également pour avantage de minimiser les perturbations de l'oscillateur, et permet ainsi de mettre en oeuvre un oscillateur à isochronisme optimisé en regard des oscillateurs coopérant avec des dispositifs d'échappement connus de l'art antérieur. Pour ce faire, dans les différents modes et variantes de réalisation, le dispositif d'échappement est tel qu'il transmet du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement un couple variable selon qu'il se trouve dans une phase de dégagement ou dans une phase d'impulsion. Le couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement en phase de dégagement est inférieur à celui transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement en phase d'impulsion. Le couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement en phase d'impulsion peut être constant ou sensiblement constant. De même, le couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement en phase de dégagement peut être constant ou sensiblement constant. Le couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement en phase de dégagement peut être égal ou sensiblement égal au couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement en phase de repos.

[0131] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le premier mobile d'échappement et le deuxième mobile d'échappement peuvent former un dispositif de transmission mécanique pour pièce d'horlogerie destiné à transmettre un

couple, notamment destiné à transmettre un couple variable et/ou provenant d'un barillet. Alternativement, le premier mobile d'échappement et le deuxième mobile d'échappement peuvent faire partie d'un dispositif de transmission mécanique pour pièce d'horlogerie destiné à transmettre un couple, notamment destiné à transmettre un couple variable et/ou provenant d'un barillet.

[0132] Au contraire, selon l'art antérieur, des couples élevés, nécessaires à l'entretien des oscillations de l'oscillateur lors des différentes phases d'impulsion des dispositifs d'échappement, sont également transmis par la roue d'échappement même lorsque de tels niveaux de couples ne sont pas requis, en particulier lors des différentes phases de dégagement du dispositif d'échappement. L'énergie perdue par frottement est proportionnelle à la force d'appui de la denture de la roue d'échappement sur le bloqueur et la force d'appui est elle-même proportionnelle au couple transmis par la roue d'échappement. Il s'ensuit des rendements particulièrement faibles. Par ailleurs, dans une pièce d'horlogerie, l'organe moteur, par exemple un barillet, distribue à la roue d'échappement, par le biais d'un rouage de finissage un couple sensiblement constant à la roue d'échappement. Le couple transmis à la roue d'échappement est donc constamment élevé ce qui implique que l'énergie à fournir par l'oscillateur pour permettre le dégagement du bloqueur est constamment élevée.

[0133] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le dispositif d'échappement est de préférence tel qu'en phase de dégagement, le bloqueur agit directement à l'encontre du deuxième mobile d'échappement qui est en lien cinématique avec le premier mobile d'échappement.

[0134] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le dispositif d'échappement comprend le bloqueur, le premier mobile d'échappement et le deuxième mobile d'échappement qui sont agencés et conformés de façon à :

- minimiser le couple transmis au niveau du deuxième mobile d'échappement durant les phases de dégagement du dispositif d'échappement ; et/ou
- maximiser le couple transmis au niveau du deuxième mobile d'échappement ou au niveau de l'oscillateur durant les phases d'impulsion d'échappement ; et/ou
- transmettre depuis le premier mobile d'échappement un couple différent en phase de dégagement et en phase d'impulsion.

[0135] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le dispositif d'échappement 400 ; 400' ; 400" ; 400* comprend de préférence un premier mobile 1 ; 1' ; 1" ; 1* d'échappement, un deuxième mobile 2 ; 2' ; 2" ; 2* d'échappement et un bloqueur 3 ; 3' ; 3" ; 3*. Le deuxième mobile d'échappement est de préférence interposé entre le premier mobile d'échappement et le bloqueur, notamment le deuxième mobile d'échappement peut coopérer par contact avec le premier mobile d'échappement d'une part et avec le bloqueur d'autre part.

[0136] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont de préférence conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement du dispositif d'échappement, un effort du bloqueur asservi par l'oscillateur 4, 5 est transmis au premier mobile d'échappement par l'intermédiaire du deuxième mobile d'échappement.

[0137] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont de préférence conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement du dispositif d'échappement, un premier effort du premier mobile d'échappement est appliqué sur le deuxième mobile d'échappement et un deuxième effort du bloqueur est appliqué sur le deuxième mobile d'échappement, l'intensité du deuxième effort étant inférieure à l'intensité du premier effort, notamment l'intensité du deuxième effort étant inférieure à 0,5 fois, voire inférieure à 0,3 fois, voire inférieure à 0,2 fois, l'intensité du premier effort.

[0138] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur sont de préférence conformés et agencés de sorte qu'en phase d'impulsion du dispositif d'échappement :

- un troisième effort du premier mobile d'échappement appliqué directement sur le deuxième mobile d'échappement ou appliqué directement sur un oscillateur 4, 5 est dirigé sensiblement orthoradialement relativement à l'axe A1 ; A1' ; A1" ; A1* du premier mobile d'échappement ou à l'axe A2 ; A2' ; A2" ; A2* du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe A4 ; A4' ; A4" ; A4* de l'oscillateur ; et/ou
- un quatrième effort du deuxième mobile d'échappement appliqué directement sur le bloqueur ou appliqué directement sur un oscillateur est dirigé sensiblement orthoradialement à l'axe A2 ; A2' ; A2" ; A2* du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe A3 ; A3' ; A3" ; A3* du bloqueur ou à l'axe A4 ; A4' ; A4" ; A4* de l'oscillateur.

[0139] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le deuxième mobile 2 ; 2' ; 2" ; 2* d'échappement peut être un deuxième pignon 2b ou le deuxième mobile 2' ; 2" ; 2* d'échappement peut comprendre un deuxième pignon 2b' ; 2b" ; 2b* et une deuxième roue 2a' ; 2a" ; 2a*.

[0140] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le deuxième mobile 2 ; 2' ; 2" ; 2* d'échappement peut

comprendre un deuxième pignon $2b'$; $2b''$; $2b^*$, le deuxième pignon étant agencé pour coopérer avec le premier mobile d'échappement, le premier mobile d'échappement, notamment une première roue du premier mobile d'échappement, présentant un diamètre supérieur, notamment plus de 1,5 fois supérieur, voire plus de 2 fois supérieur, au diamètre d'un deuxième pignon du deuxième mobile 2 ; $2'$; $2''$; 2^* d'échappement.

[0141] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le deuxième mobile 2 ; $2'$; $2''$; 2^* d'échappement peut comprendre des surfaces d'impulsion $201b'$; $201b''$; $201b^*$ orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ du deuxième mobile d'échappement et/ou des surfaces de repos $200b$; $200b'$; $200b''$; $200b^*$ orientées en formant un angle β ; β' ; β'' ; β^* compris entre 15° et 50° , voire entre 20° et 45° , entre la tangente à la surface de repos et un vecteur orthoradial $O2$; $O2'$; $O2''$; $O2^*$ relativement à l'axe $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ du deuxième mobile d'échappement au niveau de la surface de repos et/ou le bloqueur peut comprendre des surfaces d'impulsion $31b'$; $31b''$; $31b^*$ orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe du bloqueur $A3$; $A3'$; $A3''$; $A3^*$ et/ou des surfaces de repos $30b$; $30b'$; $30b''$; $30b^*$; $30c$; $30c'$; $30c''$; $30c^*$ orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du bloqueur $A3$; $A3'$; $A3''$; $A3^*$.

[0142] Dans les différentes variantes du deuxième mode de réalisation, la deuxième roue peut comprendre des surfaces d'impulsion $201a''$ orientées au moins sensiblement orthoradialement relativement à l'axe $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ du deuxième mobile et/ou des surfaces de repos $200a''$ orientées au moins sensiblement radialement à l'axe du deuxième mobile $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ et/ou le deuxième pignon peut comprendre des surfaces d'impulsion $201b'$; $201b''$; $201b^*$ orientées au moins sensiblement radialement relativement à l'axe du deuxième mobile $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ et/ou des surfaces de repos $200b$; $200b'$; $200b''$; $200b^*$ orientées en formant un angle β ; β' ; β'' ; β^* compris entre 15° et 50° , voire entre 20° et 45° , entre la tangente à la surface de repos et un vecteur orthoradial $O2$; $O2'$; $O2''$; $O2^*$ relativement à l'axe du deuxième mobile $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ au niveau de la surface de repos.

[0143] Dans les différents modes et variantes de réalisation, le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur peuvent être conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement du dispositif d'échappement, un premier effort $F2$; $F20$; $F21$; $F22$ du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement en un premier point de contact forme un angle α ; α' ; α'' ; α^* inférieur à 50° , voire inférieur à 30° , voire inférieur à 20° , avec un vecteur radial D ; D' ; D'' ; D^* relativement à l'axe du deuxième mobile d'échappement $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ au premier point de contact et/ou le premier mobile d'échappement, le deuxième mobile d'échappement et le bloqueur peuvent être conformés et agencés de sorte qu'en phase de dégagement :

- une demi-droite ayant pour origine l'axe $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ du deuxième mobile d'échappement et passant par un premier point de contact où s'applique un premier effort $F2$; $F20$; $F21$; $F22$ du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement ; et
- une demi-droite ayant pour origine l'axe $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ du deuxième mobile d'échappement et passant par l'axe $A1$; $A1'$; $A1''$; $A1^*$ du deuxième mobile d'échappement ;

forment un angle supérieur à 10° , voire supérieur à 20° , voire supérieur à 30° ;
et/ou

- une demi-droite ayant pour origine l'axe $A1$; $A1'$; $A1''$; $A1^*$ du premier mobile d'échappement et passant par l'axe $A2$; $A2'$; $A2''$; $A2^*$ du deuxième mobile d'échappement ; et
- une demi-droite ayant pour origine l'axe $A1$; $A1'$; $A1''$; $A1^*$ du premier mobile d'échappement et passant par un premier point de contact où s'applique un premier effort $F2$; $F20$; $F21$; $F22$ du premier mobile d'échappement sur le deuxième mobile d'échappement ;

forment un angle supérieur à 5° , voire supérieur à 10° , voire supérieur à 20° .

[0144] Selon les différents modes de réalisation, le mouvement horloger 500 ; $500'$; $500''$; 500^* peut comprendre un dispositif d'échappement tel que décrit précédemment, notamment peut comprendre le rouage de finissage $1b'$; $1b''$; $1b^*$, l'oscillateur 4 , 5 et un dispositif d'échappement tel que décrit précédemment. Le dispositif d'échappement est interposé entre le rouage de finissage et l'oscillateur.

[0145] Selon les différents modes de réalisation, la pièce d'horlogerie 600 ; $600'$; $600''$; 600^* peut comprendre un dispositif d'échappement tel que décrit précédemment ou un mouvement horloger tel que décrit précédemment ou un dispositif de transmission horloger tel que décrit précédemment.

[0146] Un mode d'exécution d'un procédé de fonctionnement d'un dispositif d'échappement, notamment d'un dispositif d'échappement tel que décrit précédemment, est détaillé ci-après.

[0147] Le procédé peut comprendre une phase de dégagement, dans laquelle on applique simultanément sur le deuxième mobile d'échappement :

- un premier effort $F2$; $F20$; $F21$; $F22$ du premier mobile d'échappement, et

- un deuxième effort F3 ; F30 ; F31 ; F32 du bloqueur.

[0148] L'intensité du deuxième effort peut être inférieure à l'intensité du premier effort, notamment l'intensité du deuxième effort peut être inférieure à 0,5 fois, voire inférieure à 0,3 fois, voire inférieure à 0,2 fois, l'intensité du premier effort.

[0149] Le procédé peut comprendre une phase d'impulsion dans laquelle le premier mobile d'échappement applique, directement sur l'oscillateur ou directement sur le deuxième mobile d'échappement, un troisième effort dirigé sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du premier mobile d'échappement ou à l'axe du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe de l'oscillateur.

[0150] Le procédé peut comprendre une phase d'impulsion dans laquelle le deuxième mobile d'échappement applique, directement sur l'oscillateur ou directement sur le bloqueur, un quatrième effort dirigé sensiblement orthoradialement relativement à l'axe du deuxième mobile d'échappement ou à l'axe du bloqueur ou à l'axe de l'oscillateur.

[0151] Le procédé peut comprendre une phase d'impulsion dans laquelle l'intensité du couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement ou à un oscillateur lors de la phase d'impulsion est supérieure à 1,5 fois, voire supérieure à 2 fois, l'intensité du couple transmis du premier mobile d'échappement au deuxième mobile d'échappement lors d'une phase de dégagement.

[0152] Par « mobile », nous entendons, dans tout ce document, une roue ou un pignon ou un assemblage de roue(s) et/ou de pignon(s).

[0153] Par « roue », nous entendons, dans tout ce document, tout organe denté rotatif dont la fonction est de transmettre un couple, une force, ou un mouvement.

[0154] Par « pignon », nous entendons, dans tout ce document, tout organe denté rotatif dont la fonction est de transmettre un couple, une force, ou un mouvement, dont le diamètre et/ou le nombre de dents est sensiblement inférieur à ceux/celui de la roue avec lequel il engrène ou avec lequel il est solidaire en rotation.

[0155] Dans tout ce document, sauf indication contraire, les angles mentionnés sont des angles orientés. Par convention, le sens positif d'orientation de ces angles est le sens de rotation du deuxième mobile d'échappement lorsque le dispositif d'échappement est en fonctionnement. Sur toutes les figures représentant des modes particuliers de réalisation, ce sens positif d'orientation des angles est le sens trigonométrique ou antihoraire.

[0156] Par « direction radiale relativement à un axe », nous entendons, dans tout ce document, toute direction perpendiculaire à cet axe et passant par cet axe. Le vecteur radial est selon cette direction radiale et orienté vers cet axe.

[0157] Par « direction orthoradiale relativement à un axe », nous entendons, dans tout ce document, toute direction perpendiculaire à cet axe et perpendiculaire à la direction radiale relativement à cet axe. La direction orthoradiale relativement à un axe en un point donné est aussi la direction tangentielle relativement à cet axe au point donné. Le vecteur orthoradial est perpendiculaire à cette direction radiale et orienté de sorte que l'angle entre le vecteur orthoradial et le vecteur radial est un angle orienté de $+90^\circ$.

[0158] Par « direction sensiblement orthoradiale relativement à un axe », nous entendons de préférence, dans tout ce document, toute direction orthoradiale à cet axe ou toute direction formant un angle de moins de 30° , voire de moins de 20° , avec une direction exactement orthoradiale relativement à cet axe.

[0159] Par « direction sensiblement radiale relativement à un axe », nous entendons de préférence, dans tout ce document, toute direction radiale à cet axe ou toute direction formant un angle de moins de 30° , voire de moins de 20° , avec une direction exactement radiale relativement à cet axe.

[0160] Dans tout ce document, l'orientation d'une surface est définie de préférence par la direction tangente à cette surface dans le plan perpendiculaire aux axes de pivotement des mobiles d'échappement et/ou du bloqueur.

[0161] Par « surface d'impulsion du deuxième mobile d'échappement », nous entendons de préférence, dans tout ce document, toute surface du deuxième mobile d'échappement susceptible d'être en contact avec le premier mobile d'échappement ou avec le bloqueur lors d'une phase d'impulsion du dispositif d'échappement.

[0162] Par « surface de repos du deuxième mobile d'échappement », nous entendons de préférence, dans tout ce document, toute surface du deuxième mobile d'échappement susceptible d'être en contact avec le premier mobile d'échappement ou avec le bloqueur lors d'une phase de repos ou une phase de dégagement du dispositif d'échappement.

[0163] Par « surface d'impulsion du bloqueur », nous entendons de préférence, dans tout ce document, toute surface du bloqueur susceptible d'être en contact avec le deuxième mobile d'échappement lors d'une phase d'impulsion du dispositif d'échappement.

[0164] Par « surface de repos du bloqueur », nous entendons de préférence, dans tout ce document, toute surface du bloqueur susceptible d'être en contact avec le deuxième mobile d'échappement lors d'une phase de repos ou une phase de dégagement du dispositif d'échappement.

[0165] Par « mobile d'échappement », nous entendons de préférence, dans tout ce document, tout mobile de transmission d'un effort du rouage au bloqueur, le mobile étant conformé et/ou agencé de sorte que la direction de l'effort qu'il transmet varie, notamment varie sensiblement, au cours d'un cycle d'échappement.

Revendications

1. Dispositif de transmission mécanique pour pièce d'horlogerie destiné à transmettre un couple, notamment destiné à transmettre un couple variable et/ou provenant d'un barillet, à une roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*), comprenant :

- un pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) possédant des surfaces de repos (200b' ; 200b" ; 200b*) et des surfaces d'impulsion (201b' ; 201b" ; 201b*), monté sur le même axe que la roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*),
 - une roue ou premier mobile d'échappement (1' ; 1" ; 1*) soumis à un couple provenant du barillet,

caractérisé en ce que les surfaces de repos (200b' ; 200b" ; 200b*) et les surfaces d'impulsion (201b' ; 201b" ; 201b*) sont arrangées pour que le couple transmis par la roue ou premier mobile d'échappement (1' ; 1" ; 1*) au pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) dans la phase d'impulsion soit sensiblement supérieur au couple transmis par la roue (1' ; 1" ; 1*) au pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) dans la phase de dégagement.

2. Dispositif de transmission mécanique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'angle (α' ; α'' ; α^*) entre la normale à la surface (200b' ; 200b" ; 200b*) et la droite (D' ; D" ; D*) est compris entre 0 et 60°.

3. Dispositif de transmission mécanique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le nombre de dents du pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) est égal au nombre de dents de la roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*).

4. Dispositif de transmission mécanique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le nombre de dents du pignon (2b' ; 2b" ; 2b*) est égal à deux fois le nombre de dents de la roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*).

5. Dispositif de transmission mécanique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le nombre de dents de la roue d'échappement (2a' ; 2a" ; 2a*) est inférieur ou égal à dix.

6. Pièce d'horlogerie (600' ; 600" ; 600*) munie d'un dispositif de transmission mécanique selon l'une des revendications 1 à 5.

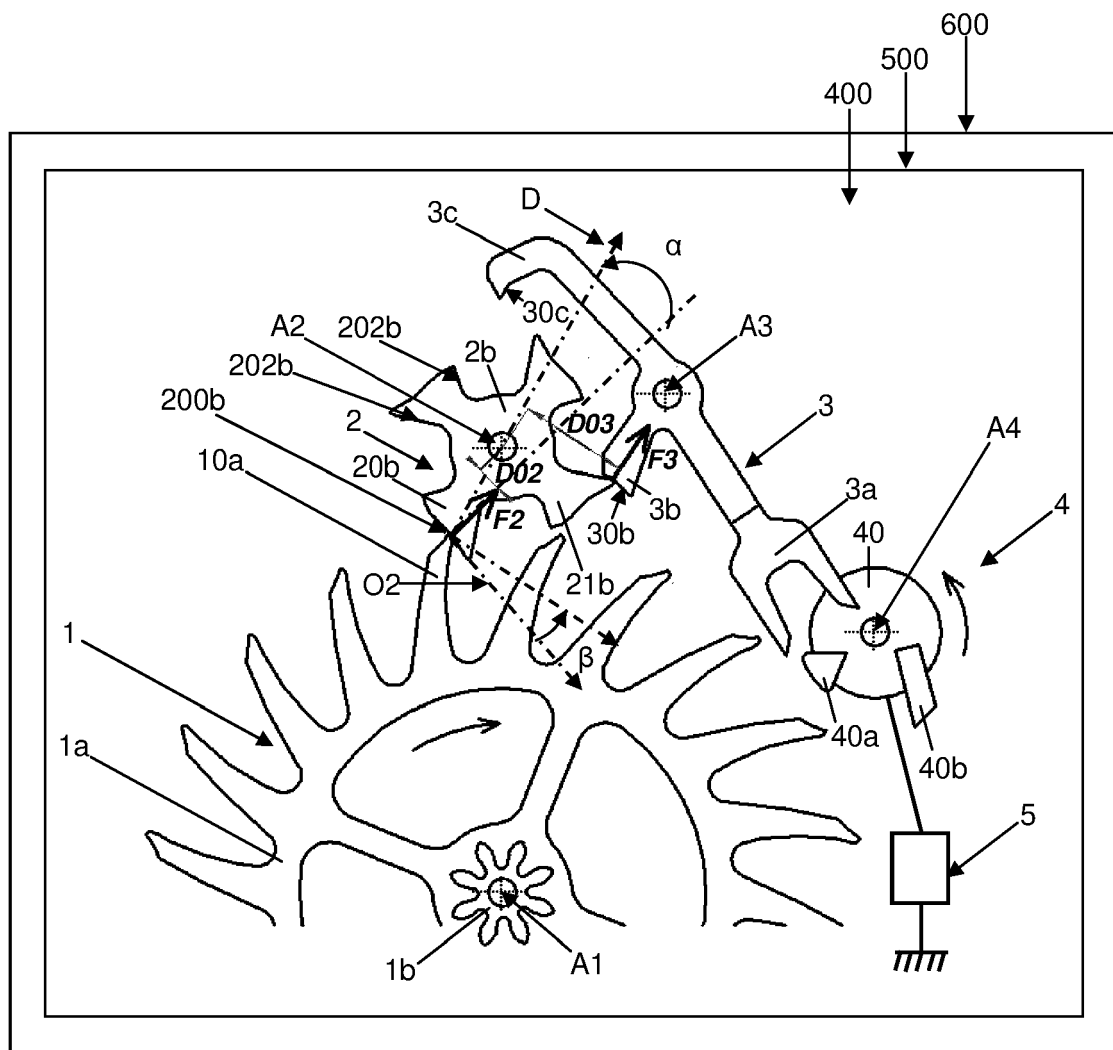


Figure 1

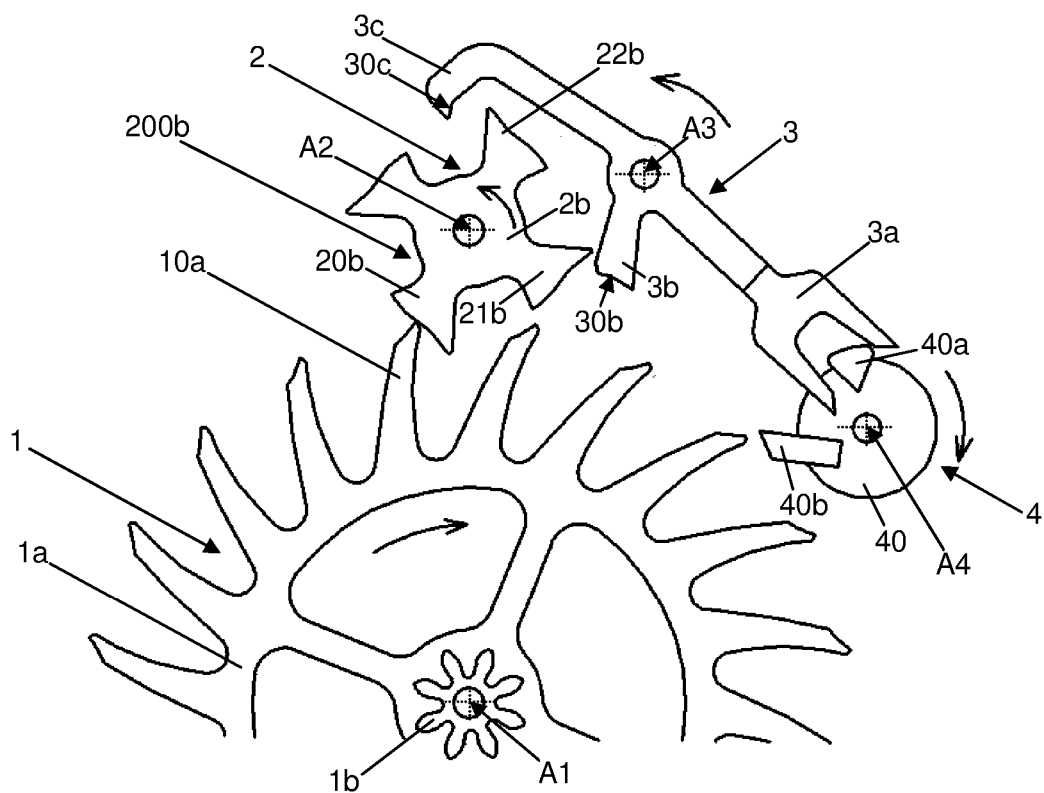


Figure 2

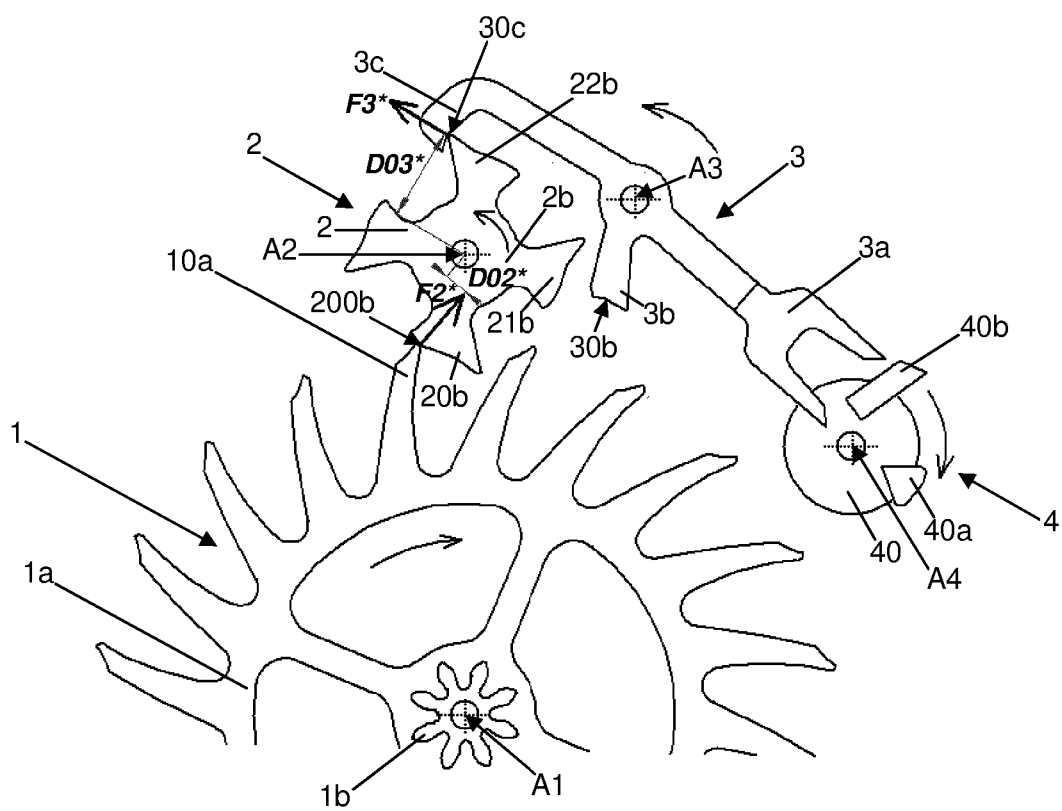


Figure 3

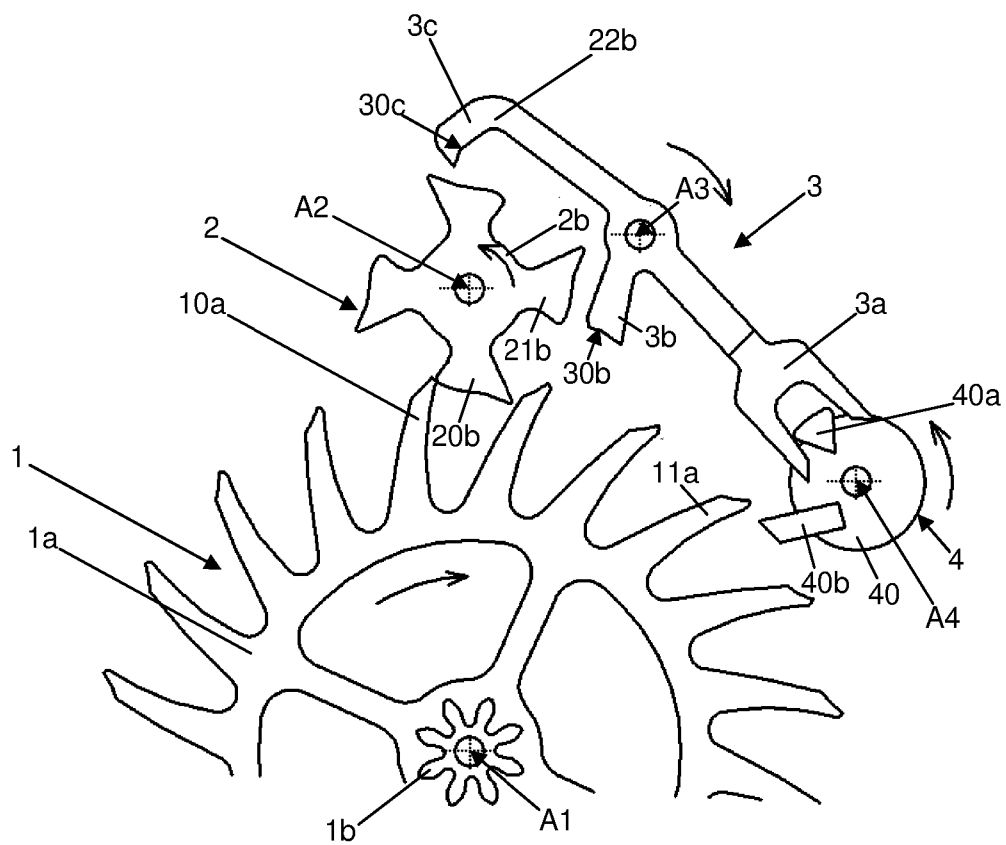


Figure 4

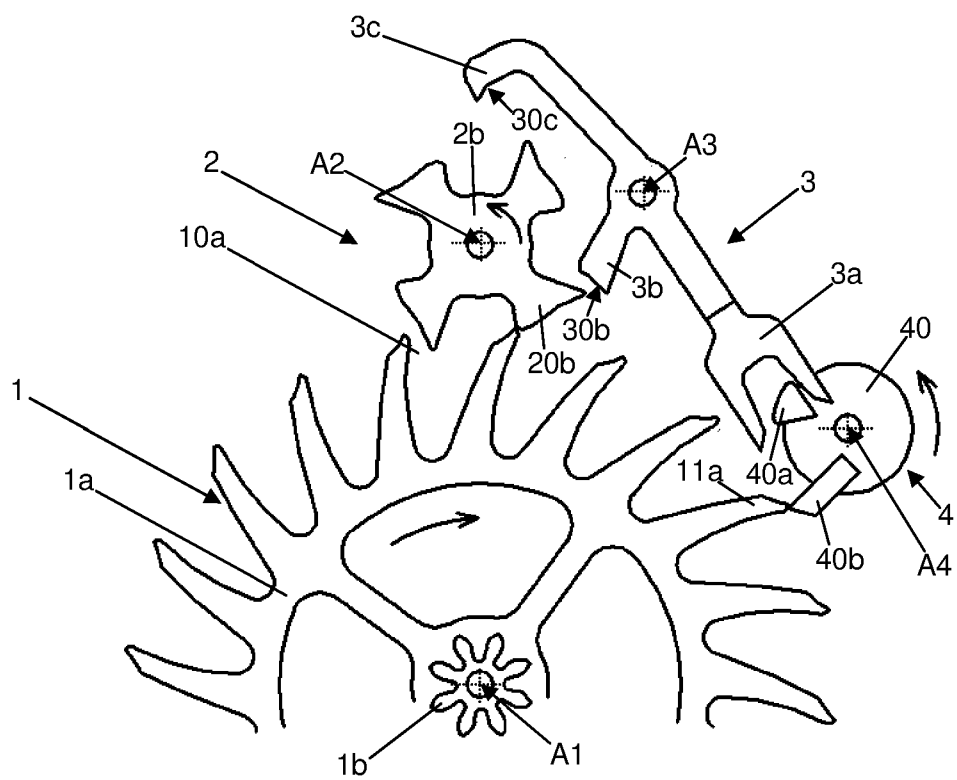


Figure 5

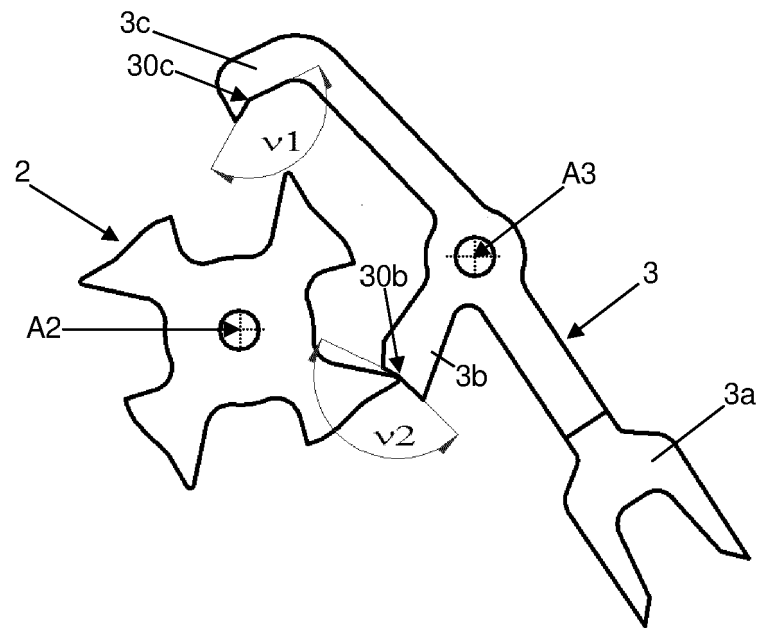


Figure 6

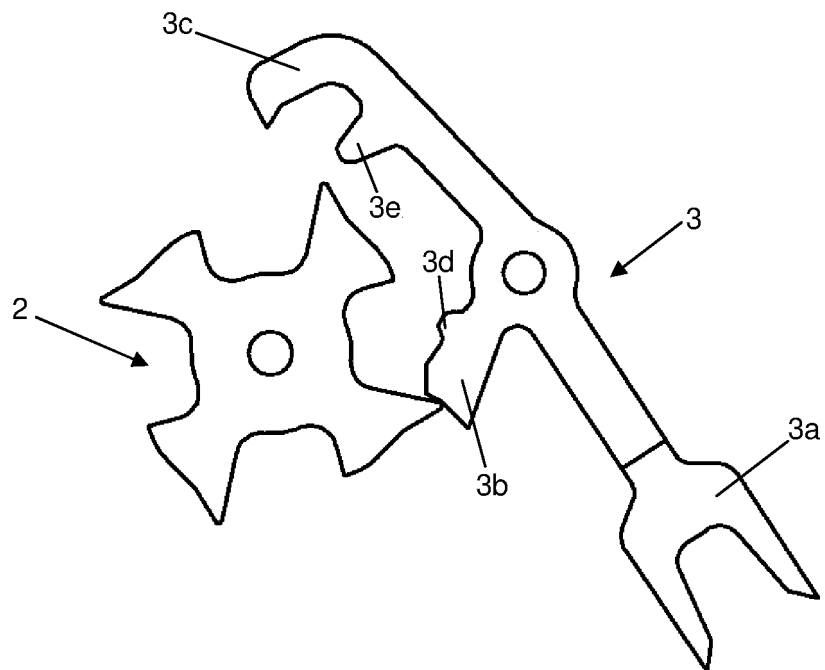


Figure 7

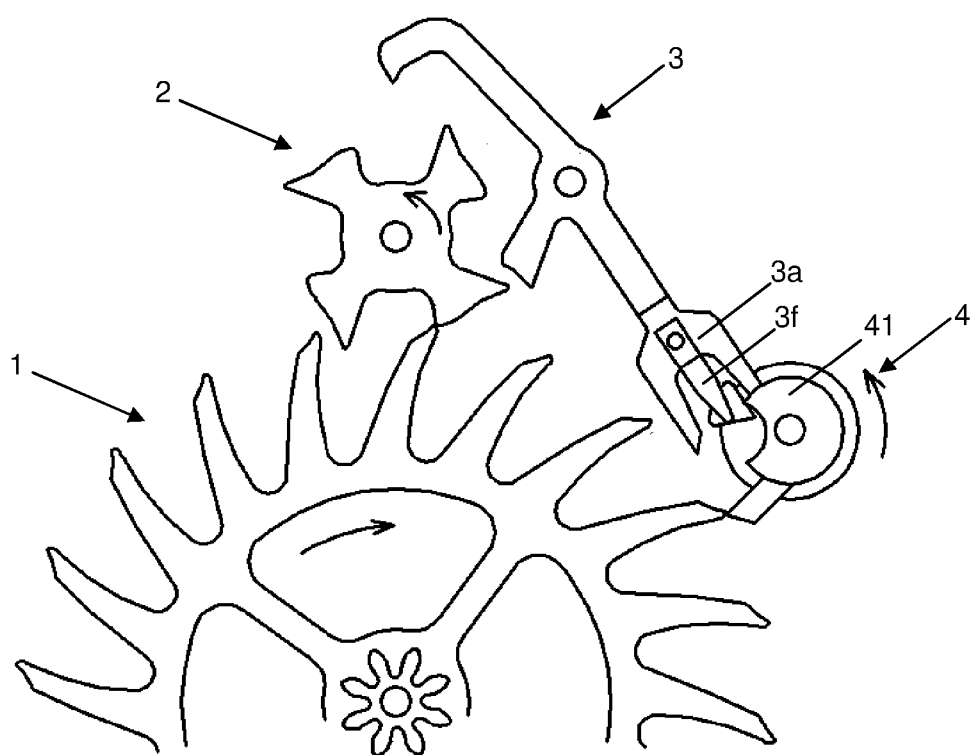


Figure 8

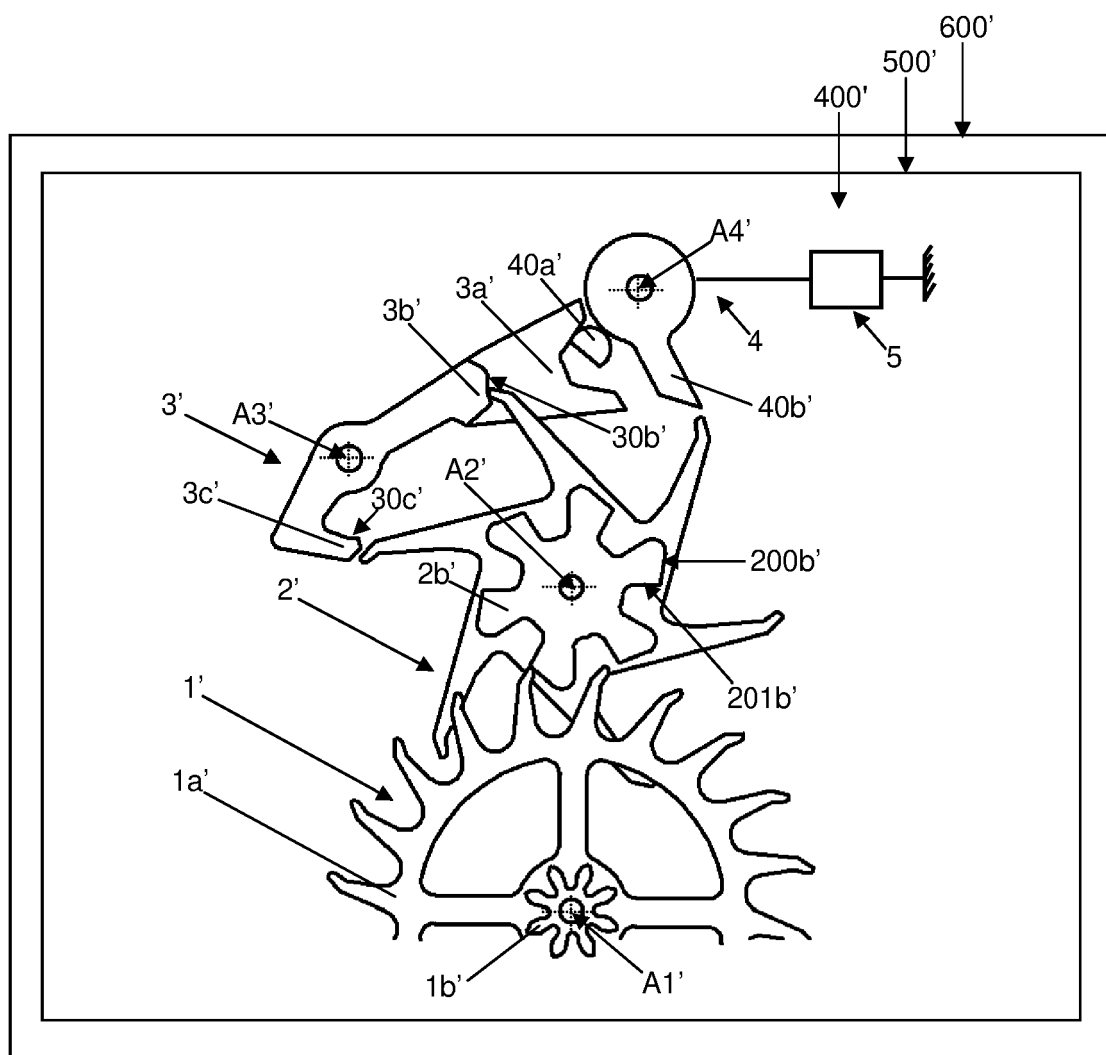


Figure 9

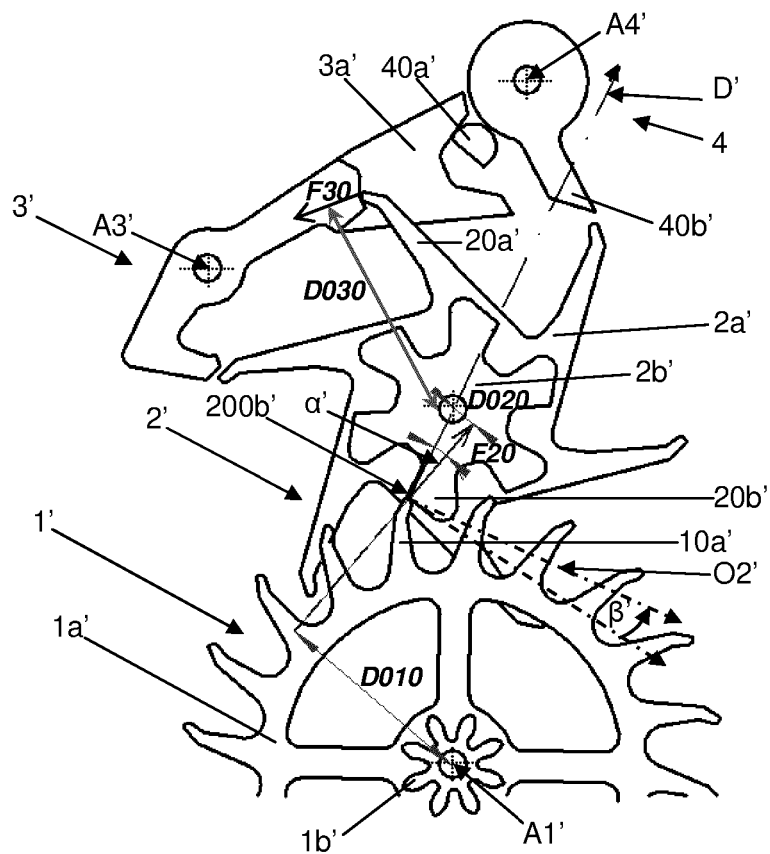


Figure 10

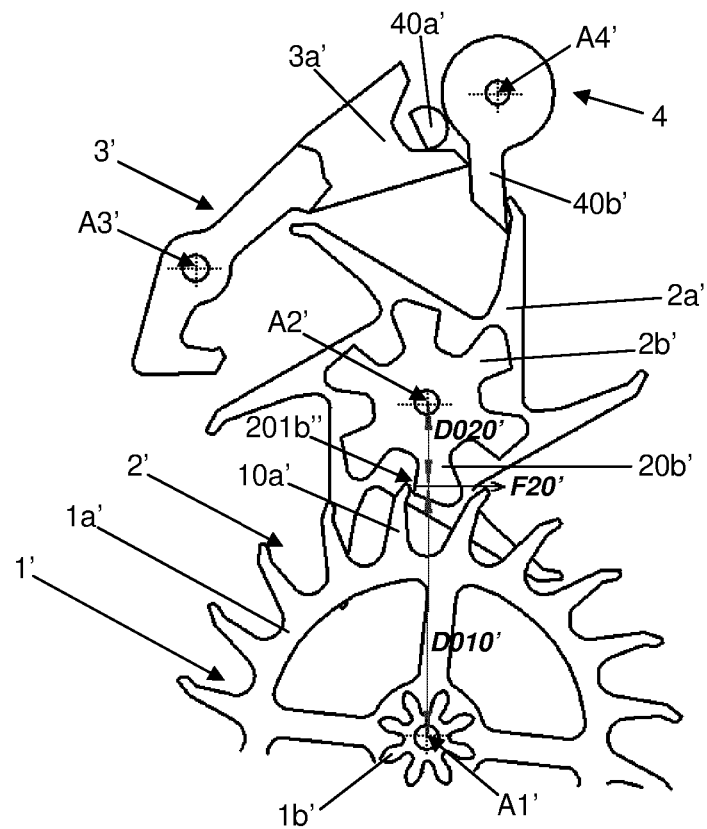


Figure 11

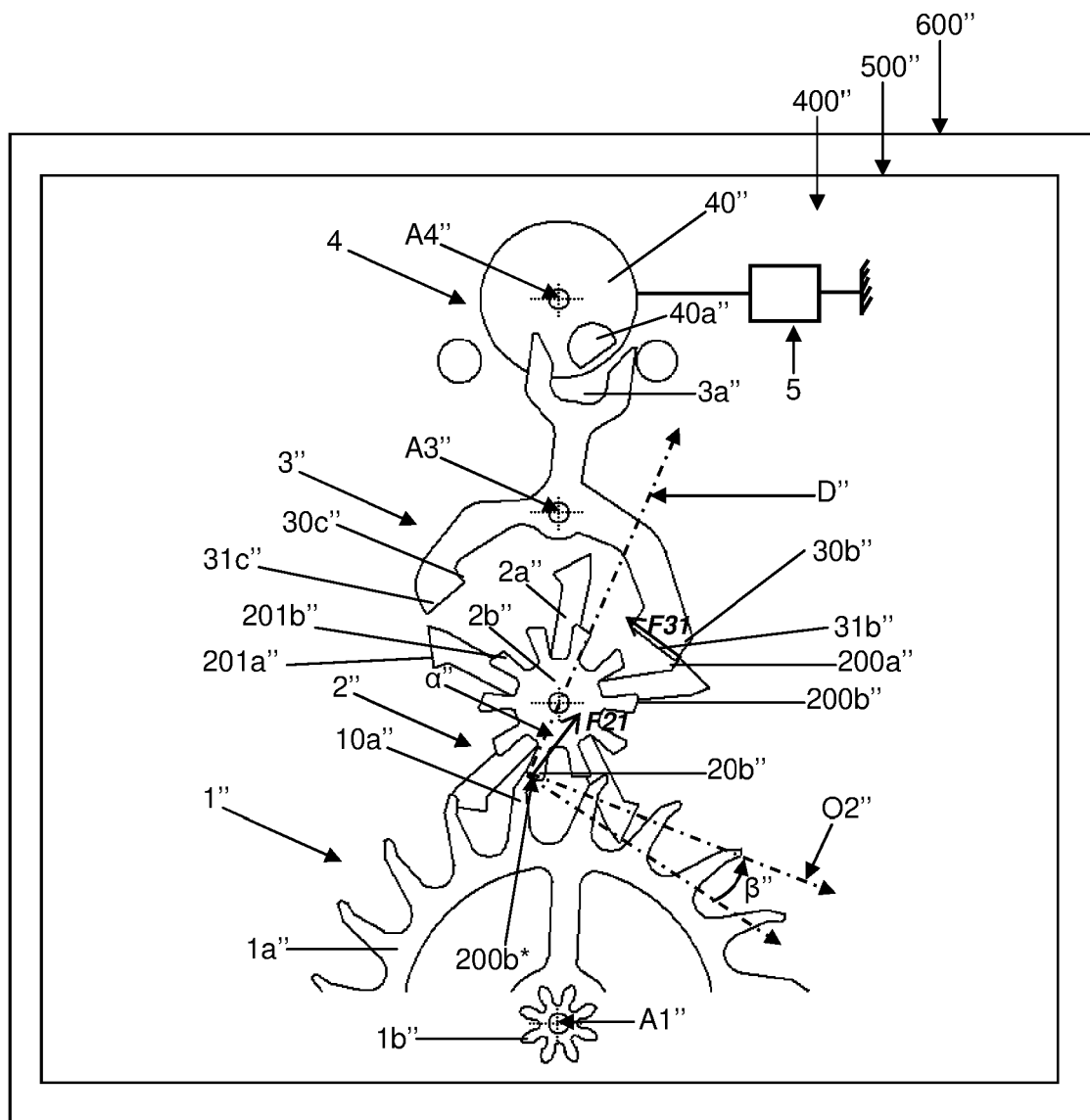


Figure 12

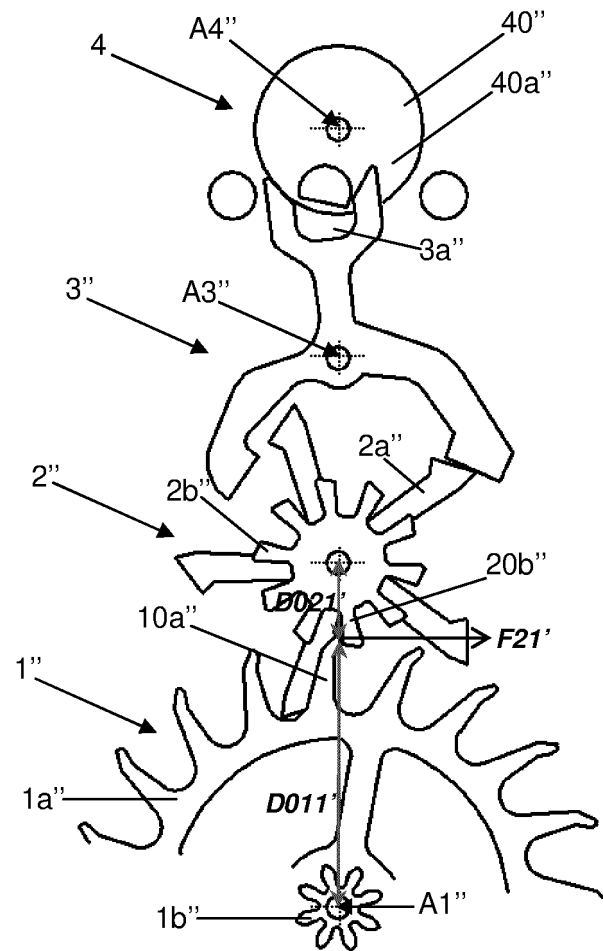


Figure 13

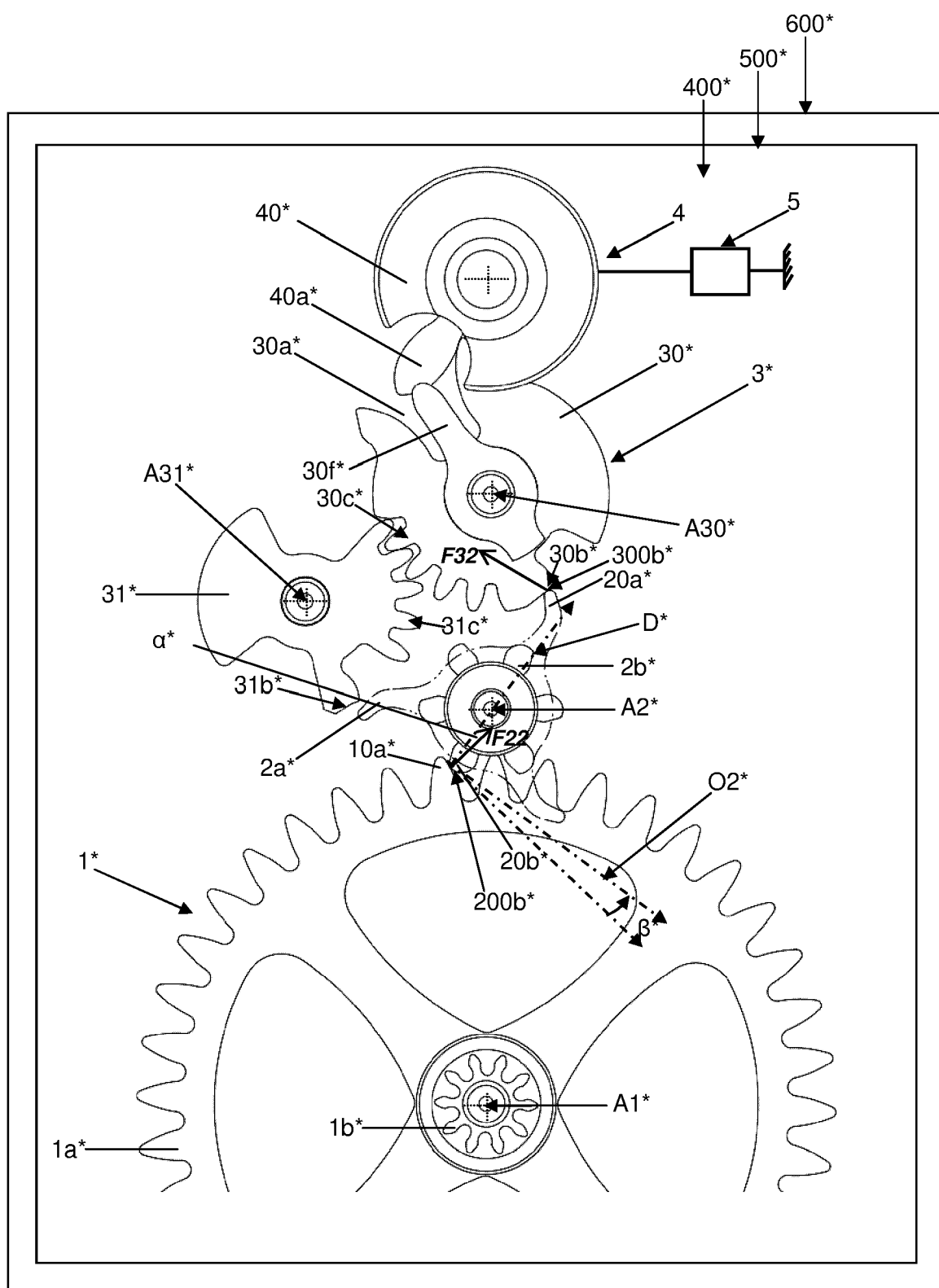


Figure 14

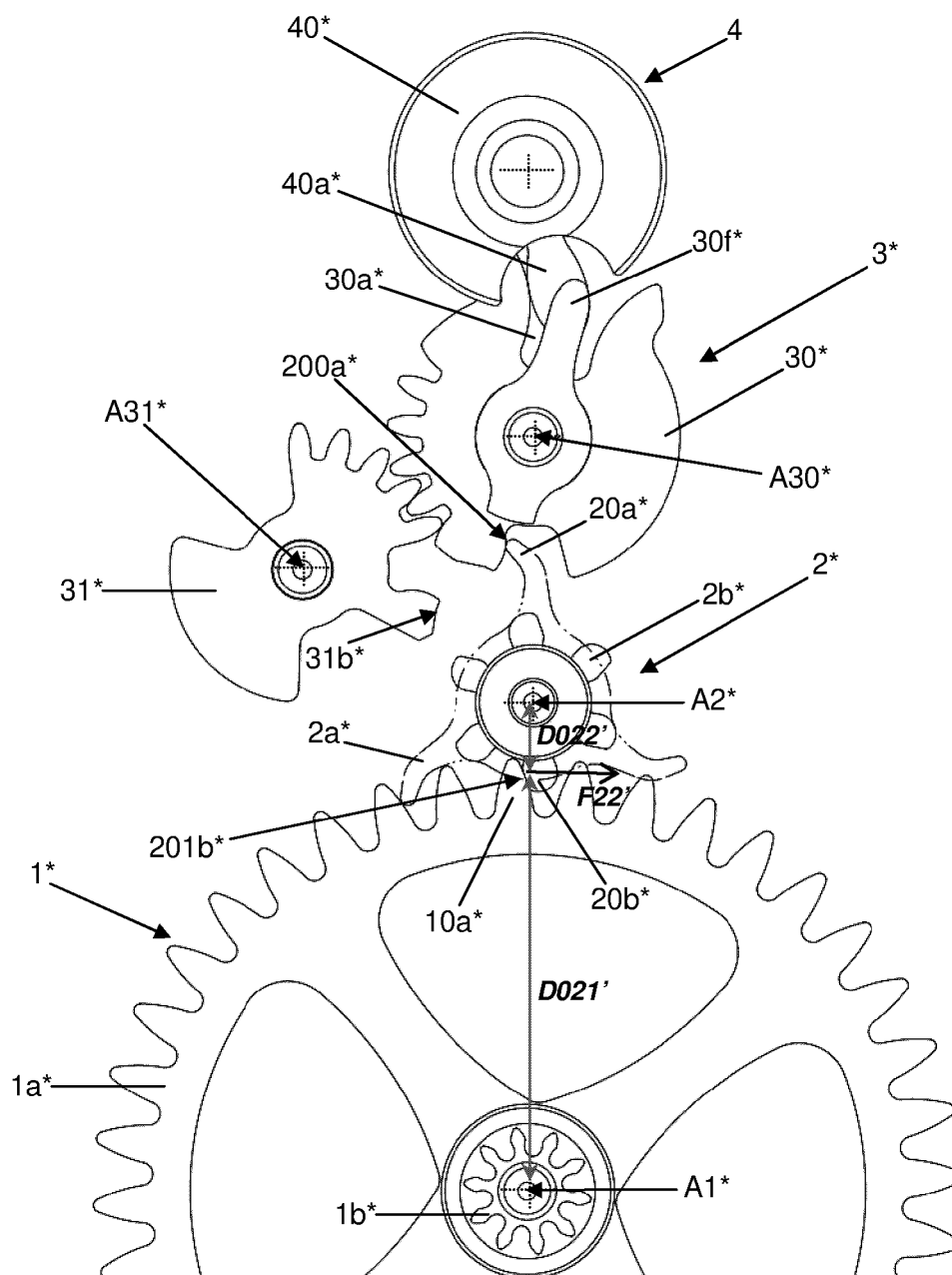


Figure 15

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 1122617 B1 [0002]
- WO 2013182243 A1 [0100] [0115]