(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 710 863 B1

(51) Int. Cl.: G04B 17/28 (2006.01)
G04B 1/22 (2006.01)

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

# (12) FASCICULE DU BREVET

(21) Numéro de la demande: 00305/16

(22) Date de dépôt: 09.03.2016

(43) Demande publiée: 15.09.2016

(30) Priorité: 09.03.2015 JP 2015-046230
09.12.2015 JP 2015-240647

(24) Brevet délivré: 30.09.2020

(45) Fascicule du brevet publié: 30.09.2020

(73) Titulaire(s):
Seiko Instruments Inc., 8, Nakase 1-chome, Mihama-ku
Chiba-shi, Chiba (JP)

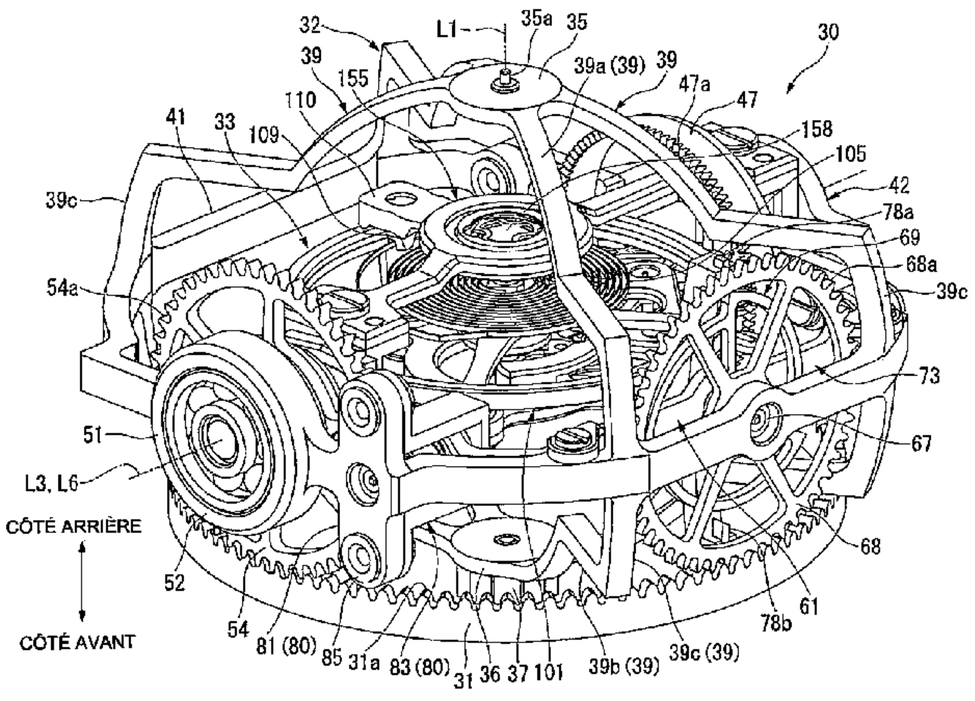
(72) Inventeur(s):
Takuma Kawauchiya, Chiba-shi, Chiba (JP)
Masahiro Nakajima, Chiba-shi, Chiba (JP)
Takashi Niwa, Chiba-shi, Chiba (JP)
Masayuki Koda, Chiba-shi, Chiba (JP)

(74) Mandataire:
BOVARD SA,
Conseils en propriété intellectuelle Optingenstrasse 16
3000 Berne 25 (CH)

## (54) Mécanisme de stabilisation de fréquence, mouvement et pièce d'horlogerie mécanique.

(57) La présente invention concerne un mécanisme de stabilisation de fréquence, tel qu'un tourtillon permettant une réduction de taille tout en réalisant une amélioration dans la précision de la marche. Le mécanisme de stabilisation de fréquence inclut: une cage externe (32) et une cage interne (33) agencées rotatives mutuellement l'une par rapport à l'autre; un ressort à force constante (59) prévu entre la cage externe (32) et la cage interne (33) et configuré pour appliquer un couple d'entraînement à la cage interne (33) de sorte que la cage interne (33) tourne par rapport à la cage externe (32); une roue d'arrêt (69) prévue sur la cage externe (32); et un dispositif d'arrêt (73) configuré pour effectuer des opérations d'engrènement et de libération sur la roue d'arrêt (69) suite à la rotation de la cage interne (33), dans lequel l'axe de rotation (L1) de la cage externe (32) et l'axe de rotation (L6) de la cage interne (33) sont concourants.

L'invention concerne également un mouvement et une pièce d'horlogerie mécanique comprenant un tel mécanisme.



## Description

## ARRIÈRE-PLAN DE L'INVENTION

### 1. Domaine de l'invention

**[0001]** Cette invention se rapporte à un mécanisme de stabilisation de fréquence, un mouvement, et une pièce d'horlogerie mécanique.

### 2. Description de l'art antérieur

**[0002]** En tant que mécanismes principaux déterminant la précision dans la marche d'une pièce d'horlogerie mécanique, il existe un régulateur et un échappement. Le régulateur est composé d'un balancier et d'un spiral. Le balancier spiral est incité à osciller à un cycle fixe par la force élastique du spiral. Il est souhaitable que la position du centre gravitationnel du balancier spiral soit située sur l'axe d'un arbre de balancier. Lorsque l'axe de l'arbre de balancier et la position du centre gravitationnel du balancier spiral s'écartent l'un de l'autre, si la pièce d'horlogerie se trouve dans une position relevée verticalement, alors un couple inutile est généré en raison du centre gravitationnel décentré du balancier spiral. En conséquence, en fonction de la direction dans laquelle la force gravitationnelle est exercée, une erreur est générée dans la précision de marche. On se réfère à cette erreur comme étant la différence d'inclinaison verticale.

**[0003]** En outre, le spiral est également formé dans une configuration de spiral, de telle sorte que, en raison des caractéristiques dues à cette configuration, une différence d'inclinaison verticale est générée en fonction de la direction dans laquelle la force gravitationnelle est exercée lorsque la pièce d'horlogerie est en position relevée. De cette façon, le régulateur d'une pièce d'horlogerie mécanique implique une différence d'inclinaison verticale en raison de deux facteurs.

**[0004]** En tant que mécanisme pour résoudre ce problème de différence d'inclinaison verticale, on connaît le mécanisme de tourbillon (mécanisme de stabilisation de fréquence). Dans le mécanisme de tourbillon, le régulateur et l'échappement sont agencés dans une seule cage, qui est entraîné en rotation selon des cycles fixes. En conséquence, il est possible de faire une moyenne de l'erreur dans la précision de marche générée par la force gravitationnelle, rendant possible la suppression de la différence d'inclinaison verticale.

**[0005]** Cependant, dans le mécanisme de tourbillon ci-dessus, la rotation est réalisée autour d'un seul axe, de sorte qu'il est difficile d'éliminer l'erreur différentielle dans la précision de marche (à laquelle on se réfère ci-après comme étant la différence d'inclinaison horizontale entre le cas où la pièce d'horlogerie est positionnée à plat dans un plan horizontal et le cas où elle se trouve en position relevée verticalement).

**[0006]** Dans ces conditions, diverses techniques ont été proposées pour supprimer simultanément la différence d'inclinaison par rapport à la verticale et la différence d'inclinaison par rapport à l'horizontale.

**[0007]** Par exemple, il a été proposé une technique capable de supprimer simultanément la différence d'inclinaison verticale et la différence d'inclinaison horizontale par la rotation du régulateur et l'échappement par l'intermédiaire d'une pluralité de cages rotatives autour de différents axes de rotation (voir, par exemple, la publication internationale No. 2004/077171 (document brevet 1) et le brevet européen No. 1465024 (document brevet 2)).

**[0008]** Idéalement, le régulateur oscille à une fréquence d'oscillation fixe. En fait, cependant, l'amplitude du balancier spiral varie sous l'influence de divers facteurs d'erreur, résultant en une fluctuation du cycle d'oscillation du balancier spiral. En conséquence de cette fluctuation du cycle d'oscillation, la précision de marche de la pièce d'horlogerie se détériore.

**[0009]** Le balancier spiral oscille grâce à l'application d'un couple moteur généré par la force élastique d'un ressort de barillet, de sorte que, en conséquence du désarmage du ressort de barillet, l'angle d'oscillation du balancier spiral est réduit, résultant en une fluctuation du cycle d'oscillation du balancier spiral. Il est difficile d'éliminer cette fluctuation du cycle d'oscillation du balancier spiral même en utilisant le mécanisme de tourbillon susmentionné. Donc, pour améliorer la précision de marche, il est souhaitable d'alimenter le régulateur d'une quantité d'énergie fixe.

**[0010]** En tant que mécanisme pour fournir une quantité d'énergie fixe au régulateur, on connaît des mécanismes à force constante tels qu'un mécanisme à remontoir. Et, il a été proposé une technique qui améliore en outre la précision de la marche en fournissant ce mécanisme à force constante indépendamment du mécanisme de tourbillon (voir, par exemple, le brevet US No. 6948845 (document brevet 3)).

**[0011]** Cependant, dans le document brevet 3, le mécanisme dans son ensemble est plutôt grand en taille, et lorsque le mécanisme est agencé dans une pièce d'horlogerie de volume limité, il est plutôt difficile d'y agencer efficacement les autres mécanismes.

## RÉSUMÉ DE L'INVENTION

**[0012]** Un aspect de la présente demande consiste à prévoir un mécanisme de stabilisation de fréquence, un mouvement, et une pièce d'horlogerie mécanique qui permet une réduction en taille tout en réalisant une amélioration en termes de précision de marche.

**[0013]** Pour réaliser l'aspect ci-dessus, on fournit conformément à la présente demande un mécanisme de stabilisation de fréquence comprenant: une pluralité de cages entrelacées et agencées rotativement les uns par rapport aux autres; un ressort à force constante prévu entre une premier et une deuxième cage adjacentes parmi la pluralité de cages, et qui est configuré pour conférer un couple à la deuxième cage de telle sorte que cette deuxième cage tourne par rapport à la première cage; une roue d'arrêt prévue sur la première cage; et un dispositif d'arrêt configuré pour effectuer les opérations d'engrènement et de libération sur la roue d'arrêt suite à la rotation de la deuxième cage, et dans lequel les axes de rotation d'au moins deux parmi la pluralité de cages sont concourants.

**[0014]** Ainsi, en agençant un ressort à force constante entre deux cages adjacentes, il est possible d'impartir un couple d'entraînement en rotation à une cage d'une manière stable sans impliquer une augmentation de taille du mécanisme dans son ensemble. En outre, grâce au fait que la construction consiste en une pluralité de cages, il est possible d'éliminer la différence d'inclinaison horizontale. Donc, il est possible de fournir un mécanisme de stabilisation de fréquence qui soit à la fois petit et améliore la précision de la marche.

**[0015]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le dispositif d'arrêt et un mécanisme d'échappement/régulateur sont prévus dans une première cage.

**[0016]** En raison de cette architecture, il est possible d'appliquer une couple d'entraînement en rotation d'une manière stable à la première cage équipée du mécanisme d'échappement/régulateur. Donc, il est possible de stabiliser le couple rotationnel transmis au mécanisme d'échappement/régulateur, parce qu'il est possible de stabiliser le fonctionnement du mécanisme d'échappement/régulateur.

**[0017]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel deux cages sont prévues; la force d'entraînement d'un train d'engrenage est transmise à une cage externe, et la roue d'arrêt est prévue sur la cage externe, tandis que le dispositif d'arrêt et le mécanisme d'échappement/régulateur sont prévus dans une cage interne.

**[0018]** En raison de cette architecture, il est possible d'appliquer un couple d'entraînement en rotation de façon stable à la cage interne équipée du mécanisme d'échappement/régulateur tout en réalisant une réduction de taille.

**[0019]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le mécanisme d'échappement/régulateur est équipé d'un mobile d'échappement configuré pour tourner sur la cage interne lorsque la cage interne est entraîné en rotation, et un balancier spiral configuré pour tourner et osciller sur la cage interne lorsque le mobile d'échappement est entraîné en rotation; et le balancier spiral est agencé de telle manière que l'axe de rotation du balancier spiral et l'axe de rotation de la cage externe sont concourants.

**[0020]** Le fait que l'axe de rotation du balancier spiral et l'axe de rotation de la cage externe sont donc agencés pour être concourants signifie que le centre de rotation du balancier spiral est situé au niveau du centre de rotation de la cage externe. En raison de cette architecture, il est possible d'empêcher la formation d'espace inutile dans la cage interne et la cage externe. Donc, il est possible de réduire de manière fiable la taille du mécanisme de stabilisation de fréquence, et de réaliser une amélioration en termes de design.

**[0021]** En outre, puisque le balancier spiral est monté dans la cage interne, il est possible de stabiliser le couple rotationnel transmis au balancier spiral. En conséquence, il est possible de supprimer la fluctuation de l'angle d'oscillation du balancier spiral.

**[0022]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel l'axe de rotation de la cage interne et l'axe de rotation du balancier spiral sont concourants.

**[0023]** En raison de cette architecture, la fourniture d'au moins deux cages - la cage externe et la cage interne - donnent la possibilité d'orienter le balancier spiral dans toutes les directions. Donc, il est possible de prévoir un mécanisme de stabilisation de fréquence simplifié autant que possible dans sa structure, et dont la précision de marche soit améliorée tout en réalisant une réduction de taille.

**[0024]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le centre de gravité du balancier spiral est situé sur au moins l'un des deux axes de rotation choisis parmi l'axe de rotation de la cage interne et l'axe de rotation de la cage externe.

**[0025]** En raison de cette architecture, il est possible de rendre difficile, à cause de la rotation de chaque cage, l'agissement d'une force centrifuge sur le balancier spiral. Donc, il est possible de stabiliser le fonctionnement du balancier spiral.

**[0026]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le centre de gravité de la cage interne est situé sur l'axe de rotation de la cage interne.

**[0027]** En raison de cette architecture, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage interne. Donc, il est possible d'améliorer l'efficacité de transmission, et d'améliorer la précision de la marche.

**[0028]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le centre de gravité de la cage externe est situé sur l'axe de rotation de la cage externe.

**[0029]** En raison de cette architecture, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage externe. En conséquence, il est possible d'effectuer efficacement l'armage du ressort à force constante par la cage externe, rendant possible la stabilisation du degré d'armage du ressort à force constante. Donc, il est possible d'améliorer le l'efficacité de transmission, et d'améliorer la précision de la marche.

**[0030]** Selon la présente demande, il est prévu un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le dispositif d'arrêt est équipé d'un bras pivotant par rapport à la cage externe, et configuré pour se balancer suite à la rotation de la cage interne, et une palette disposée sur le bras, susceptible d'être engagée et dégagée de la roue d'arrêt; l'axe de pivotement du bras est défini dans une direction croisant l'axe de rotation de la roue d'arrêt; de telle sorte que le vecteur d'une force de prise d'engrenage générée lorsque la roue d'arrêt et la palette sont engagées mutuellement l'une avec l'autre s'étend le long de la direction de l'axe de pivotement du bras.

**[0031]** Dans le cas où l'axe de pivotement du bras est donc défini dans une direction croisant l'axe de rotation de la roue d'arrêt, il est possible d'empêcher la force de prise d'engrenage générée d'affecter la cage interne lorsque la roue d'arrêt et la palette sont engagées l'une avec l'autre. Donc, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage interne.

**[0032]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le dispositif d'arrêt est équipé d'un bras pivotant par rapport à la cage externe et configuré pour basculer suite à la rotation de la cage interne, et une palette disposée sur le bras et susceptible d'être engagée et dégagée de la roue d'arrêt; l'axe de pivotement du bras est configuré pour s'étendre le long de l'axe de rotation de la roue d'arrêt de telle sorte que le vecteur d'une force de prise d'engrenage généré, lorsque la roue d'arrêt et la palette sont engagées mutuellement l'une avec l'autre, passe sur l'axe de pivotement du bras.

**[0033]** Dans le cas où l'axe de pivotement du bras est donc défini pour s'étendre le long de l'axe de rotation de la roue d'arrêt, il est possible d'empêcher la force de prise d'engrenage générée d'affecter la cage interne lorsque la roue d'arrêt et la palette sont engagées l'une avec l'autre. Donc, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage interne.

**[0034]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel le bras est muni d'un équilibreur; et le centre de gravité du bras est situé dans l'axe de pivotement du bras.

**[0035]** En raison de cette architecture, il est possible d'empêcher la force gravitationnelle du bras lui-même d'affecter le mouvement d'oscillation de celui-ci à cause de l'inclinaison du mécanisme de stabilisation de fréquence. Donc, il est possible de maintenir une force fixe requise pour le garantir le bon fonctionnement des mouvements d'oscillation du bras, rendant possible d'améliorer davantage la précision de la marche.

**[0036]** Selon la présente demande, un mécanisme de stabilisation de fréquence est prévu, dans lequel une partie de régulation est prévue pour réguler le degré de rotation relative des deux cages reliées cinématiquement l'une à l'autre par le ressort à force constante.

**[0037]** Grâce à cette architecture, il est possible d'empêcher le ressort à force constante d'être désarmé au-delà d'un degré prédéterminé. Donc, il est possible d'appliquer un couple d'entraînement en rotation à une cage souhaitée de façon stable.

**[0038]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel, parmi les deux cages reliées mutuellement l'un à l'autre cinématiquement par le ressort à force constante, la cage extérieure est équipée d'une roue d'armage de ressort à force constante pour l'armage du ressort à force constante; la roue d'armage de ressort à force constante est munie d'une plaque de régulation; parmi les deux cages reliées mutuellement l'un à l'autre par le ressort à force constante, la cage intérieure est pourvue d'une goupille d'insertion d'engagement qui peut engrener avec la plaque de régulation en venant s'engager dans un trou oblong; et la plaque de régulation pourvue du trou oblong et la goupille d'insertion d'engagement constituent ici la partie de régulation.

**[0039]** Grâce à cette architecture, il est possible d'empêcher de manière fiable le désarmage du ressort à force constante à l'aide d'une structure simple. Donc, il est possible d'améliorer de manière fiable la précision de la marche tout en réalisant une réduction de taille du mécanisme de stabilisation de fréquence.

**[0040]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence, dans lequel les cycles de rotation respectifs de la pluralité de cages sont définis comme correspondant à des nombres entiers mutuellement indivisibles.

**[0041]** En effet, dans le cas où les cycles de rotation respectifs des cages sont des nombres mutuellement divisibles, il y a une augmentation du nombre de fois où l'orientation relative du mécanisme d'échappement/régulateur (balancier spiral) agencé dans une des cages est la même que celle des autres cages. Par exemple, en supposant que la proportion des cycles de rotation des deux cages est fixée à 1:1, et que le balancier spiral est agencé dans une des cages, le balancier spiral reprend la même orientation lorsque l'autre cage fait une rotation. Donc, en déterminant les cycles de rotation des cages comme étant égaux à des nombres mutuellement indivisibles, le balancier spiral met plus longtemps pour reprendre la même orientation au même endroit. Donc, il est possible de dissiper l'influence de la force gravitationnelle, rendant possible d'éliminer de manière fiable la différence d'inclinaison horizontale, et de dissiper les contraintes appliquées à l'arbre de rotation, etc.

**[0042]** Selon la présente demande, on fournit un mécanisme de stabilisation de fréquence comportant: une roue fixe, fournie séparément de la pluralité de cages; et une roue menante de roue d'arrêt fixée de manière solidaire à la roue d'arrêt et en prise avec la roue fixe, dans lequel le nombre de dents de la roue fixe et le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt sont définis comme correspondant à des nombres mutuellement indivisibles.

**[0043]** Grâce à cette architecture, dans le cas où les cycles de rotation respectifs des cages sont réglés à des nombres mutuellement indivisibles, il est possible de réduire, avec une structure simple, le nombre de fois où le mécanisme d'échappement/régulateur (balancier spiral) agencé dans une des cages prend la même orientation relative que les autres cages.

**[0044]** Selon la présente demande, on fournit un mouvement équipé d'un mécanisme de stabilisation de fréquence comme décrit ci-dessus.

**[0045]** Grâce à cette architecture, il est possible fournir un mouvement permettant une réduction de taille tout en améliorant la précision de la marche.

**[0046]** Selon la présente demande, on fournit une pièce d'horlogerie mécanique équipée d'un mouvement comme décrit ci-dessus.

**[0047]** En raison de cette architecture, il est possible de fournir une pièce d'horlogerie mécanique permettant une réduction de taille tout en améliorant la précision de la marche.

**[0048]** Selon la présente demande, un ressort à force constante est agencé entre deux cages adjacentes, grâce auquel il est possible d'appliquer un couple d'entraînement en rotation à une cage de manière stable sans entraîner une augmentation de taille du mécanisme dans son ensemble. En outre, par la formation du mécanisme par une pluralité de cages, il est possible d'éliminer la différence d'inclinaison horizontale. Donc, il est possible de prévoir un petit mécanisme de stabilisation de fréquence tout en améliorant la précision de la marche.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

**[0049]**

La figure 1 est une vue en plan du côté avant d'un mouvement d'une pièce d'horlogerie mécanique selon un premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 2 est une vue en coupe schématique de la pièce d'horlogerie mécanique selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 3 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 4 est une vue en perspective d'une cage externe selon le premier mode de réalisation de la présente invention vu depuis un côté.

La figure 5 est une vue en perspective de la cage externe selon le premier mode de réalisation de la présente invention vu depuis l'autre côté.

La figure 6 est une vue dans la direction de la flèche A de la figure 4.

La figure 7 est une vue dans la direction de la flèche B de la figure 5.

La figure 8 est une vue en perspective illustrant comment une roue menante de roue d'arrêt et une roue d'armage de ressort à force constante engrènent avec une roue fixe selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 9 est une vue en plan, vu depuis le côté arrière de la cage externe selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 10 est une vue en perspective illustrant la relation positionnelle entre une roue d'arrêt et un dispositif d'arrêt selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 11 est une vue en perspective d'une cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention vu depuis un côté.

La figure 12 est une vue en perspective de la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention vu depuis l'autre côté.

La figure 13 est un diagramme pris dans la direction de la flèche C de la figure 11.

La figure 14 est un diagramme pris dans la direction de la flèche D à la figure 11.

La figure 15 est un diagramme illustrant la relation positionnelle entre la roue d'armage du ressort à force constante et une plaque de régulation de phase selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 16 est une vue en perspective de la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention dont une partie a été supprimée.

La figure 17 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la cage externe et la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 18 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la cage externe et la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 19 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la cage externe et la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 20 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la cage externe et de la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 21 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la cage externe et de la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 22 est un diagramme illustrant le fonctionnement de la cage externe et de la cage interne selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

Les figures 23A et 23B sont des diagrammes illustrant l'engrenage entre une roue d'arrêt et une ancre d'arrêt, et le comportement de l'ancre d'arrêt selon le premier mode de réalisation de la présente invention ; la figure 23A est un diagramme illustrant la roue d'arrêt vue depuis la direction axiale, et la figure 23B est un diagramme illustrant la roue d'arrêt vue depuis direction radiale.

Les figures 24A et 24B sont des diagrammes illustrant l'engrenage entre la roue d'arrêt et l'ancre d'arrêt, et le comportement de l'ancre d'arrêt selon le premier mode de réalisation de la présente invention ; la figure 24A est un diagramme illustrant la roue d'arrêt vue depuis la direction axiale, et la figure 24B est un diagramme illustrant la roue d'arrêt vue depuis la direction radiale.

La figure 25 est une vue en perspective d'une ancre d'arrêt modifiée selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 26 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention vu depuis un côté.

La figure 27 est une vue en perspective du tourbillon avec un dispositif à force constante selon le deuxième mode de réalisation de la présente invention vu depuis l'autre côté.

La figure 28 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante modifié selon le deuxième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 29 est une vue latérale d'une modification du tourbillon avec un dispositif à force constante selon le deuxième second mode de réalisation de la présente invention.

La figure 30 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante selon un troisième mode de réalisation de la présente invention vu depuis un côté.

La figure 31 est une vue en perspective du tourbillon avec un dispositif à force constante selon le troisième mode de réalisation de la présente invention vu depuis l'autre côté.

La figure 32 est une vue en perspective illustrant la relation positionnelle entre la roue d'arrêt et le dispositif d'arrêt selon le troisième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 33 est une vue en perspective d'une ancre d'arrêt modifiée selon le troisième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 34 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante selon un quatrième mode de réalisation de la présente invention vu depuis un côté.

La figure 35 est une vue en perspective du tourbillon avec un dispositif à force constante selon le quatrième mode de réalisation de la présente invention vu depuis l'autre côté.

## DESCRIPTION DES MODES DE RÉALISATION

**[0050]** Dans ce qui suit, des modes de réalisation de cette invention seront décrits en référence aux dessins.

### (Premier mode de réalisation)

### (Pièce d'horlogerie mécanique)

**[0051]** Premièrement, le premier mode de réalisation de cette invention sera décrit en référence aux figures 1 à 24.

**[0052]** La figure 1 est une vue en plan du côté avant du mouvement d'une pièce d'horlogerie mécanique 1, et la figure 2 est une vue en coupe schématique de la pièce d'horlogerie mécanique 1.

**[0053]** Comme le montrent les figures 1 et 2, la pièce d'horlogerie mécanique 1 est composée d'un mouvement 10 et d'un boîtier (non représenté) accueillant ce mouvement 10.

**[0054]** Le mouvement 10 a une platine 11 constituant une plaque support. Sur le côté arrière de cette platine 11, un cadran est agencé (non représenté). On se référera au train d'engrenage monté côté avant du mouvement 10 comme étant le train d'engrenage avant, au train d'engrenage monté côté arrière du mouvement 10 comme étant le train d'engrenage arrière.

**[0055]** La platine 11 a un trou de guidage de tige de remontoir 11a, dans lequel une tige de remontoir 12 est montée de manière rotative.

**[0056]** La position dans la direction axiale de cette tige de remontoir 12 est déterminée par un dispositif de commutation ayant un levier de réglage 13, une bascule 14, un ressort à bascule 15, et un sautoir de levier de réglage 16. En outre, un pignon de remontage 17 agencé de manière rotative sur l'arbre de guidage de la tige de remontoir 12.

**[0057]** Dans cette architecture, lorsque la tige de remontoir 12 est tournée dans un état dans lequel la tige de remontoir 12 se trouve dans une première position de tige de remontoir (0ème étape) la plus proche vers l'intérieur du mouvement 10 le long de l'axe de rotation, le pignon de remontage 17 tourne par l'intermédiaire de la rotation d'un pignon baladeur (non représenté). Et, par la rotation du pignon d'enroulement 17, une roue de couronne 20 en prise avec celui-ci est entraînée en rotation. Et, par la rotation de la couronne d'entraînement 20, une roue à rochet 21 en prise avec celle-ci est entraînée en rotation. Ensuite, par la rotation de cette roue à rochet 21, un ressort moteur (non représenté) logé dans un barillet de mouvement 22 est remonté.

**[0058]** A part le barillet de mouvement 22 susmentionné, le train d'engrenage avant du mouvement 10 est formé par un mobile central 25 et un troisième mobile 26, et exerce la fonction de la transmission du couple d'entraînement en rotation du barillet de mouvement 22. En outre, sur le côté avant du mouvement 10 est agencé un tourbillon 30 pourvu d'un dispositif à force constante pour le contrôle de la rotation du train d'engrenage avant.

**[0059]** Le mobile central 25 comprend un arbre 25a, un pignon 25b fixé à l'arbre 25a, et une roue dentée 25c. Et, le pignon 25b du mobile central 25 est en engrenage avec le barillet de mouvement 22. Hormis cet aspect, le mobile central 25 est pourvu d'une chaussée 27, d'une aiguille des minutes 29a montée à la chaussée 27, d'une roue des heures 28, et d'une aiguille des heures 29b montée à cette roue des heures 28.

**[0060]** Dans cette architecture, lorsque le mobile central 25 tourne, la chaussée 27 engagé légèrement à force dans le mobile central 25 tourne simultanément avec lui, et l'aiguille des minutes 29a montée à la chaussée 27 indique la „minute." En outre, sur la base de la rotation d chaussée 27, la roue des heures 28 est entraînée en rotation par celle d'une roue des minutes (non représentée), et l'aiguille des heures 29b montée à la roue des heures 28 indique l'"heure."

**[0061]** En outre, le troisième mobile 26 comprend un arbre 26a, un pignon 26b fixé à cet arbre 26a, et une roue dentée 26c. Et, le pignon 26b du troisième mobile 26 est en prise avec la roue dentée 25c du mobile central 25. En outre, le tourbillon avec un dispositif à force constante 30 est engrène avec la partie de roue dentée 26c du troisième mobile 26.

### (Tourbillon avec un dispositif à force constante)

**[0062]** La figure 3 est une vue en perspective du tourbillon avec un dispositif à force constante 30.

**[0063]** Comme représenté sur les figures 2 et 3, le tourbillon avec un dispositif à force constante 30 est un mécanisme contrôlant la rotation du train d'engrenage avant susmentionné. En outre, le tourbillon avec un dispositif à force constante 30 a un mécanisme appelé mécanisme de tourbillon configuré pour réduire l'influence de la force gravitationnelle dépendant de l'orientation d'un balancier spiral 101 décrit ci-dessous. En outre, le tourbillon avec un dispositif à force constante 30 est équipé d'un dispositif à force constante 3 pour supprimer une fluctuation dans le couple rotationnel transmis à un mobile d'échappement 124 décrit ci-dessous.

**[0064]** Dans ce qui suit, le tourbillon avec un dispositif à force constante 30 sera décrit en détail.

**[0065]** Le tourbillon avec dispositif à force constante 30 est supporté de manière rotative par un pont de cage avant 23 monté du côté avant de la platine 11 et un pont de cage arrière 24 monté du côté arrière de la platine 11. Le tourbillon avec dispositif à force constante 30 est équipé d'une roue fixe 31 fixée à la platine 11 du côté du pont de cage avant 23, un cage externe 32 soutenu de manière rotative par le pont de cage avant 23 et le pont de cage arrière 24, et une cage interne 33 soutenu de manière rotative par rapport à la cage externe 32 à l'intérieur de la cage externe 32.

**[0066]** La roue fixe 31 est configurée substantiellement sous forme de disque, et possède une denture 31a au niveau du bord périphérique de son côté arrière (côté platine 11).

**(Cage externe)**

**[0067]** La figure 4 est une vue en perspective de la cage externe 32 depuis un premier côté ; la figure 5 est une vue en perspective de la cage externe 32 depuis l'autre côté ; la figure 6 est un diagramme pris dans la direction de la flèche A visible sur la figure 4 ; et la figure 7 est un diagramme pris dans la direction de la flèche B visible sur la figure 5.

**[0068]** Comme représenté sur figures 4 à 7, la cage externe 32 a un châssis externe 34 constituant l'armature externe de la cage externe. Le châssis externe 34 est équipé d'un socle arrière en forme de disque 35 agencée côté arrière, et d'un socle arrière en forme de disque 36 agencé côté avant.

**[0069]** Dans la description qui suit de la cage externe 32, on se référera simplement à la direction radiale pour indiquer la direction radiale de chaque socle 35, 36, et se référera simplement à la direction périphérique pour indiquer la direction périphérique de chaque socle 35, 36.

**[0070]** Le socle arrière 35 est pourvu d'un pivot 35a faisant saillie vers le pont de cage arrière 24. Ce pivot 35a est soutenu de manière rotative par un palier en pierre précieuse (non représenté) prévu dans le pont de cage arrière 24.

**[0071]** D'autre part, le socle avant 36 est situé sur le côté avant de la roue fixe 31 par un renfoncement 23a formé dans le pont de cage avant 23. Et, sur le côté avant du socle avant 36, un pignon externe de cage 37 est prévu, et ce pignon externe de cage 37 est en prise avec la roue dentée 26c du troisième mobile 26.

**[0072]** Un arbre 38 est forcé dans le socle avant 36 et le pignon externe de cage 37. En raison de cet arbre 38, le socle avant 36 et la cage externe 37 tournent de manière solidaire. En outre, à une extrémité de l'arbre 38, un pivot 38a est formé de manière solidaire en faisant saillie depuis le pignon externe de cage 37 vers le pont de cage avant 23. Ce pivot 38a est soutenu de manière rotative par un palier en pierre précieuse (non représentée) prévu dans le pont de cage avant 23.

**[0073]** Le pivot 35a du socle arrière 35 et le pivot 38a du socle avant 36 sont agencés dans la même ligne droite, et cette ligne droite constitue l'axe de rotation L1 de la cage externe 32.

**[0074]** Entre le socle arrière 35 et le socle avant 36, quatre montants longitudinaux 39 sont formés de façon monobloc et de manière à être à cheval sur le socle arrière 35 et le socle avant 36. Les montants longitudinaux 39 sont formés en intégrant une paire de parties courbes 39a s'étendant radialement vers l'extérieur tout en étant recourbées depuis les parties de base 35 et 36, une paire de parties d'extension radiales 39 s'étendant de manière radiale vers l'extérieur depuis les parties courbées 39a, et une partie d'extension axiale 39c connectant les extrémités distales de ces parties d'extension radiales 39b.

**[0075]** Donc en construisant les montants longitudinaux 39, il est possible d'empêcher toute interférence entre la roue fixe 31 et le châssis externe 34 même si le socle avant 36 fait saillie du côté avant de la roue fixe 31.

**[0076]** En outre, les quatre montants longitudinaux 39 sont agencés par deux pour être en symétrie axiale par rapport à l'axe de rotation L1. En d'autres mots, les quatre montants longitudinaux 39 sont agencés de telle sorte qu'ils forment deux secteurs angulaires K1 de grand intervalle et deux secteurs angulaires K2 de petits intervalles comparés aux secteurs angulaires de grand intervalle K1, et que les secteurs angulaires de grand intervalle K1 et les secteurs angulaires de petit intervalle K2 sont formés de manière alternative.

**[0077]** Un cadre latéral 41 s'étendant dans la direction périphérique pour connecter les parties axiales d'extension 39c est formé de façon monobloc avec les montants longitudinaux 39, et substantiellement au centre de ceux-ci dans la direction axiale des parties axiales d'extension 39c . De ce cadre latéral 41, la partie correspondant au secteur angulaire de grand intervalle K1 est découpée, et une partie de support de cage interne 42 est maintenue en position à l'aide d'une fixation par une vis 43 pour relier les parties découpées.

**[0078]** La partie de support de cage interne 42 sert à soutenir de manière rotative la cage interne 33, et est formée en intégrant une portée de roulement en forme de disque 44, et une branche 46 s'étendant sur les deux côtés du centre dans la direction radiale de la portée de roulement 44.

**[0079]** Au centre dans la direction radiale de la portée de roulement 44, un palier en pierre précieuse45 est prévu pour soutenir de manière rotative la cage interne 33. L'axe central L2 du palier en pierre précieuse 45 est orthogonal à l'axe de rotation L1 de la cage externe 32, c'est-à-dire, s'étend le long de la direction radiale de la cage externe 32.

**[0080]** La branche 46 est formée par un siège de vis 46a s'appuyant contre le cadre latéral 41 et se présente substantiellement sous la forme d'un parallélépipède de telle sorte qu'elle est allongée dans la direction selon laquelle s'étend le cadre latéral 41, et par une partie surélevée 46b recourbée et s'étendant depuis l'extrémité proximale (l'extrémité latérale de la portée de roulement 44) du siège de vis 46a en direction du côté opposé du cadre latéral 41. Et, la portée de roulement 44 est reliée à l'extrémité distale de la partie élevée 46b. En d'autres termes, la portée de roulement 44 est agencée pour être éloignée du cadre latéral 41.

**[0081]** Un trou de vis (non représenté) est formé du côté de l'extrémité distale du siège de vis 46a. La vis 43 est insérée dans ce trou de vis, et est en outre vissée dans le cadre latéral 41, par lequel la partie de support de cage interne

42 est attachée et fixée par la vis 43. D'autre part, une roue fixe menante d'échappement 47 est attachée et fixée au côté d'extrémité proximale du siège de vis 46a par une vis 48.

**[0082]** La roue fixe menante d'échappement 47 sert à faire tourner un mobile d'échappement 124 décrit ci-dessous, et est formée dans une configuration substantiellement en forme d'anneau. Et, la roue fixe menante d'échappement 47 est agencée de telle sorte que son axe central est coaxial à l'axe central L2 du palier en pierre précieuse 45 prévu dans la partie de support de cage interne 42. En outre, la roue fixe menante d'échappement 47 possède une denture 47a au niveau du bord périphérique du côté de l'axe de rotation L1. En outre, la roue fixe menante d'échappement 47 est agencée de façon monobloc avec une paire de pattes de montage 49 au niveau de la position correspondant au siège de vis 46a de la partie de support de cage interne 42. Une vis 48 est insérée dans ces pattes de montage 49 ; en outre, la vis est enfilée dans le siège de vis 46a, par laquelle les pattes de montage 49 sont attachées et fixées par la vis 48.

**[0083]** Le cadre latéral 41 possède un support de palier en forme d'anneau 51 agencé de façon monobloc sur le côté opposé à la partie de support de cage interne 42 (roue fixe menante d'échappement 47) avec l'axe de rotation L1 interposé entre eux. Ce support de palier 51 est muni d'un roulement à bille 52.

**[0084]** Le roulement à bille 52 est agencé de telle sorte que son axe central L3 est coaxial avec l'axe central L2 du palier en pierre précieuse 45 prévu dans la partie de support de cage interne 42. Un plateau tournant 53 est soutenu de manière rotative par le roulement à bille 52. Le plateau tournant 53 est formé en intégrant un corps principal substantiellement en forme de disque 53a, et un arbre de support 53b faisant saillie depuis le centre radial du corps principal de plateau 53a. Cet arbre de support 53b est soutenu de manière rotative par le roulement à bille 52.

**[0085]** Une roue d'armage de ressort à force constante 54 est fixée au corps principal de plateau 53a du plateau tournant 53, et la roue d'armage de ressort à force constante 54 et le plateau tournant 53 tournent de manière solidaire. Une denture 54a est formée sur la partie périphérique externe de la roue d'armage de ressort à force constante 54. Les dentures 54a sont en engrenage avec les dentures 31a de la roue fixe 31 (voir la figure 3).

**[0086]** Au centre dans la direction radiale de la roue d'armage de ressort à force constante 54, il est prévu un palier en pierre précieuse 55 pour soutenir de manière rotative la cage interne 33. En outre, une goupille d'insertion 56 faisant saillie en direction de l'axe de rotation L1 est monté à la roue d'armage de ressort à force constante 54 à une position décalée par rapport à celle du palier en pierre précieuse 55 vers l'extérieur dans la direction radiale. Cette goupille d'insertion 56 coopère avec une plaque de régulation de phase 153 décrite ci-dessous pour régler la phase rotationnelle de la cage interne 33 et de la roue d'armage de ressort à force constante 54.

**[0087]** En outre, la roue d'armage de ressort à force constante 54 est équipée d'un porte-piton 57 sur le côté opposé à la goupille d'insertion 56 avec le palier en pierre précieuse 55 interposé entre eux. Un piton 58 est fixé à ce porte-piton 57 via une vis de fixation 57a (voir la figure 9). La partie d'extrémité externe du ressort à force constante 59 est fixée au piton 58 (voir la figure 9).

**[0088]** Le ressort à force constante 59 sert à appliquer un couple d'entraînement en rotation à la cage interne 33 par rapport à la cage externe 32, et est configuré en forme de spiral. La partie d'extrémité interne du ressort à force constante 59 est fixée à la cage interne 33 via une virole 152.

**[0089]** Un palier de roue d'arrêt 61 est attaché et fixé par une vis 62 au cadre latéral 41 dans une position correspondant à l'un des deux secteurs angulaires de petit intervalle K2.

**[0090]** Le palier de roue d'arrêt 61 est formé en intégrant une portée de roulement en forme de disque 63, et une paire de branches 64 s'étendant des deux côtés dans la même direction que le cadre latéral 41, dans la direction radiale de la portée de roulement 63. Un palier en pierre précieuse 65 est prévu au centre dans la direction radiale de la portée de roulement 63.

**[0091]** D'autre part, chaque branche 64 est formée en intégrant un corps principal de branche 64a s'étendant depuis la portée de roulement 63, et un siège de vis 64b s'étendant depuis l'extrémité distale du corps principal de branche 64a. Le siège de vis 64b est formé de telle manière que la direction normale au plan dans lequel il s'étend est orthogonale à celle du corps principal de partie de branche 64a. Et, le siège de vis 64b est attaché et fixé au cadre latéral 41 par la vis 62 dans un état dans lequel il est en contact avec l'extrémité arrière du cadre latéral 41. Dans cet état attaché/fixé, la portée de roulement 63 et les branches 64 se font face l'une à l'autre à une distance prédéterminée par rapport au cadre latéral 41.

**[0092]** Une portée de roulement substantiellement en forme de disque 66 est formée pour être intégrée au cadre latéral 41 dans la position opposée du palier de roue d'arrêt 61 par rapport à la portée de roulement 63. Un palier en pierre précieuse 67 est prévu dans cette portée de roulement 66.

**[0093]** Et, entre le cadre latéral 41 et le palier de roue d'arrêt 61, une roue menante de roue d'arrêt 68 et une roue d'arrêt 69 sont agencées, et la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'arrêt 69 sont soutenues de manière rotative par les deux paliers en pierre précieuse 65 et 67. De cette façon, l'axe de rotation L4 de la roue menante de roue d'arrêt 68 et de la roue d'arrêt 69 est orthogonal à l'axe de rotation de la roue d'armage de ressort à force constante 54 (l'axe central L3 du roulement à bille 52), c'est-à-dire, il s'étend le long de la direction radiale de la cage externe 32.

**[0094]** La roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'arrêt 69 sont agencées pour être superposées l'une sur l'autre avec une faible distance entre elles, et un arbre 71 est chassé dans ses centres respectifs dans la direction radiale. En

raison de cet arbre 71, la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'arrêt 69 sont intégrées l'une à l'autre. En outre, des pivots 71a sont prévus aux deux extrémités de l'arbre 71, et ces pivots 71a sont soutenus de manière rotative par les paliers en pierre précieuse 65 et 67, respectivement. En conséquence, il est possible pour la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'arrêt 69 de tourner solidairement l'une avec l'autre par rapport au cadre latéral 41.

**[0095]** Une denture 68a est formée sur la partie périphérique externe de la roue menante de roue d'arrêt 68. La denture 68a est en prise avec la denture 31a de la roue fixe 31.

**[0096]** Ici, le diamètre du cercle primitif de la roue menante de roue d'arrêt 68 est déterminé comme étant égal au diamètre du cercle primitif de la roue d'armage de ressort à force constante 54. En outre, le nombre de dents de la denture 68a de la roue menante de roue d'arrêt 68 est réglé pour être le même que le nombre de dents de la denture 54a de la roue d'armage de ressort à force constante 54.

**[0097]** La figure 8 est une vue en perspective illustrant comment la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont maintenues en prise avec la roue fixe 31.

**[0098]** Comme représenté sur le dessin, la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont maintenues en prise avec la roue fixe 31 dans un état dans lequel leurs axes de rotation respectifs (L4 et L3) sont orthogonaux les uns aux autres. En outre, la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont montées au cadre externe 34, de sorte que, lorsque le cadre externe 34 fait une rotation autour de l'axe de rotation L1, elles tournent simultanément à la même vitesse rotationnelle. Autrement dit, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68 et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont définis comme étant égaux.

**[0099]** Le nombre de dents de la roue fixe 31, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68, et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54, sont fixés à des nombres qui sont mutuellement divisibles. Plus spécifiquement, dans le présent mode de réalisation, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68 et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont fixés à 40, et le nombre de dents de la roue fixe 31 est fixé à 80. Cependant, il est souhaitable que le nombre de dents de la roue fixe 31, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68, et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 soient définis comme étant égaux à des nombres mutuellement indivisibles. Cela sera discuté ci-dessous en détail.

**[0100]** Comme représenté à la figure 8, la roue d'arrêt 69 est un membre formé, par exemple, d'un matériau présentant une orientation cristalline tel qu'un matériau métallique ou un monocristal de silicium, et est formée par électroformage, ou une technique basée sur une méthode optique telle que la photolithographie, par exemple, le procédé LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung), DRIE (Deep Reactive Ion Etching), MIM (Metal Injection Molding), etc.

**[0101]** Sur la partie périphérique externe de la roue d'arrêt 69, une pluralité de parties d'accrochage 72 sont formées pour faire saillie radialement vers l'extérieur. Les parties d'accrochage 72 sont agencées à des intervalles périphériques égaux.

**[0102]** Dans cette architecture, un dispositif d'arrêt 73 est engagé avec et dégagé de la roue d'arrêt 69.

**[0103]** La figure 9 est une vue en plan de la cage externe 32 depuis le côté arrière, et la figure 10 est une vue en perspective illustrant la rotation positionnelle entre la roue d'arrêt 69 et le dispositif d'arrêt 73.

**[0104]** Comme illustré aux figures 9 et 10, le dispositif d'arrêt 73 a une ancre d'arrêt 74 configurée substantiellement en forme de L selon une vue en plan depuis le côté arrière. Plus spécifiquement, l'ancre d'arrêt 74 est formée par l'intégration d'un corps d'ancre d'arrêt 75 agencé du côté de la roue menante de roue d'arrêt 68, d'une fourche 76 agencée du côté de la roue d'armage de ressort à force constante 54, et une partie de liaison 77 reliant le corps d'ancre d'arrêt 75 et la partie de fourche 76.

**[0105]** Le corps d'ancre d'arrêt 75 s'étend le long du cadre latéral 41 auquel la roue menante de roue d'arrêt 68 est montée, et présente une configuration substantiellement en forme de T dans une vue en plan depuis le côté interne dans la direction radiale de la cage externe 32. Plus spécifiquement, le corps d'ancre d'arrêt 75 est équipé d'un bras 75a s'étendant dans la même direction que le cadre latéral 41 depuis le voisinage de l'extrémité distale de la partie de branche 64 du palier de roue d'arrêt 61 au voisinage du palier en pierre précieuse 65, et un corps de support de cliquet 75b s'étendant depuis l'extrémité distale du bras 75a le long de la direction radiale de la roue menante de roue d'arrêt 68 (roue d'arrêt 69).

**[0106]** La longueur du corps de support de cliquet 75b est définie comme étant approximativement la même que le diamètre externe de la roue menante de roue d'arrêt 68. Aux deux extrémités longitudinales du corps de support de cliquet 75b, se trouvent des saillies75c venant de matière avec le support de cliquet 75b et faisant saillie envers la roue d'arrêt 69. Des palettes 78a et 78b sont montées respectivement à ces saillies 75c. Les palettes 78a et 78b ressortent depuis les saillies 75c dans la direction longitudinale du corps de support de cliquet 75b, et leur partie d'extrémité distale peut être mise en contact avec la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69. En conséquence, le dispositif d'arrêt 73 est engagé avec et libéré de la roue d'arrêt 69. Le fonctionnement d'engagement avec et de dégagement de la roue d'arrêt 69 du dispositif d'arrêt 73 sera décrit en détail ci-dessous.

**[0107]** La fourche 76 s'étend le long du cadre latéral 41 auquel la roue d'armage de ressort à force constante 54 est montée. La fourche 76 est formée par un corps principal de fourche 76a fourchu agencé dans une position correspondant au centre dans la direction radiale de la roue d'armage de ressort à force constante 54, et un bras 76b à cheval sur

l'extrémité proximale du corps principal de fourche 76a et la partie liaison 77. Le corps principal de fourche 76a est engagé avec une came triangulaire 151 (voir la figure 10) prévue sur la cage interne 33.

**[0108]** Un trou traversant 76c est formé à l'extrémité proximale du bras 76b, et un arbre d'ancre d'arrêt 79 est chassé dans ce trou traversant 76c. Des pivots 79a sont formés intégralement avec l'arbre d'ancre d'arrêt 79, aux deux extrémités de celui-ci.

**[0109]** Comme illustré en détail aux figures 4 et 5, à la position correspondant à l'arbre d'ancre d'arrêt 79 du cadre latéral 41, on prévoit un palier 80 soutenant de manière rotative l'arbre d'ancre d'arrêt 79.

**[0110]** Le palier 80 est équipé d'un socle 81 venant de matière avec le cadre latéral 41 et s'étendant dans une direction orthogonale à celle du cadre latéral 41, et d'une partie de support 83 attachée et fixée à ce socle 81 par une vis 82.

**[0111]** Au niveau de la partie du socle 81 croisant le cadre latéral 41, un palier en pierre précieuse 84 est prévu. Le pivot 79a formé intégralement à une extrémité de l'arbre d'ancre d'arrêt 79 est soutenu de manière rotative par ce palier en pierre précieuse 84. En outre, aux deux extrémités longitudinales du socle 81, des alésages filetés 85 sont prévus permettant le vissage des vis 82 pour attacher et fixer la partie de support 83.

**[0112]** La partie de support 83 est configurée selon une forme dont la section droite a substantiellement une forme de chapeau. Autrement dit, la partie de support 83 est équipée d'un corps principal de partie de support 83a configurée selon une forme dont la section droite a substantiellement une forme de U, permettant la réception de l'arbre d'ancre d'arrêt 79, et une paire de rebords 83b formés intégralement à l'extrémité distale du corps principal de partie de support 83a. Et, les rebords 83b sont agencés pour s'adosser contre la partie de socle 81.

**[0113]** Les rebords 83b ont des trous d'insertion (non représentés) permettant l'insertion des vis 82, et les vis 82 sont insérées dans ces trous d'insertion; en outre, les vis 82 sont vissées dans les alésages filetés 85 du socle 81, par lesquelles la partie de support 83 est attachée et fixée au socle 81.

**[0114]** Dans la partie de paroi inférieure 83c du corps principal de partie de support 83a, un palier en pierre précieuse 86 est prévu pour être coaxiale avec le palier en pierre précieuse 84 du socle 81. Soutenu de manière rotative par ce palier en pierre précieuse 86, le pivot 79a est formé de manière solidaire à l'autre extrémité de l'arbre d'ancre d'arrêt 79.

**[0115]** De cette façon, l'arbre d'ancre d'arrêt 79 est agencé de telle sorte que cet axe L5 soit parallèle à l'axe de rotation de la roue d'armage de ressort à force constante 54 (l'axe central L3 du roulement à bille L3), et orthogonal à l'axe de rotation L4 de la roue menante de roue d'arrêt 68 et de la roue d'arrêt 69.

**[0116]** Et, l'ancre d'arrêt 74 dans laquelle l'arbre d'ancre d'arrêt 79 est chassé se balance autour de l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79. Par le mouvement de balancier de l'ancre d'arrêt 74, la palette 78a agencée à l'arrière du corps d'ancre d'arrêt 75 se rapproche vers la roue d'arrêt 69, alors que la palette 78b agencée à l'avant est écartée de la roue d'arrêt 69; et, inversement, lorsque la palette 78b agencée à l'avant se rapproche de la roue d'arrêt 69, alors la palette 78a agencée à l'arrière s'écarte de la roue d'arrêt 69.

**[0117]** En conséquence, la palette 78a agencée à l'arrière du corps d'ancre d'arrêt 75 et la palette 78b agencée sur son côté avant sont engagées successivement avec la roue d'arrêt 69. Ce mouvement oscillant de l'ancre d'arrêt 74 est basé sur le mouvement en rotation de la came triangulaire 151 engagée avec la partie de fourche 76 de l'ancre d'arrêt 74. La came triangulaire 151 est prévue sur la cage interne 33.

**[0118]** Dans cette architecture, le centre de gravité de la cage externe 32 est situé sur l'axe de rotation L1 de la cage externe 32.

**(Cage interne)**

**[0119]** La figure 11 est une vue en perspective de la cage interne 33 depuis un premier côté, la figure 12 est une vue en perspective de la cage interne 33 depuis l'autre côté, la figure 13 est un diagramme pris dans la direction de la flèche C visible sur la figure 11, et la figure 14 est un diagramme pris dans la direction de la flèche D visible sur la figure 11.

**[0120]** Comme illustré sur les figures 11 à 14, la cage interne 33 a un châssis interne 90 constituant l'armature intérieure de la cage interne 33. Le châssis interne 90 a une plaque support 91.

**[0121]** La plaque support 91 est formée pour être allongée dans la direction de l'axe central L2 (voir la figure 5) du palier en pierre précieuse 45 prévu dans la partie de support de cage interne 42 de la cage externe 32. Substantiellement au centre dans la direction longitudinale de la plaque support 91, se trouve un palier anti-vibration 93. En outre, des piliers-blocs 94 et 95 sont respectivement attachés et fixés aux deux extrémités longitudinales de la plaque support 91 par des vis 96. Les piliers-blocs94 et 95 sont configurés pour prendre une forme de section substantiellement en forme de U, et sont agencés avec leurs ouvertures respectives dirigées vers le centre longitudinal de la plaque support 91.

**[0122]** Parmi les deux piliers-blocs 94 et 95, le premier pilier-bloc 94 possède une partie inférieure 94a à la partie centrale de laquelle se trouve un pivot 97. Le pivot 97 fait saillie vers l'extérieur dans la direction longitudinale de la plaque support 91. Le pivot 97 est soutenu de manière rotative par le palier en pierre précieuse 45 fourni au niveau de la partie de support de cage interne 42 de la cage externe 32.

**[0123]** D'autre part, parmi les deux piliers-blocs 94 et 95, le deuxième bloc 95 possède une partie inférieure 95a à la partie centrale de laquelle se trouve un arbre-pivot 98. L'arbre -pivot 98 fait saillie vers l'extérieur dans la direction longitudinale. En outre, un pivot 98a fait saillie depuis l'extrémité distale de l'arbre-pivot 98. Ce pivot 98a est soutenu de manière rotative par le palier en pierre précieuse 55 prévu dans la roue d'armage de ressort à force constante 54.

**[0124]** De cette façon, la cage interne 33 est soutenu par les pivots 97 et 98a par rapport à la cage externe 32 pour être rotatif autour de l'axe central L2 du palier en pierre précieuse 45 prévu au niveau de la partie de support de cage interne 42 et autour de l'axe central L3 du roulement à bille 52 prévu au niveau de la cage externe 32. En d'autres termes, l'axe de rotation L6 de la cage interne 33 est orthogonal à l'axe de rotation L1 de la cage externe 32.

**[0125]** En outre, sont engagés à force dans l'arbre-pivot 98 une came triangulaire 151, une virole 152, et une plaque de régulation de phase 153 dans cet ordre depuis la partie inférieure 95a du deuxième pilier-bloc 95. En d'autres termes, la came triangulaire 151, la virole 152, et la plaque de régulation de phase 153 tournent de manière solidaire avec la cage interne 33.

**[0126]** La came triangulaire 151 est agencée de telle sorte qu'elle incite l'ancre d'arrêt 74 à faire un mouvement de va-et-vient et de balancier trois fois par rotation. La partie d'extrémité interne du ressort à force constante 59 est reliée à la virole 152. Autrement dit, la cage interne 33 est soutenue de manière rotative par rapport à la cage externe 32, et est cinématiquement à la cage externe 32 par l'intermédiaire du ressort à force constante 59.

**[0127]** La figure 15 est une vue explicative illustrant la relation positionnelle entre la roue d'armage de ressort à force constante 54 et la plaque de régulation de phase 153 dans l'état où la cage interne 33 est monté à la cage externe 32.

**[0128]** Comme illustré sur les figures 12 et 15, la plaque de régulation de phase 153 se présente sous la forme d'un disque, et son diamètre externe est défini pour être légèrement plus large que le diamètre externe du ressort à force constante 59 dans son état désarmé. Dans l'état où la cage interne 33 est monté à la cage externe 32, la plaque de régulation de phase 153 est opposée à la roue d'armage de ressort à force constante 54 dans la direction de l'axe de rotation L6 de la cage interne 33.

**[0129]** Dans la position correspondant à la goupille d'insertion 56 prévue sur la roue d'armage de ressort à force constante 54 de la cage externe 32, la plaque de régulation de phase 153 possède un trou oblong 154 permettant l'insertion de cette goupille d'insertion 56. Le trou oblong 154 est formé pour s'étendre de manière courbe le long de la direction périphérique. En outre, le trou oblong 154 est formé de telle sorte que, dans l'état dans lequel la goupille d'insertion 56 est insérée dans ce trou oblong 154, l'angle rotationnel de la plaque de régulation de phase 153 par rapport à la roue d'armage de ressort à force constante 54 ne s'écarte pas de plus de 60 degrés.

**[0130]** En se référant aux figures 11 à 14, à l'extrémité du côté opposé de la plaque support 91 des deux piliers-blocs 94 et 95, est agencée une plaque de pont 155 de telle sorte qu'elle soit à cheval sur les deux piliers-blocs 94 et 95. La plaque de pont 155 a une portée de roulement 157 substantiellement en forme d'anneau agencée de manière coaxiale avec le palier anti-vibration 93 prévu sur la plaque support 91. Un palier anti-vibration 158 est prévu sur cette portée de roulement 157.

**[0131]** Des bras 159 sont formés venant de matière avec la portée de roulement 157, ils s'étendent respectivement en direction des deux piliers-blocs 94 et 95 depuis la surface latérale de la portée de roulement 157. Aux extrémités distales des bras 159 sont formés des appuis 161 venant de matière avec les bras 159. Ces appuis 161 sont formés dans une configuration substantiellement rectangulaire pour être en accord avec la configuration des surfaces latérales des deux piliers-blocs 94 et 95. Ces appuis 161 sont attachés et fixés respectivement aux deux piliers-blocs 94 et 95 par des vis 156. De cette manière, la plaque support 91, les piliers-blocs 94 et 95, et la plaque de pont 155 sont intégrés pour former un châssis interne 90.

**[0132]** Ici, la taille du châssis interne 90, et la taille du diamètre interne de la roue fixe menante d'échappement 47 prévue sur la cage externe 32 sont fixées à des tailles permettant l'insertion du châssis interne 90 dans la roue fixe menante d'échappement 47 dans l'état où la cage interne 33 est monté à la cage externe 32. En d'autres termes, dans l'état où la cage interne 33 est montée à la cage externe 32, une partie du châssis interne 90 du côté du premier pilier-bloc 94 est insérée dans la roue fixe menante d'échappement 47.

**[0133]** Dans le châssis interne 90, construit comme décrit ci-dessus, un balancier spiral 101 est supporté de manière rotative par le palier anti-vibration 93 de la plaque support 91 et le palier anti-vibration 158 de la plaque de pont 155.

**(Balancier spiral)**

**[0134]** Le balancier spiral 101 est équipé d'un arbre de balancier 103 soutenu de manière rotative par les paliers anti-vibration 93 et 158, un roue du balancier 104 montée à l'arbre de balancier 103, et un spiral 105, et effectue un mouvement d'oscillation en rotation à un cycle d'oscillation fixé par l'énergie transmise par le spiral 105.

**[0135]** L'arbre de balancier 103 est un arbre dont le diamètre est échelonné et se réduit graduellement par paliers dans la direction axiale depuis substantiellement le centre et lorsque l'on se dirige vers ses extrémités axiales. Aux deux extrémités de l'arbre de balancier 103, des pivots sont formés (non représentés), faisant saillie de manière axiale vers l'extérieur. Les pivots sont soutenus de manière rotative par les paliers anti-vibration 93 et 158, respectivement.

**[0136]** Ici, les paliers anti-vibration 93 et 158 sont prévus de manière substantiellement au centre dans la direction longitudinale de la plaque support 91 et à celle de la plaque de pont 155. En d'autres mots, les paliers anti-vibration 93 et 158 sont agencés de sorte que leurs axes respectifs sont situés sur l'axe de rotation L1 de la cage externe 32, et qu'ils croisent l'axe de rotation L1. Autrement dit le balancier spiral 101 est agencé de telle sorte que son axe de rotation L7 croise l'axe de rotation L1 de la cage externe 32. En outre, le centre de gravité du balancier spiral 101 est situé sur l'axe de rotation L1 de la cage externe 32, et sur l'axe de rotation L6 de la cage interne 33.

**[0137]** L'axe de rotation L7 tourne avec la cage interne 33, de telle sorte que le fait que l'axe de rotation L7 et l'axe de rotation L1 soient concourants implique naturellement que l'axe de rotation L7 et l'axe de rotation L1 ne sont pas confondus.

**[0138]** L'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 est orthogonal à l'axe de rotation L6 de la cage interne 33. En outre, substantiellement au centre dans la direction axiale de l'arbre de balancier 103 où le diamètre de l'arbre est maximal, un épaulement 103a est formé venant de matière avec l'arbre de balancier 103, et la roue du balancier 104 est insérée dans et fixée à l'arbre de balancier 103 pour être positionnée par l'épaulement 103a.

**[0139]** En outre, l'arbre de balancier 103 est muni d'un double rouleau 106 (voir la figure 13) du côté opposé de la roue du balancier 104 de l'épaulement 103a. Le double rouleau 106 est équipé d'un cylindre 106a inséré enfilée et fixée sur l'arbre de balancier 103, et une bride annulaire 106b formée venant de matière avec la partie d' épaulement 103a du côté de la partie de cylindre 106a. Une goupille d'impulsion 107 (voir la figure 16) est prévue sur la bride 106b pour faire saillie du côté de la plaque support 91. La goupille d'impulsion 107 sert à faire balancer une ancre 125 d'un mécanisme d'échappement/régulateur 120 décrit ci-dessous.

**[0140]** Le spiral 105 est, par exemple, un spiral plat enroulé en spiral dans un plan unique, et sa partie d'extrémité interne est fixée, par une virole 111, à la portion de l'arbre de balancier 103 sur la plaque de pont 155 du côté de la roue du balancier 104.

**[0141]** D'un autre côté, un piton 109 est monté à la partie d'extrémité externe du spiral 105. Le piton 109 est fixé à un support de tenon 110 prévu sur une plaque de pont 155. De plus, le spiral 105 sert à accumuler une énergie transmise au double rouleau 106 depuis le mécanisme d'échappement/régulateur 120 décrit ci-dessous, et à transmettre cette énergie à l'arbre de balancier 103 et à la roue du balancier 104.

**(Mécanisme d'échappement/régulateur)**

**[0142]** La figure 16 est une vue en perspective de la cage interne 33 dont une partie a été supprimée.

**[0143]** Comme illustré sur les figures 11 à 13 et sur la figure 16, le mécanisme d'échappement/régulateur 120 est monté à la plaque support 91.

**[0144]** Le mécanisme d'échappement/régulateur 120 est équipé d'un porteur de mécanisme d'échappement 121 monté à la plaque support 91, un mobile d'échappement 124 soutenu de manière rotative par le porteur de mécanisme d'échappement 121 et la plaque support 91, et une ancre 125.

**[0145]** Le porteur de mécanisme d'échappement 121 est agencé sur le deuxième pilier-bloc 95 du côté de l'arbre de balancier 103, et possède une base 121a configurée substantiellement en forme de C le long de l'arbre de balancier 103.

**[0146]** Sur les deux côtés latéraux de la plaque support 91, la base 121 a a des sièges de vis 121b intégrés. Des vis 122 sont insérées respectivement dans ces sièges de vis 121b. Les vis 122 sont vissées dans les taraudages filetés 123 prévus dans la plaque support 91, grâce à quoi la base 121a est attachée et fixée à la plaque support 91.

**[0147]** Dans le voisinage des sièges de vis 121b de la base 121a, se trouvent respectivement, venant de matières avec les sièges de vis 121b, des parties surélevées 121c, et, en outre, une plaque porteuse 121d intégrée aux parties élevées 121c.

**[0148]** La plaque porteuse 121d s'étend depuis chaque partie surélevée 121c du côté du premier pilier-bloc 94 en contournant l'arbre de balancier 103. Donc, lorsque le porteur de mécanisme d'échappement 121 est vu depuis la direction axiale de l'arbre de balancier 103, une ouverture 121e est formée dans ce porteur de mécanisme d'échappement 121 permettant l'insertion de l'arbre de balancier 103 et du double rouleau 106. En outre, la plaque porteuse 121d est formée intégralement avec les parties élevées 121c, de sorte qu'elle fasse face à la plaque support 91 à un intervalle prédéterminé.

**[0149]** La plaque porteuse 121d, formée comme décrit ci-dessus, est prévue avec un premier palier en pierre précieuse (non représenté) pour soutenir de manière rotative le mobile d'échappement 124, et un deuxième palier en pierre précieuse 125a pour soutenir de manière rotative l'ancre 125.

**[0150]** A la position de la plaque support 91 correspondant au premier palier en pierre précieuse, un support d'arbre 127 est prévu. Le support d'arbre 127 sert à soutenir le corps d'arbre 131 du mobile d'échappement 124, et a une bride substantiellement annulaire 127a fixée à la plaque support 91. La bride 127a est agencée de sorte que son ouverture centrale est située de manière coaxiale avec le premier palier en pierre précieuse de la plaque porteuse 121d.

**[0151]** Sur la bride 127a, une paroi 127b est formée intégralement avec la bride 127a et faisant saillie du côté opposé à la plaque de pont 155. Cette paroi 127b s'étend depuis la plaque support 91 au côté externe dans la direction radiale de la roue fixe menante d'échappement 47 prévue sur la cage externe 32. En outre, la paroi 127b est configurée pour prendre une forme de section substantiellement en forme de C, de sorte que la roue fixe menante d'échappement 47 peut

être ouverte. En outre, du côté de la surface périphérique interne, à l'extrémité distale de la paroi 127b, une portée de roulement substantiellement en forme de disque 127c est formée intégralement avec la paroi 127b de telle sorte qu'elle soit orthogonale à la paroi 127b. La portée de roulement 127c est prévue avec un palier en pierre précieuse 128. Ce palier en pierre précieuse 128 est agencé de manière coaxiale avec le premier palier en pierre précieuse du porteur de mécanisme d'échappement 121.

**[0152]** Dans cette construction, le mobile d'échappement 124 est soutenu de manière rotative par le premier palier en pierre précieuse du porteur de mécanisme d'échappement 121 et le palier en pierre précieuse 128 de la partie de support de tige 127.

**[0153]** Le mobile d'échappement 124 est équipé du corps d'arbre 131, et d'une roue dentée d'échappement 132 insérée sur le corps d'arbre 131 et fixée dessus. La majeure partie du corps d'arbre 131 est accommodée dans le support d'arbre 127. En plus, la partie d'extrémité du corps d'arbre 131 du côté du porteur de mécanisme d'échappement 121 fait saillie pour atteindre, via la bride 127a de le support d'arbre 127, la plaque portante 121d du porteur de mécanisme d'échappement 121. En outre, aux deux extrémités axiales du corps d'arbre 131, des pivots 131a sont respectivement formés venant de matière avec le corps d'arbre 131. Ces pivots 131a sont soutenus de manière rotative par le premier palier en pierre précieuse du porteur de mécanisme d'échappement 121e par le palier en pierre précieuse 128 du support d'arbre 128.

**[0154]** Au niveau de la partie du corps d'arbre 131 logée dans le support d'arbre 127, un pignon d'échappement 131b est formé venant de matière avec le corps d'arbre 131.

**[0155]** Ici, dans l'état dans lequel la cage interne 33 est montée à la cage externe 32, le premier pilier-bloc 94 du côté du châssis interne 90 est inséré dans la roue fixe menante d'échappement 47. En outre, la paroi 127b du support d'arbre 127 s'étend depuis la plaque support 91 vers le côté externe dans la direction radiale de la roue fixe menante d'échappement 47 prévue sur la cage externe 32. Donc, le pignon d'échappement 131b est mis en engrenage avec les dents 47a de la roue fixe menante d'échappement 47.

**[0156]** La roue dentée d'échappement 132 est un membre formé, par exemple, d'un matériau métallique ou d'un matériau avec une orientation cristalline tel que le silicium monocristallin ; et il est formé par électroformage ou une technique basée sur une méthode optique telle que la photolithographie incluant les procédés LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung), DRIE (Deep Reactive Ion Etching), et MIM (Metal Injection Molding).

**[0157]** La roue dentée d'échappement 132 a un moyeu substantiellement annulaire 133 à engager à force dans le corps d'arbre 131. Le corps d'arbre 131 est chassé dans un trou traversant 133a formé dans ce moyeu 133. De plus, entre la plaque support 91 et la plaque porteuse 121d du porteur de mécanisme d'échappement 121, il y a la partie de roue dentée d'échappement 132.

**[0158]** Du côté externe du moyeu 133 dans la direction radiale, une jante134 configurée en forme d'anneau est prévue pour entourer ce moyeu 133. La jante134 et le moyeu 133 sont connectés par une pluralité de (quatre dans ce mode de réalisation) rayons 135. Les rayons 135 s'étendent le long de la direction radiale, et sont agencées à des intervalles périphériques égaux.

**[0159]** En outre, au bord périphérique externe de la jante 134, une pluralité de (vingt dans ce mode de réalisation) dents 136 sont formées dans une configuration spéciale en forme de crochet pour faire saillie radialement vers l'extérieur. Des palettes 140a et 140b de l'ancre 125 sont engagées et dégagées avec et depuis les extrémités distales de ces dents 136.

**[0160]** D'autre part, la plaque support 91 est prévue avec un palier en pierre précieuse 129 à la position correspondant au deuxième palier en pierre précieuse 125a du porteur de mécanisme d'échappement 121. Ce palier en pierre précieuse 129 est agencé de manière coaxiale avec le deuxième palier en pierre précieuse 125a. De plus, l'ancre 125 est soutenue de manière rotative par le deuxième palier en pierre précieuse 125a du porteur de mécanisme d'échappement 121 et le palier en pierre précieuse 129 de la plaque support 91.

**[0161]** L'ancre 125 sert à inciter le mobile d'échappement 124 à échapper et à l'inciter à tourner de manière régulière, et est équipée d'une portée d'ancre 137, un corps de fourche 138 inséré dans et fixé à la portée d'ancre 137, et une tige de palette 139 venant de matière avec le corps de fourche 138.

**[0162]** La portée d'ancre 137 est un corps d'arbre, et est soutenue de manière rotative par le deuxième palier en pierre précieuse 125a du porteur de mécanisme d'échappement 121 et par le palier en pierre précieuse 129 de la plaque support 91.

**[0163]** Le corps de fourche 138 et la tige de palette 139 sont formés dans une configuration à trois fourches par, par exemple, électroformage. Comme métal d'électroformage pour former le corps de fourche 138 et la tige de palette 139, il est possible d'utiliser, par exemple, du chrome à dureté élevée, du nickel, du fer, ou un alliage contenant ceux-ci.

**[0164]** Deux poutres 138a et 138b sont reliées au corps de fourche 138. Le corps de fourche 138 possède, au niveau d'une partie de liaison 138c des deux poutres 138a et 138b, un trou d'insertion 138b permettant l'insertion de la portée d'ancre 137. De plus, les deux poutres 138a et 138b s'étendent dans des directions opposées depuis la partie de liaison 138c. Parmi les deux poutres 138a et 138b, une poutre 138b s'étend en direction du double rouleau 106 prévu sur la tige d'ancre 103.

**[0165]** Aux côtés de l'extrémité distale des deux poutres 138a et 138b, des fentes 138e et 138f sont formées respectivement pour être ouvertes envers le côté du mobile d'échappement 124. Les palettes 140a et 140b sont liées respectivement et fixées aux fentes 138e et 138f par collage ou similaire.

**[0166]** Les palettes 140a et 140b sont des prismes de rubis substantiellement rectangulaires, et font saillie depuis les extrémités distales des poutres 138a et 138b en direction des dents 136 de la roue dentée d'échappement 132.

**[0167]** À l'extrémité distale d'une poutre 138b sont prévues des cornes d'entrée 141 et une goupille de protection 142 est agencée entre les cornes d'entrée 141. De plus, sur le côté interne des cornes d'entrée 141, est formé un porte-palette 143 dans et depuis lequel la goupille d'impulsion 107 du balancier spiral 101 est respectivement engagée et dégagée.

**[0168]** D'autre part, la tige de palette 139 est formée pour faire saillie depuis la partie de liaison 138c du corps de fourche 138 en direction du côté opposé par rapport au mobile d'échappement 124.

**[0169]** La plaque support 91 a, sur deux côtés latéraux de la tige de palette 139 et aux positions correspondant à l'extrémité distale de la tige de palette 139, des chevilles de butée 144a et 144b configurées de telle sorte qu'elles s'érigent verticalement au-dessus de la plaque support 91. Par l'intermédiaire de ces chevilles de butée 144a et 144b, la plage rotationnelle du corps de fourche à palette 138 et de la tige de palette 139 est régulée.

**[0170]** Dans cette architecture, le centre de gravité de la cage interne 33 est situé sur l'axe de rotation L6 de la cage interne 33.

**(Fonctionnement du tourbillon avec dispositif à force constante)**

**[0171]** Dans ce qui suit, on décrit le fonctionnement du tourbillon avec dispositif à force constante 30.

**[0172]** Tout d'abord, en référence aux figures 11, 12 et 16, le fonctionnement du balancier avec spiral 101 monté dans la cage interne 33 et du mécanisme d'échappement 120 sera décrit.

**[0173]** Le balancier spiral 101 reçoit le couple du mobile d'échappement 124 par la goupille d'impulsion 107, et fait une libre oscillation en raison de ce couple et la force élastique de ressort du spiral 105. En raison de l'oscillation libre du balancier spiral 101, le porte-palette 143 qui peut être engagé dans et dégagé de la goupille d'impulsion 107 se balance vers la droite et vers la gauche autour de la portée d'ancre 137 avec le corps de fourche 138.

**[0174]** En conséquence du balancement du corps de fourche à 138, les deux palettes 140a et 140b sont mises de manière alternative en contact avec les dents 136 de la roue dentée d'échappement 132. En conséquence, le mobile d'échappement 124 s'échappe constamment selon un cycle fixe.

**[0175]** Ici, l'ancre 125 est équipée de la tige de palette 139 formée intégralement avec le corps de fourche 138, et cette tige de palette 139 est confinée dans une plage rotationnelle par les chevilles de butée 144a et 144b. Donc, il est possible d'empêcher l'ancre 125 de se balancer au-delà d'une plage prédéterminée après avoir subi un choc externe ou similaire.

**[0176]** Ensuite, en référence aux figures 1, 10 et 17 à 24, le fonctionnement de la cage externe 32 et de la cage interne 33 sera décrit.

**[0177]** Les figures 17 à 22 sont des diagrammes illustrant le fonctionnement de la cage externe 32 et de la cage interne 33 ; ils illustrent l'état de la cage externe 32 et de la cage interne 33 à chaque moment du cycle. Les figures 23A, 23B, 24A et 24B illustrent l'état d'engagement par engrenage de la roue d'arrêt 69 et l'ancre d'arrêt 74, et le comportement de l'ancre d'arrêt 74 ; des figures 23A et 24A illustrent la roue d'arrêt 69 vue depuis la direction axiale, et les figures 23B et 24B illustrent la roue d'arrêt 69 vue depuis la direction radiale.

**[0178]** Comme représenté sur les figures 1 et 17, dans la cage externe 32, le pignon externe de cage 37 est en prise avec la roue dentée 26c du troisième mobile 26, de sorte que le force rotationnelle du barillet de mouvement 22 soit transmise à la cage externe 32 via le train d'engrenage avant. De plus, le cadre externe 34 s'efforce de tourner autour de l'axe de rotation L1 (voir la flèche Y1 à la figure 17).

**[0179]** Ensuite, la roue menante de roue d'arrêt 68 prévue sur le cadre externe 34 et en prise avec les dents 31a de la roue fixe 31 s'efforce de tourner (voir flèche Y2 à la figure 17), et la roue d'entourage de ressort à force constante 54 s'efforce de tourner (voir flèche Y3 à la figure 17). Le cadre externe 34 est configuré pour faire une rotation toutes les deux minutes (120 secondes).

**[0180]** A ce moment, lorsqu'une des deux palettes 78a et 78b de l'ancre d'arrêt 74 est en contact avec (engagé avec) la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69 tournant de manière solidaire avec la roue menante de roue d'arrêt 68, la roue menante de roue d'arrêt 68 et la roue d'arrêt 69 s'arrêtent. Donc, le cadre externe 34 et la roue d'armage de ressort à force constante 54 s'arrêtent.

**[0181]** Ici, comme représenté à la figure 10, la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69 et les deux palettes 78a et 78b de l'ancre d'arrêt 74 sont formées de façon à ce que le vecteur F1 de la charge (force de prise d'engrenage) appliquée lorsque les palettes 78a et 78b sont en contact avec la partie d'accrochage 72 est parallèle à l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79. Donc, il est possible d'empêcher le couple autour de l'arbre d'ancre d'arrêt 79 d'être autorisée à agir sur l'ancre

d'arrêt 74 en raison de la force de prise d'engrenage de la partie de crochet 72 de la roue d'arrêt 69 et les palettes 78a et 78b de l'ancre d'arrêt 74.

**[0182]** D'autre part, comme représenté à la figure 17, la cage interne 33 est soutenue rotativement par rapport à la cage externe 32, et est reliée cinématiquement à la cage externe 32 via le ressort à force constante 59. Donc, à la réception de la force de sollicitation du ressort à force constante 59, le châssis interne 90 tourne autour de l'axe de rotation L6 par rapport au cadre externe 34 (voir la flèche Y4 à la figure 17). A ce moment, le corps d'arbre 131 du mobile d'échappement 124, en prise avec la roue fixe menante d'échappement 47 de la cage externe 32, est entraîné en rotation.

**[0183]** Ici, le mobile d'échappement 124 constitue le mécanisme d'échappement 120, et il est incité à s'échapper constamment à un cycle fixe par l'ancre 125 et le balancier spiral 101. En d'autres termes, à cause de l'échappement du mobile d'échappement 124 à un cycle fixe, la cage interne 33 soutenant de manière rotative le mobile d'échappement 124 répète les phases de rotation et d'arrêt à cycles fixes.

**[0184]** Plus spécifiquement, le mobile d'échappement 124 tourne à une vitesse fixe de sorte que le châssis interne 90 peut faire une rotation par minute. En d'autres mots, le châssis interne 90 tourne une fois toutes les soixante secondes.

**[0185]** Donc, des exemples de la construction indiquant une „seconde“ en comprennent une dans laquelle ce qui correspond à une aiguille des secondes est aménagé du côté arrière de la surface périphérique externe de la roue fixe menante d'échappement 47 et dans laquelle un disque avec une échelle gravée est aménagé à la position correspondant à l'aiguille des secondes du châssis interne 90. Dans cette architecture, l'aiguille des secondes reste au repos, alors que l'échelle tourne dès lors que châssis interne 90 tourne, de sorte qu'il est possible d'afficher une „seconde“.

**[0186]** Le châssis interne 90 fait une rotation par minute, tandis que le mobile central 25 fait une rotation par heure.

**[0187]** Ici, par la rotation du châssis interne 90, la came triangulaire 151 intégrée au châssis interne 90 est également entraînée en rotation. Par l'intermédiaire de la rotation de la came triangulaire 151, l'ancre d'arrêt 74 de la cage externe 32 engagée avec cette came triangulaire 151 se balance autour de l'arbre d'ancre d'arrêt 79.

**[0188]** La came triangulaire 151 est configurée selon une forme destinée à provoquer à faire trois mouvements de va-et-vient de l'ancre d'arrêt 74 par minute selon un mouvement de balancier pour une révolution complète, de sorte que l'ancre d'arrêt 74 fait trois mouvements de va-et-vient de balancier par minute. En conséquence, la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69 et les palettes 78a et 78b sont engagées et désengagées mutuellement les unes des autres de manière répétée.

**[0189]** Plus spécifiquement, en supposant, par exemple, que parmi les deux palettes 78a et 78b de l'ancre d'arrêt 74, la palette de surface frontale 78b est engagée avec la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69. Lorsque, dans cet état, l'ancre d'arrêt 74 commence à se balancer suite à la rotation du châssis interne 90 (came triangulaire 151) comme représenté aux figures 23A et 23B, la palette frontale 78b se déplace pour être dégagée de la trajectoire rotationnelle de la partie d'accrochage 72. D'autre part (voir la flèche Y5 à la figure 23B), la palette arrière 78a se déplace en direction de la trajectoire rotationnelle de la partie d'accrochage 72 (voir la flèche Y6 à la figure 23B).

**[0190]** Ici, comme illustré en détail à la figure 23B, au moment où la palette frontale 78b est libérée de la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69, la palette arrière 78a est située sur la trajectoire rotationnelle de la partie d'accrochage 72. Donc, lorsque la palette frontale 78b est libérée de la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69, la roue d'arrêt 69 tourne jusqu'à ce que la palette de surface arrière 78a et la partie d'accrochage 72 soient engagées l'une avec l'autre la prochaine fois. Plus spécifiquement, le nombre de parties d'accrochage 72 formé sur la roue d'arrêt 69 est de trois, et les parties d'accrochage 72 sont agencées à des intervalles égaux, de sorte que la roue d'arrêt 69 tourne de 60 degrés.

**[0191]** Lorsque la roue d'arrêt 69 tourne, le cadre externe 34 tourne autour de l'axe de rotation L1 ; en outre, la roue d'armage de ressort à force constante 54 tourne. Ici, le diamètre du cercle primitif de la roue menante de roue d'arrêt 68 est déterminé pour être le même que le diamètre du cercle primitif de la roue d'armage de ressort à force constante 54. En outre, le nombre de dents de la denture 68a de la roue menante de roue d'arrêt 68 est fixé au même nombre que celui de dents de la denture 54a de la roue d'armage de ressort à force constante 54. Donc, lorsque la roue d'arrêt 69 tourne de 60 degrés, la roue d'armage de ressort à force constante 54 tourne également de 60 degrés.

**[0192]** La roue d'armage de ressort à force constante 54 est pourvue du support de piton 57 (piton 58), de sorte que, lorsque la roue d'armage de ressort à force constante 54 tourne, le piton 58 se déplace de manière solidaire avec lui. Par le mouvement du piton 58, le ressort à force constante 59 est remonté de 60 degrés. De plus, comme la roue d'arrêt 69 s'arrête à nouveau une fois le ressort à force constante 59, le cadre externe 34 s'arrête également. D'autre part, le châssis interne 90 tourne par rapport au cadre externe 34 dès qu'il subit la force de sollicitation du ressort à force constante 59 remonté. En répétant cela, la cage interne 33 et le mobile d'échappement 124 continuent à tourner à une vitesse fixe.

**[0193]** Plus spécifiquement, des changements liés au passage du temps dans le tourbillon avec le dispositif à force constante 30 seront décrits en référence aux figures 17 à 22.

**[0194]** Premièrement, lorsque 20 secondes se sont écoulées depuis l'état de la figure 17, le tourbillon avec dispositif à force constante 30 atteint l'état comme celui représenté à la figure 18. Lorsque 20 secondes de plus se sont écoulées (c'est-à-dire, lorsque 40 secondes se sont écoulées depuis l'état de la figure 17), le tourbillon avec dispositif à force constante 30 atteint l'état représenté à la figure 19.

**[0195]** Lorsque encore 20 autres secondes se sont écoulées (c'est-à-dire, lorsque 60 secondes se sont écoulées depuis l'état représenté à la figure 17), le tourbillon avec dispositif à force constante 30 atteint l'état représenté à la figure 20.

**[0196]** Lorsque encore 20 autres secondes de plus se sont écoulées (c'est-à-dire, lorsque 80 secondes se sont écoulées depuis l'état de la figure 17), le tourbillon avec dispositif à force constante 30 atteint l'état représenté à la figure 21. Lorsque encore 20 autres secondes de plus se sont écoulées (c'est-à-dire, lorsque 100 secondes se sont écoulées depuis l'état de la figure 17), le tourbillon avec dispositif à force constante 30 atteint l'état représenté à la figure 22. Et lorsque 120 secondes se sont écoulées, le cadre externe 34 fait une rotation complète pour revenir à nouveau à l'état de la figure 17.

**[0197]** Ici, la roue d'armage de ressort à force constante 54 prévue sur la cage externe 32 et la plaque de régulation de phase 153 prévue sur la cage interne 33 sont agencées pour être opposées l'une à l'autre. En outre, la goupille d'insertion 56 faisant saillie depuis la roue d'armage de ressort à force constante 54 et le trou oblong 154 de la plaque de régulation de phase 153 sont engagés l'une avec l'autre. De plus, en raison de cette architecture, l'angle rotationnel de la plaque de régulation de phase 153 par rapport à la roue d'armage à force constante 54 n'est pas décalé de 60 degrés ou plus. Donc, il est possible d'empêcher le ressort à force constante 59 d'être désarmé au-delà d'un degré prédéterminé.

**[0198]** De cette façon, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le tourbillon avec dispositif à force constante 30 est formé par la cage externe 32, et la cage interne 33 prévu pour être rotative par rapport à la cage externe 32. En outre, l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et l'axe de rotation L6 de la cage interne 33 sont orthogonaux l'un à l'autre. Donc, le balancier spiral 101 prévu dans la cage interne 33 peut être orienté dans toutes les directions, rendant possible de supprimer simultanément la différence d'inclinaison verticale et la différence d'inclinaison horizontale.

**[0199]** Par ailleurs, entre la cage externe 32 et la cage interne 33, le ressort à force constante 59 est agencé de telle sorte qu'il relie la cage externe 32 et la cage interne 33. De plus, les opérations d'engagement et de libération de la roue d'arrêt 69 prévues sur la cage externe 32 par rapport au dispositif d'arrêt 73 (ancre d'arrêt 74) sont effectués de manière répétée suite à la réception du mouvement de rotation de la cage interne 33. Donc, il est possible de conférer un couple d'entraînement en rotation à la cage interne 33 d'une manière stable sans requérir d'augmentation de taille du tourbillon avec dispositif à force constante 30.

**[0200]** En outre, grâce au fait que le ressort à force constante 59 agencé entre la cage externe 32 et la cage interne 33, et reliant la cage externe 32 et la cage interne 33, il est possible de conférer un couple d'entraînement en rotation à la cage interne 33 d'une manière stable. Le balancier spiral 101 subit une oscillation libre par l'intermédiaire de la transmission du couple rotationnel de la cage interne 33 au mobile d'échappement 124, de sorte que, lorsqu'un couple est conféré à la cage interne 33 d'une manière stable, il est possible de stabiliser l'angle d'oscillation du balancier spiral. Donc, il est possible d'améliorer de manière fiable la précision de la marche de la pièce d'horlogerie mécanique 1.

**[0201]** Le balancier spiral 101 prévu dans la cage interne 33 est agencé de sorte que son axe de rotation L7 croise l'axe de rotation L1 de la cage externe 32. Donc, il est possible d'empêcher la génération d'un espace inutile entre la cage externe 32 et la cage interne 33. Donc, il est possible d'atteindre de manière fiable une réduction de taille du tourbillon avec dispositif à force constante 30, et de réaliser une amélioration au niveau du design.

**[0202]** Par ailleurs, le centre de gravité du balancier spiral 101 est situé sur l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et sur l'axe de rotation L6 de la cage interne 33. Donc, il est possible de rendre difficile toute action de la force centrifuge sur le balancier spiral 101 en raison de la rotation des cages 32 et 33. En conséquence, il est possible de stabiliser le fonctionnement du balancier spiral 101.

**[0203]** En outre, le centre de gravité de la cage interne 33 est situé sur l'axe de rotation L6 de la cage interne 33. Donc, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage interne 33. En conséquence, il est possible d'améliorer le rendement du tourbillon avec dispositif à force constante 30, et d'améliorer la précision de la marche.

**[0204]** Le centre de gravité de la cage externe 32 est situé sur l'axe de rotation L1 de la cage externe 32. Donc, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage externe 32. En conséquence, l'armage du ressort à force constante 59 par la cage externe 32 peut être effectué de manière efficace, rendant possible la stabilisation de la quantité d'armage du ressort à force constante 59. Donc, il est possible d'améliorer le rendement du tourbillon avec dispositif à force constante 30, rendant possible d'améliorer la précision de la marche.

**[0205]** En outre, l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79 pour soutenir de façon oscillante l'ancre d'arrêt 74 est orthogonal à l'axe de rotation L4 de la roue d'arrêt 69. De plus, le deux palettes 78a et 78b de la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69 et de l'ancre d'arrêt 74 sont formées de telle sorte que le vecteur F1 de la charge (force de prise d'engrenage) appliquée dans l'état dans lequel les palettes 78a et 78b sont en contact avec la partie d'accrochage 72 est parallèle à l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79.

**[0206]** Ainsi, il est possible d'empêcher au couple d'entraînement en rotation agissant sur l'arbre d'ancre d'arrêt 79 d'agir sur l'ancre d'arrêt 74 en raison de la force de prise d'engrenage de la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69 et des palettes 78a et 78b de l'ancre d'arrêt 74. En conséquence, aucun couple d'entraînement en rotation excessive n'agit sur la cage interne 33 via la came triangulaire 151. Donc, il est possible de minimiser le couple rotationnel requis pour faire tourner la cage interne 33.

**[0207]** En outre, la roue d'armage de ressort à force constante 54 prévue sur la cage externe 32 et la plaque de régulation de phase 153 prévue sur la cage interne 33 sont agencées pour être opposées l'une à l'autre. En outre, la goupille d'insertion 56 faisant saillie depuis la roue d'armage de ressort à force constante 54 et le trou oblong 154 de la plaque de régulation de phase 153 sont engagées l'un avec l'autre. De plus, en raison de cette architecture, le décalage angulaire en rotation de la plaque de régulation de phase 153 par rapport à la roue d'armage de ressort à force constante 54 n'excède pas 60 degrés. Donc, il est possible d'empêcher le ressort à force constante 59 de se désarmer au-delà d'un degré prédéterminé. Donc, il est possible de conférer un couple d'entraînement en rotation à la cage interne 33 de manière stable.

**(Modification du premier mode de réalisation)**

**[0208]** Dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et l'axe de rotation L6 de la cage interne 33 sont orthogonaux l'un à l'autre. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative comme seule configuration possible; n'importe quelle autre construction dans laquelle l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et l'axe de rotation L6 de la cage interne 33 sont concourants fonctionnera également.

**[0209]** Par ailleurs, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le cadre externe 34 fait une rotation en 120 secondes. Ceci, cependant, ne devrait pas être compris de manière limitative comme étant la seule configuration possible.

**[0210]** Par exemple, il est possible d'inciter le cadre externe 34 à faire une révolution complète en 60 secondes en changeant la configuration de la came triangulaire 151 ou en prévoyant de manière séparée un amplificateur ou similaire. Dans le cas où le cadre externe 34 est incité à faire une rotation en 60 secondes, il est également possible d'indiquer la „seconde“ par le biais de l'aiguille des secondes prévue sur le cadre externe 34 et un cadran (non représenté).

**[0211]** Par ailleurs, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le cadre externe 34 est muni d'un pignon externe de la cage 37, et ce pignon externe de la cage 37 est en prise avec la roue dentée 26c du troisième mobile 26. De plus, le couple d'entraînement en rotation du barillet de mouvement 22 est transmis à la cage externe 32 via le train d'engrenage frontal. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative comme constituant le seul agencement possible; n'importe quelle autre configuration selon laquelle le cadre externe 34 demeure en prise avec l'une des roues dentées constituant le train d'engrenage frontal fonctionnera également. Par exemple, il est également possible de former une denture sur le cadre latéral 41 du cadre externe 34, mettant les dents de cette denture en prise avec une roue dentée du train d'engrenage frontal.

**[0212]** En outre, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, la roue fixe 31 est configurée substantiellement en forme de disque, et les dents 31a sont formées au niveau du bord périphérique du côté arrière (du côté de la platine 11). De plus, la roue d'armage de ressort à force constante 54 et la roue menante de roue d'arrêt 68 sont en prise avec ces dents 31a. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative comme étant la seule configuration possible; chacun des éléments choisis parmi la roue fixe 31, la roue d'armage de ressort à force constante 54, et la roue menante de roue d'arrêt 68 pourraient également être configurés pour former un engrenage de type conique, c'est-à-dire avec renvoi. Dans cette architecture, il est possible d'augmenter la zone de prise d'engrenage entre les roues dentées, de telle sorte qu'il est possible d'améliorer le rendement de la transmission.

**[0213]** En outre, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le balancier spiral 101 est agencé de telle sorte que son axe de rotation L7 croise l'axe de rotation L1 de la cage externe 32. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative comme étant la seule configuration possible ; les axes de rotation L1 et L7 peuvent ne pas se croiser complètement, et un écart plus ou moins grand est admis. En d'autres termes, il est seulement nécessaire que le balancier spiral 101 soit agencé de telle sorte que l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 soit situé dans le voisinage de l'axe de rotation L1 de la cage externe 32. Ceci est dû au fait qu'une erreur est en fait générée lors de la production et qu'un certain jeu est généré au niveau de la partie de montage de chaque composant. Même dans ce cas, le balancier spiral 101 est agencé substantiellement au centre de la cage interne 33, de telle sorte qu'il est possible d'empêcher la génération d'un espace inutile entre la cage externe 32 et la cage interne 33.

**[0214]** En outre, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le centre de gravité du balancier spiral 101 est situé dans l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et dans l'axe de rotation L6 de la cage interne 33. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative comme étant la seule configuration possible ; n'importe quelle autre construction selon laquelle le centre de gravité du balancier spiral 101 est situé sur au moins un parmi l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et l'axe de rotation L6 de la cage interne 33 fonctionnera également. Même dans le cas où le centre de gravité du balancier spiral 101 est situé sur l'un des axes parmi l'axe de rotation L1 de la cage externe 32 et l'axe de rotation L6 de la cage interne 33, il est possible d'empêcher la force centrifuge de la cage tournant autour de l'axe de rotation sur lequel le centre de gravité est situé d'agir sur le balancier spiral 101. Donc, il est possible de stabiliser le fonctionnement du balancier spiral 101.

**[0215]** En outre, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le nombre de dents de la roue fixe 31, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68, et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont fixés à des nombres qui sont mutuellement divisibles. On pourra cependant noter qu'il est souhaitable que le nombre de dents de la roue fixe 31, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68, et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 soient fixés à des nombres mutuellement indivisibles. En raison de cette

configuration, le balancier spiral 101 prendra plus de temps pour reprendre la même orientation dans la même position. Donc, il est possible de disperser l'influence de la force gravitationnelle, rendant possible d'éliminer de manière plus fiable la différence d'inclinaison horizontale, et de disperser l'exercice des contraintes appliquées sur l'arbre de balancier 103.

**[0216]** C'est-à-dire, par exemple, dans le cas où, comme dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le nombre de dents de la roue fixe 31, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68, et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont fixés sur des nombres mutuellement divisibles, les cycles de rotation des cages 32 et 33 sont également mutuellement divisibles. Dans ce cas, comme décrit en relation avec le changement lié au passage du temps dans le tourbillon avec dispositif à force constante 30 en référence aux figures 17 à 22, le balancier spiral 101 reprend la même orientation toutes les 120 secondes (chaque fois le cadre externe 34 fait une rotation).Ainsi, le balancier spiral 101 devient sujet à l'influence de la force gravitationnelle.

**[0217]** Cependant, lorsque le nombre de dents de la roue fixe 31, le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt 68, et le nombre de dents de la roue d'armage de ressort à force constante 54 sont fixés sur des nombres mutuellement indivisibles (lorsque les cycles rotationnels des cages 32 et 33 sont réglés sur des nombres mutuellement indivisibles), il le balancier spiral 101 prend plus longtemps pour reprendre la même orientation dans la même position. Donc, il est possible de disperser l'influence de la force gravitationnelle, rendant possible d'éliminer de manière plus fiable la différence d'inclinaison horizontale, et de disperser l'exercice des contraintes appliquées sur l'arbre de balancier 103.

**[0218]** En outre, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, l'ancre d'arrêt 74 de le dispositif d'arrêt 73 est formée en intégrant le corps d'ancre d'arrêt 75, la fourche 76, et la partie de liaison 77, et la fourche 76 est formée par le corps principal de fourche 76a fourchu, et le bras 76b à cheval sur l'extrémité proximale du corps principal de fourche 76a et la partie de liaison 77. De plus, le corps principal de fourche 76a est engagé avec la came triangulaire 151 prévue sur la cage 33. Cependant, la configuration de l'ancre d'arrêt 74 n'est pas restreinte à cela, et l'architecture suivante est donc acceptable.

**[0219]** La figure 25 est une vue en perspective d'une modification de l'ancre d'arrêt 74 selon le premier mode de réalisation. Les composants qui sont les mêmes que ceux du premier mode de réalisation sont indiqués par les mêmes numéros de référence, et sa description sera omise (Ceci s'applique également aux modes de réalisations suivant et les modifications qui s'y rapportent).

**[0220]** Comme représenté sur ce dessin, le corps principal de fourche 76a de l'ancre d'arrêt 74 possède, au niveau de ses extrémités distales, des équilibreurs 76d intégrés. Les équilibreurs 76d sont des poids formés du même matériau que l'ancre d'arrêt 74. Les équilibreurs 76d sont inclinés et s'étendent symétriquement du côté inverse l'un par rapport à l'autre en direction de leurs extrémités distales. En outre, les équilibreurs 76d présentent une forme effilée en direction de leurs extrémités distales.

**[0221]** Grâce aux équilibreurs 76d, le centre de gravité de l'ancre d'arrêt 74 dans son ensemble est situé sur l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79. Donc, il est possible d'empêcher la force gravitationnelle de l'ancre d'arrêt 74 d'affecter la force requise pour le balancement de l'ancre d'arrêt 74 en raison de la position relevée verticalement et de la position sans inclinaison horizontale de la pièce d'horlogerie mécanique 1. Donc, grâce à la modification de l'ancre d'arrêt 74 du premier mode de réalisation décrit ci-dessus, il est possible d'empêcher de changer la force nécessaire d'impulsion requise par la cage interne 33 (came triangulaire 151) pour faire balancer l'ancre d'arrêt 74.

**[0222]** Ici, le couple rotationnel de la cage interne 33 est transmis au mobile d'échappement 124, et le balancier spiral 101 subit une oscillation libre, de sorte que l'angle d'oscillation du balancier spiral n'est pas changé si le couple rotationnel de la cage interne 33 n'est pas changé. Donc, en raison des équilibreurs 76d, on empêche à la force requise pour le mouvement de balancier de l'ancre d'arrêt 74 de la cage interne 33 d'être changée, ce grâce à quoi il est possible d'améliorer de manière fiable la précision de la marche de la pièce d'horlogerie mécanique 1.

**[0223]** Dans la modification décrite ci-dessus du premier mode de réalisation, les équilibreurs 76d sont formés intégralement avec le corps principal de fourche 76a de l'ancre d'arrêt 74. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de façon limitative quant à la seule construction possible; les équilibreurs 76d peuvent en effet être formés séparément du corps principal de fourche 76a, et peuvent ensuite être montés au corps principal de fourche 76a. Dans ce cas, les équilibreurs 76d peuvent être chassés dans le corps principal de fourche 76a ; ou, par exemple, des vis ou similaires peuvent être formées sur le corps principal de fourche 76a et les balanciers 76d, et les balanciers 76d peuvent être montés manière amovible sur le corps principal de fourche 76a. En agençant les équilibreurs 76d de manière amovible sur le corps principal de fourche 76a, il est possible d'ajuster facilement la position gravitationnelle de l'ancre d'arrêt 74 par les équilibreurs 76d.

**(Deuxième mode de réalisation)**

**(Tourbillon avec dispositif à force constante)**

**[0224]** Dans ce qui suit, on décrira le deuxième mode de réalisation de cette invention en référence aux figures 26 et 27.

**[0225]** La figure 26 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante 230 selon le deuxième mode de réalisation depuis un côté, et la figure 27 est une vue en perspective du tourbillon avec un dispositif à force constante 230 selon le deuxième mode de réalisation depuis l'autre côté.

**[0226]** Ce deuxième mode de réalisation est identique au premier mode de réalisation décrit ci-dessus sur le fait que le tourbillon avec un dispositif à force constante 230 est inséré dans la pièce d'horlogerie mécanique 1, et est un mécanisme pour le contrôle de la rotation du train d'engrenage frontal (ceci d'applique également aux modes de réalisation suivants).

**[0227]** Le tourbillon avec dispositif à force constante 230 selon le deuxième mode de réalisation est équipé d'une cage externe 232, et d'une cage interne 233 prévue dans la cage externe 232 et ayant un axe de rotation L26 s'étendant dans une direction orthogonale à l'axe de rotation L21 de la cage externe 232. De plus, la cage interne 233 est munie du balancier spiral 101 et du mécanisme d'échappement 120.

**[0228]** Ici, dans la cage interne 233 du deuxième mode de réalisation, l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 sont définis comme étant confondus. Par rapport à cet aspect, ce mode de réalisation est considérablement différent du premier mode de réalisation décrit ci-dessus.

**[0229]** Par ailleurs, un cadre externe 234 de la cage externe 232 est formé pour être allongé dans la direction orthogonale à la direction arrière frontale de la platine 11 (voir les figures 1 et 2), et l'axe de rotation L21 de la cage externe 232 est également configuré pour s'étendre dans une direction orthogonale à la direction arrière frontale de la platine 11. Le pignon externe de cage 37 est agencé au niveau d'une partie d'extrémité dans la direction longitudinale du cadre externe 234, et est en prise avec une roue dentée du train d'engrenage frontal.

**[0230]** En outre, du côté de la platine 11 se trouve une roue fixe 231 du côté opposé à celui où se trouve le pignon externe de cage 37 de la cage externe 232. D'un autre côté, le cadre externe 234 est muni d'une roue libre 205 en engrenage avec les dents 231a de la roue fixe 231, et d'une roue d'armage de ressort à force constante 254 en prise avec la roue libre 205.

**[0231]** Ici, l'axe de rotation des dents 231a de la roue fixe 231 et l'axe de rotation de la roue libre 205 sont orthogonaux l'un par rapport à l'autre. Donc, la roue fixe 231 et la roue libre 205 peuvent être formées dans une configuration d'engrenage conique, c'est-à-dire avec renvoi. Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir que la roue libre 205 soit pourvue d'une roue dentée externe configurée pour tourner de manière solidaire avec elle et en prise avec la roue d'armage de ressort à force constante 254.

**[0232]** Dans cette configuration, lorsque le cadre externe 234 tourne, la roue libre 205 en prise avec la roue fixe 231 s'efforce de tourner tout en effectuant une révolution autour de la roue fixe 231. En outre, le couple d'entraînement en rotation de la roue libre 205 est transmis à la roue d'armage de ressort à force constante 254.

**[0233]** En outre, la cage externe 232 pourvu d'un plateau tournant 255 fixé à la roue d'armage de ressort à force constante 254 et configuré pour tourner de manière solidaire avec la roue d'armage de ressort à force constante 254. Ce plateau tournant 255 est muni de la roue d'arrêt 69. D'autre part, la cage interne 233 a des palettes (non représentées) qui peuvent être engagées avec et désengagées de la partie d'accrochage 72 de la roue d'arrêt 69. En outre, entre la cage externe 232 et la cage interne 233 est disposé un ressort à force constante (non représenté) qui relie cinématiquement la cage externe 232 et la cage interne 233. De plus, la cage interne 233 est actionnée en rotation par la force élastique de ce ressort à force constante.

**[0234]** Dans cette construction, lorsque la cage interne 233 est actionnée en rotation d'un angle prédéterminé (plus spécifiquement, six degrés dans ce deuxième mode de réalisation), l'engagement entre la roue d'arrêt 69 et les palettes est libéré, et la cage externe 232 est tournée d'un angle prédéterminé (plus spécifiquement, six degrés dans ce deuxième mode de réalisation). En conséquence, le ressort à force constante est remonté. En répétant cela, la cage interne 233 et le mécanisme d'échappement 120 continuent d'actionner le mouvement à une vitesse fixe.

**[0235]** Donc, dans le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, même si l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 sont configurés pour être confondus, il est possible d'obtenir le même effet que celui du premier mode de réalisation décrit ci-dessus.

**(Modification du deuxième mode de réalisation)**

**[0236]** Dans le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, l'axe de rotation L21 de la cage externe 232 et l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 sont orthogonaux l'un à l'autre. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative comme constituant la seule configuration possible; n'importe quelle autre construction sera adaptée aussi longtemps que l'axe de rotation L21 de la cage externe 232 et l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 sont concourants.

**[0237]** Par ailleurs, dans le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 sont configurés pour être confondus. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative non plus ; n'importe quelle autre configuration sera adaptée aussi longtemps que l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 sont parallèles l'un à l'autre.

**[0238]** En outre, l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 peut être agencé comme étant oblique par rapport à l'axe de rotation L26 de la cage interne 233. Ceci sera décrit en détail en référence aux figures 28 et 29.

**[0239]** La figure 28 est une vue en perspective d'une modification du tourbillon avec un dispositif à force constante 230 selon le deuxième mode de réalisation, et la figure 29 est une vue latérale de la modification du tourbillon avec dispositif à force constante 230 selon le deuxième mode de réalisation.

**[0240]** Comme représenté sur les figures 28 et 29, la cage interne 233 a un corps rotatif 261 soutenant de manière rotative la cage interne 233 par rapport à la cage externe 232.

**[0241]** Le corps rotatif 261 possède une base 261a prenant substantiellement la forme d'un disque. Une extrémité d'un arbre de balancier 203 est soutenue de manière rotative au centre dans la direction radiale de cette base 261a. En outre, la base 261a comprend, sur une surface 261c du côté opposé à celui où l'arbre de balancier 203 est soutenu et dans une position qui s'écarte de l'axe de l'arbre de balancier 203 (axe de rotation L7 du balancier spiral 101), un pivot 261b saillant. Le pivot 261b s'étend de manière oblique par rapport à l'axe de l'arbre de balancier 203. Le pivot 261b ainsi configuré est soutenu de manière rotative par un palier en pierre précieuse 235a prévu sur une portée de roulement 235 de la cage externe 232.

**[0242]** En d'autres termes, l'axe du pivot 261b constitue l'axe de rotation L26 de la cage interne 233, et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 est incliné par rapport à cet axe de rotation L26. La base 261a est également agencée de sorte que sa direction frontale est inclinée par rapport à l'axe de rotation L26.

**[0243]** D'autre part, un corps rotatif intermédiaire 262 est prévu du côté opposé au corps rotatif 261 de la cage interne 233. Ce corps rotatif intermédiaire 262 est agencé entre la cage externe 232 et la cage interne 233. De plus, le corps rotatif intermédiaire 262 est soutenu de manière rotative par rapport à la cage externe 232. En outre, le côté de la cage interne 233 opposé au corps rotatif 261 est soutenu de manière rotative par le corps rotatif intermédiaire 262.

**[0244]** Plus spécifiquement, le corps rotatif intermédiaire 262 comprend une partie de base 262a s'étendant parallèlement à la base 261a du corps rotatif 261. La roue d'arrêt 69, etc. sont agencées sur cette partie de base 262a. En outre, substantiellement au centre dans la direction frontale de la partie de base 262a se trouve un palier en pierre précieuse (non représenté), et un pivot inférieur 261 d de la cage interne 233 est soutenu de manière rotative par ce palier en pierre précieuse. Ce pivot inférieur 261d est agencé coaxialement avec l'arbre de balancier 203.

**[0245]** En outre, la partie de base 262a possède un arbre 262b faisant saillie hors d'une surface 262c du côté opposé à celui où un arbre de balancier 293 est soutenu, et dans une position décalée par rapport à l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101. L'arbre 262b s'étend de manière oblique par rapport à l'axe de l'arbre de balancier 203. L'arbre 262b ainsi construit est soutenu de manière rotative par un roulement à bille (non représenté) agencé sur une portée de roulement 236 de la cage externe 232.

**[0246]** En d'autres termes, l'axe de l'arbre 262b constitue l'axe de rotation L26 de la cage interne 233, et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 est incliné par rapport à cet axe de rotation L26. La partie de base 262a est également agencée de sorte que sa direction frontale est inclinée par rapport à l'axe de rotation L26.

**[0247]** Ici, lorsque, comme dans le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, une formation de deux cages est réalisée (la cage externe 232 et la cage interne 233), et l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 sont configurés pour être confondus, l'orientation dans laquelle le balancier spiral 101 est dirigé est restreinte.

**[0248]** Ainsi, comme dans la modification du deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 est incliné par rapport à l'axe de rotation L2 de la cage interne 233, ce grâce à quoi il est possible d'élargir l'orientation dans laquelle le balancier spiral 101 est dirigé. Ceci permet de supprimer simultanément la différence d'inclinaison verticale et la différence d'inclinaison horizontale.

**[0249]** Il est souhaitable que l'angle d'inclinaison $\theta$ de l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 par rapport à l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 soit de 45 degrés. En réglant l'angle d'inclinaison $\theta$ à 45 degrés, il est possible de supprimer la différence d'inclinaison verticale et la différence l'inclinaison horizontale plus efficacement. La raison pour cela est la suivante.

**[0250]** Même dans le cas où l'angle d'inclinaison $\theta$ est fixé à 45 degrés, il y a une limitation à l'orientation du balancier spiral 101 dans la cage interne 233. Cependant, lorsque la plage totale d'orientation du balancier spiral 101 dans le cas de relèvement vertical, et la plage totale d'orientation du balancier spiral 101 dans le cas du positionnement horizontal à plat sont prises en considération, le balancier spiral 101 doit être orienté dans toutes les directions. En d'autres mots, une direction du balancier spiral 101 et la fréquence d'orientation dans cette direction dans le cas d'une inclinaison verticale sont les mêmes que ceux dans le cas d'un positionnement complètement horizontal. Donc, il est possible d'éliminer l'erreur de précision de la marche générée entre une position complètement horizontal à et une position relevée verticalement.

**[0251]** En revanche, dans le cas où l'angle d'inclinaison $\theta$ est de moins que 45 degrés, même lorsque la plage totale d'orientation du balancier spiral 101 dans le cas d'un relèvement vertical, et la plage totale d'orientation du balancier spiral 101 dans le cas d'un positionnement horizontal à plat sont prises en considération, il existe une direction dans laquelle le balancier spiral 101 n'est pas orienté. C'est-à-dire, lorsque la plage totale d'orientation du balancier spiral 101 dans le cas d'un relèvement vertical, et la plage totale d'orientation du balancier spiral 101 dans le cas d'un positionnement horizontal à plat sont différentes l'une de l'autre. Donc, il est impossible d'éliminer l'erreur de précision de la marche générée entre

le positionnement horizontal à plat et la position relevée verticalement. Donc, il est désirable que l'angle d'inclinaison θ soit égal à 45 degrés.

**(Troisième mode de réalisation)**

**(Tourbillon avec un dispositif à force constante)**

**[0252]** Dans ce qui suit, on décrira le troisième mode de réalisation selon cette invention en référence aux figures 30 à 32.

**[0253]** La figure 30 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante 330 selon le troisième mode de réalisation depuis un côté, la figure 31 est une vue en perspective du tourbillon avec un dispositif à force constante 330 selon le troisième mode de réalisation depuis l'autre côté, et la figure 32 est une vue en perspective illustrant la relation positionnelle entre une roue d'arrêt 369 et un dispositif d'arrêt 373 selon le troisième mode de réalisation.

**[0254]** Comme illustré sur les figures 30 à 32, la différence entre le premier mode de réalisation décrit ci-dessus et le troisième mode de réalisation est la suivante : dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, l'axe de rotation L4 de la roue d'arrêt 69 et l'axe de pivotement de l'ancre d'arrêt 74 (l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79) sont orthogonaux l'un à l'autre, tandis que, dans le troisième mode de réalisation, l'axe de rotation L4 et l'axe de pivotement (l'axe L5 d'un arbre d'ancre d'arrêt 379) sont parallèles l'un à l'autre.

**[0255]** Plus spécifiquement, une roue d'arrêt 369 est agencée sur le côté interne du support de palier 51 dans la direction radiale d'un cadre externe 334. De plus, la roue d'arrêt 369 est agencée de sorte que son axe de rotation est confondu avec l'axe du support de palier 51 (roulement à bille 52).

**[0256]** En outre, une ancre d'arrêt 374 d'un dispositif d'arrêt 373 est formée séparément par les éléments suivants: un corps d'ancre d'arrêt 375 qui peut être engagé avec et désengagé de la roue d'arrêt 369, et une fourche 376 à engager avec une came triangulaire (non représentée en relation avec ce troisième mode de réalisation) prévue dans la cage interne 33.

**[0257]** Le corps d'ancre d'arrêt 375 et la fourche 376 sont agencés pour être opposés l'un à l'autre dans la direction radiale de la cage externe 332, et leurs côtés d'extrémité proximale respectifs sont chassés dans l'arbre d'ancre d'arrêt 379 et soutenus par ce dernier. De plus, entre le corps d'ancre d'arrêt 375 et la fourche 376, la roue d'arrêt 369, la roue d'armage de ressort à force constante 54, la plaque de régulation de phase 153, le ressort à force constante 59, et la came triangulaire 151 sont agencés dans cet ordre à partir du corps d'ancre d'arrêt 375.

**[0258]** D'autre part, l'arbre d'ancre d'arrêt 379 est soutenue de manière rotative par le palier 80 du cadre externe 334, et son axe L5 est parallèle à l'axe de rotation de la roue d'armage de ressort à force constante 54 (l'axe de rotation L4 de la roue d'arrêt 369).

**[0259]** Le corps d'ancre d'arrêt 375 est configuré substantiellement en forme de C vu depuis la direction de l'axe de rotation L4 de la roue d'arrêt 369. Plus spécifiquement, le corps d'ancre d'arrêt375 s'étend dans la direction arrière frontale de la platine 11 (voir les figures 1 et 2) depuis l'arbre d'ancre d'arrêt 379 le long de la direction périphérique de la roue d'arrêt 369; dans l'ensemble, il s'étend approximativement sur une moitié de cercle. Aux deux extrémités distales du corps d'ancre d'arrêt 375, des palettes 378a et 378b sont formées venant de matière avec le reste du corps d'ancre 375; ces palettes peuvent être engagées avec et respectivement désengagées de la partie d'accrochage72 de la roue d'arrêt 369.

**[0260]** Dans cette construction, lorsque la came triangulaire 151 tourne avec la rotation de la cage interne 33, la fourche 376 de l'ancre d'arrêt 374 engagée avec la came triangulaire 151 suit un mouvement de balancier autour de l'arbre d'ancre d'arrêt 379. En outre, le corps d'ancre d'arrêt 375 se balance également autour de l'arbre d'ancre d'arrêt 379. De plus, les palettes 378a et 378b du corps d'ancre d'arrêt 375 sont engagées avec et respectivement désengagées avec et de la partie d'accrochage 372 de la roue d'arrêt 369 de manière répétée.

**[0261]** Ici, la partie d'accrochage 372 de la roue d'arrêt 369 et les deux palettes 378a et 378b de l'ancre d'arrêt 374 sont agencées de telle sorte que le vecteur F31 de la charge (force de prise d'engrenage) appliquée dans l'état dans lequel les parties de palette 378a et 378b sont en contact avec la partie d'accrochage 372 qui passe sur l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 379.

**[0262]** Ainsi, selon le troisième mode de réalisation décrit ci-dessus, dans le cas où l'axe de rotation L4 de la roue d'arrêt 369 et l'axe de pivotement de l'ancre d'arrêt 374 (l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 379) sont parallèles l'un à l'autre, il est possible d'empêcher au couple d'entraînement en rotation exercé autour de l'arbre d'ancre d'arrêt 379 d'être autorisé à agir sur l'ancre d'arrêt 374 en raison de la force de prise d'engrenage entre la partie d'accrochage 372 de la roue d'arrêt 369 et les palettes 378a et 378b de l'ancre d'arrêt 374.

**[0263]** En conséquence, aucun couple d'entraînement en rotation excessive n'est appliquée à la cage interne 33 via la came triangulaire 151. Donc, il est possible de minimiser le couple requis pour faire tourner la cage interne 33.

**[0264]** En outre, il est possible d'agencer de manière coaxiale et d'intégrer la roue d'arrêt 369 et la roue d'armage de ressort à force constante 54, pour qu'il n'y ait pas besoin de prévoir la roue menante de roue d'arrêt 68 du premier mode de réalisation décrit ci-dessus. Donc, en comparaison avec le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, il est possible de réduire le nombre de composants du tourbillon avec dispositif à force constante 330.

**[0265]** En outre, le dispositif d'arrêt 373 (ancre d'arrêt 374) peut également être réduit en taille, et il n'y pas besoin de former l'ancre d'arrêt 374 dans une configuration en forme de L, de sorte qu'il est possible d'améliorer la rigidité de l'ancre d'arrêt 374.

**(Modification du troisième mode de réalisation)**

**[0266]** Dans le troisième mode de réalisation décrit ci-dessus, la roue d'arrêt 369 est agencée sur le côté interne du support de palier 51 dans la direction radiale du cadre externe 334, et son axe de rotation est confondu avec celui du support de palier 51 (roulement à bille 52). Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative en termes de configuration possible ; n'importe quelle autre construction demeure adéquate aussi longtemps que l'axe de rotation L4 de la roue d'arrêt 369 et l'axe de pivotement de l'ancre d'arrêt 374 (l'axe L5 de la tige d'ancre d'arrêt 379) sont substantiellement parallèles l'un à l'autre.

**[0267]** Dans le troisième mode de réalisation décrit ci-dessus, dans l'ancre d'arrêt 374 du dispositif d'arrêt 373, le corps d'ancre d'arrêt 375 et la fourche 376 sont réalisés en tant que composants séparés. De plus, le corps d'ancre d'arrêt 375 et la fourche 376 sont agencés pour être opposés l'un à l'autre dans la direction radiale de la cage externe 332, et leurs extrémités proximales respectives sont emmanchées à force dans et soutenues ensuite par l'arbre d'ancre d'arrêt 379. Cependant, les possibilités de construction pour l'ancre d'arrêt 374 ne sont pas restreintes à cela, et la construction suivante est également acceptable.

**[0268]** La figure 33 est une vue en perspective d'une modification de l'ancre d'arrêt 374 selon un troisième mode de réalisation.

**[0269]** Comme représenté sur le dessin, un équilibreur 380 est formé intégralement sur la fourche 376 de l'ancre d'arrêt 374, du côté opposé par rapport à l'arbre d'ancre d'arrêt 379. L'équilibreur 380 est un poids formé du même matériau que la fourche 376, et s'étend dans une direction orthogonale au bras 376b de la fourche 376 et l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 379. L'équilibreur380 comprend deux corps principaux de poids 380a agencés respectivement de chaque côté de l'arbre d'ancre d'arrêt 379. Chacun de ces corps principaux de poids 380a est formé comme un 1/4 de cercle vu depuis la direction de l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 379.

**[0270]** En prévoyant l'équilibreur 380, le centre de gravité de l'ancre d'arrêt 374 dans son ensemble est situé sur l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 379. Donc, il est possible d'empêcher la force gravitationnelle de l'ancre d'arrêt 374 d'affecter la force requise pour le balancement de l'ancre d'arrêt 74 en raison d'une élévation verticale et d'un positionnement horizontal à plat de la pièce d'horlogerie mécanique 1. Donc, selon cette modification de l'ancre d'arrêt 374 du troisième mode de réalisation décrit ci-dessus, il est possible d'empêcher que la force requise par la cage interne 33 (came triangulaire 151) pour faire balancer l'ancre d'arrêt 374 soit modifiée. Donc, il est possible d'améliorer de manière fiable la précision de la marche de la pièce d'horlogerie mécanique 1.

**[0271]** Dans la modification du troisième mode de réalisation décrit ci-dessus, l'équilibreur 380 est formé intégralement sur la fourche 376 de l'ancre d'arrêt 374. Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative en termes de configurations possibles; le balancier 380 pourrait également être formé indépendamment de la fourche 376, et monté à la fourche 376.

**[0272]** Dans ce cas, l'équilibreur 380 peut être emmanché à force dans la fourche 376 ; ou, par exemple, il est également possible de former une vis ou similaire sur la fourche 376 et l'équilibreur 380, en agençant le balancier 380 de manière amovible par rapport à la fourche 376. En agençant l'équilibreur 380 de manière amovible sur la fourche 376, il est possible d'ajuster facilement la position du centre de gravité de l'ancre d'arrêt 374 par l'équilibreur 380.

**[0273]** En outre, au lieu d'être formé sur la fourche 376, l'équilibreur380 peut être formé sur le corps d'ancre d'arrêt 375 de l'ancre d'arrêt 374. Autrement dit, n'importe quelle construction pourra convenir aussi longtemps que le centre de gravité de l'ancre d'arrêt 374 dans son ensemble est situé sur l'axe L5 de l'arbre d'ancre d'arrêt 79 par le balancier 380.

**(Quatrième mode de réalisation)**

**(Tourbillon avec un dispositif à force constante)**

**[0274]** Dans ce qui suit, le quatrième mode de réalisation de cette invention sera décrit en référence aux figures 34 et 35.

**[0275]** La figure 34 est une vue en perspective d'un tourbillon avec un dispositif à force constante 430 selon le quatrième mode de réalisation depuis un côté, et la figure 35 est une vue en perspective du tourbillon avec dispositif à force constante 430 selon le quatrième mode de réalisation depuis l'autre côté. Dans le quatrième mode de réalisation, les composants qui sont les mêmes que ceux du deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus sont indiqués par les mêmes numéros de référence, et sa description sera omise.

**[0276]** Comme représenté sur les figures 34 et 35, dans le tourbillon avec dispositif à force constante 430 selon le quatrième mode de réalisation, une troisième cage 404 est en outre ajouté au tourbillon avec dispositif à force constante 230 selon le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus.

**[0277]** Plus spécifiquement, la troisième cage 404 a un troisième cadre 406 formé pour entourer la cage externe 232 depuis l'extérieur. La construction de base du troisième cadre 406 est la même que celle de la cage externe 32 du premier mode de réalisation décrit ci-dessus.

**[0278]** En d'autres termes, le troisième cadre 406 est principalement composé d'un socle arrière 35, un socle avant 36, un cadre longitudinal 39 prévu pour être à cheval sur le socle arrière 35 et le socle avant 36, et un cadre latéral 41. Le socle arrière 35 est muni d'un pivot 35a. D'autre part, le socle avant 36 est muni d'un troisième pignon de cage 437, et un pivot 437a faisant saillie depuis le troisième pignon de cage 437.

**[0279]** De plus, le pivot 35a du socle arrière 35 est soutenu de manière rotative par le pont de cage côté arrière 24, et le pivot 437a du troisième pignon de cage 437 est soutenue de manière rotative par le pont de cage côté avant 23. En outre, le train d'engrenage avant est en prise avec le troisième pignon de cage 437, et le couple d'entraînement en rotation du train d'engrenage avant est transmise à la troisième cage 404 par le troisième pignon de cage 437.

**[0280]** La roue fixe 35 est située du côté avant de la troisième cage 404. Par ailleurs, le cadre latéral 41 du troisième cadre 406 est pourvu de deux paliers de cage externe 442a et 442b agencées l'un en face de l'autre, avec l'axe de rotation L8 du troisième cage 404 au centre. Les paliers de cage externe 442a et 442b servent à soutenir de manière rotative la cage externe 232, et sont équipées respectivement de paliers en pierre précieuse (non représentées).

**[0281]** Parmi les deux paliers de cage externe 442a et 442b, un premier palier de cage externe 442b (celui du côté de l'aiguille de droite à la figure 35) est pourvu, du côté de la surface interne, avec une roue fixe menante de cage externe 431. La roue fixe menante de cage externe 431 correspond à la roue fixe 231 du deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, et est agencée de manière coaxiale avec le palier en pierre précieuse (non représenté) du palier de cage externe 442b pour ne pas être en prise avec la roue fixe 31. En outre, au centre dans la direction radiale de la roue fixe menante de cage externe 431, une ouverture (non représentée) est pratiquée pour permettre l'insertion d'un pivot (non représenté) disposé à une extrémité dans la direction longitudinale de la cage externe 232. En conséquence, une extrémité longitudinale de la cage externe 232 est soutenue de manière rotative par un premier palier de cage externe 442b.

**[0282]** Au niveau de l'autre extrémité longitudinale de la cage externe 232 (l'extrémité droite sur la figure 34) est disposée une roue menante de cage externe 405. Cette roue menante de cage externe 405 est intégrée au cadre externe 234. En outre, au centre dans la direction radiale de la roue menante de cage externe 405, un pivot (non représenté) fait saillie. Ce pivot est soutenu de manière rotative par l'autre palier de cage externe 442a. De cette façon, dans la troisième cage 404, la cage externe 232 est agencée de telle sorte que son axe de rotation L21 est orthogonal à l'axe de rotation L8 de la troisième cage 404. En outre, la roue menante de cage externe 405 est en prise avec la roue fixe 31.

**[0283]** Selon cette architecture, lorsque la cage interne 233 est entraîné en rotation d'un angle prédéterminé, et que l'engagement entre la roue d'arrêt 69 prévue sur la cage externe 232 et la palette prévue sur la cage interne 233 est libéré, la troisième cage 404 tourne d'un angle prédéterminé. Lorsque la troisième cage 404 tourne, la cage externe 232 tourne autour de l'axe de rotation L8 de la troisième cage 404. A ce moment-là, la roue menante de cage externe 405 de la cage externe 232 est en prise avec la roue fixe 31, de sorte que la cage externe 232 tourne autour de l'axe de rotation L21 de la cage externe 232 tout en tournant autour de l'axe de rotation L8 de la troisième cage 404.

**[0284]** Ensuite, la roue libre 205 en prise avec la roue fixe menante de cage externe 431 prévue sur la troisième cage 404 tourne tout en effectuant une révolution autour de la roue fixe menante de cage externe 431. En outre, la roue d'armage de ressort à force constante 254 en prise avec la roue libre 205 tourne pour enrouler un ressort à force constante (non représenté). En répétant cela, la cage interne 233 et le mécanisme d'échappement 120 continuent d'actionner le mouvement à une vitesse fixe.

**[0285]** Ici, lorsque, comme dans le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, l'axe de rotation L26 de la cage interne 233 et l'axe de rotation L7 du balancier spiral 101 sont configurés pour être confondus tout en formant un système à deux cages (la cage externe 232 et la cage interne 233), il y a une limitation à la direction dans laquelle le balancier spiral 101 est orienté.

**[0286]** Cependant, dans ce quatrième mode de réalisation, la troisième cage 404 est en outre prévu en plus des deux cages 232 et 233 du deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, et l'axe de rotation L8 de la troisième cage 404 et l'axe de rotation L21 de la cage externe 232 sont orthogonaux l'un à l'autre, ce grâce à quoi il est possible d'orienter le balancier spiral 101 dans toutes les directions.

**[0287]** En outre, dans le deuxième mode de réalisation décrit ci-dessus, afin de mettre le pignon externe de cage 37 et une roue dentée du train d'engrenage frontal en prise l'un avec l'autre, il est nécessaire d'agencer la roue dentée orthogonalement aux autres roues dentées du train d'engrenage avant; en outre, de soutenir de manière rotative la cage externe 232, il est nécessaire d'effectuer un usinage sur la platine 11, etc. Cependant, en raison de la configuration du quatrième mode de réalisation, il est possible de mettre une roue dentée du train d'engrenage avant en prise avec le troisième pignon de cage 437, avec toutes les roues dentées du train d'engrenage avant orientées dans la direction ordinaire. En outre, la troisième cage 404 peut être soutenu de manière rotative par le pont de cage avant 23 et le pont de cage arrière 24 (voir la figure 2).

**[0288]** La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus mais permet différentes modifications des modes de réalisation ci-dessus sans s'écarter du champ d'application de l'esprit de l'invention.

**[0289]** Par exemple, les constructions des premier au quatrième modes de réalisation décrits ci-dessus (incluant les modifications des modes de réalisation) peuvent être combinées de manière arbitraire les unes aux autres.

**[0290]** En outre, dans les premier au troisième modes de réalisation décrits ci-dessus, le tourbillon avec dispositif à force constante 30, 230, 330 est composé de deux cages (la cage externe 32, 232, 332 et la cage interne 33, 233), et, dans le quatrième mode de réalisation décrit ci-dessus, le tourbillon avec dispositif à force constante 430 est composé de trois cages (la cage externe 232, la cage interne 233, et la troisième cage 404).

**[0291]** Ceci, cependant, ne devrait pas être interprété de manière limitative en termes de configuration possible ; le tourbillon avec dispositif à force constante peut être composé de quatre cages ou plus. Également dans ce cas, n'importe quelle autre configuration serait acceptable aussi longtemps que le ressort à force constante 59 est disposé entre au moins deux cages adjacents, et les axes de rotation d'au moins deux cages sont concourants.

**[0292]** En outre, dans le cas où le tourbillon avec dispositif à force constante est formé par quatre cages ou plus, il est souhaitable de disposer le ressort à force constante 59 entre les deux cages adjacentes les plus proches du balancier spiral 101. Grâce à un tel agencement, il est possible de conférer un couple d'entraînement en rotation de manière stable à la cage dans lequel le balancier spiral 101 est disposé. En conséquence, il est possible de supprimer toute fluctuation de l'angle d'oscillation du balancier spiral 101.

## Revendications

1. Mécanisme de stabilisation de fréquence comprenant :
une pluralité de cages entrelacées et agencées rotativement les unes par rapport aux autres;
un ressort à force constante (59) disposé entre une première et une deuxième cages adjacentes parmi la pluralité de cages, et qui est configuré pour conférer un couple à la deuxième cage de telle sorte que cette deuxième cage tourne par rapport à la première cage
une roue d'arrêt (69) prévue sur une desdites cages ; et
un dispositif d'arrêt (73) configuré pour réaliser des opérations d'engrènement et de libération sur la roue d'arrêt (69) suite à la rotation de l'autre cage,
dans lequel les axes rotationnels d'au moins deux parmi la pluralité de cages sont concourants.

2. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 1, dans lequel le dispositif d'arrêt (73) et un mécanisme d'échappement/régulateur (120) sont disposés dans la première cage.

3. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 2, dans lequel deux cages formant ladite pluralité de cages sont prévues;
la force d'entraînement d'un train d'engrenage est transmise à une dite cage externe, et la roue d'arrêt (69) est prévue sur la cage externe (32) ; tandis que
le dispositif d'arrêt (73) et le mécanisme d'échappement/régulateur (120) sont prévus dans une dite cage interne (33).

4. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 3, dans lequel le mécanisme d'échappement/régulateur (120) est équipé de:
un mobile d'échappement (124) configuré pour tourner sur la cage interne (33) avec la rotation de la cage interne (33), et
un balancier spiral (101) configuré pour tourner et osciller sur la cage interne (33) suite à la rotation du mobile d'échappement (124); et
le balancier spiral (101) est agencé de sorte que l'axe de rotation du balancier spiral (101) et l'axe de rotation de la cage externe (32) sont concourants.

5. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 4, dans lequel l'axe de rotation de la cage interne (33) et l'axe de rotation du balancier spiral (101) sont concourants.

6. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 4 ou 5, dans lequel le centre de gravité du balancier spiral (101) est situé sur au moins un des axes de rotation parmi l'axe de rotation de la cage interne (33) et l'axe de rotation de la cage externe (32).

7. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 3 à 6, dans lequel le centre de gravité de la cage interne (33) est situé sur l'axe de rotation de la cage interne (33).

8. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 3 à 7, dans lequel le centre de gravité de la cage externe (32) est situé sur l'axe de rotation de la cage externe (32).

9. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 3 à 8, dans lequel le dispositif d'arrêt (73) est équipé de:
un bras pivotant agencé sur la cage externe (32) et configuré pour basculer suite à la rotation de la cage interne (33), et
une palette disposée sur le bras et capable d'être engagée avec et dégagée de la roue d'arrêt (69) ;
l'axe de pivotement du bras est réglé dans une direction croisant l'axe de rotation de la roue d'arrêt (69); et

le réglage est fait de manière à ce que le vecteur d'une force de prise d'engrenage générée lorsque la roue d'arrêt (69) et la palette sont engagées l'une avec l'autre s'étend le long de la direction de l'axe de pivotement du bras.

10. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 3 à 8, dans lequel le dispositif d'arrêt (73) est équipé de:
un bras pivotant agencé sur la cage externe (32) et configuré pour basculer suite à la rotation de la cage interne (33), et une palette prévue sur le bras et capable d'être engagée avec et dégagée de la roue d'arrêt (69) ;
l'axe de pivotement du bras est fixé de manière à s'étendre le long de l'axe de rotation de la roue d'arrêt (69) ; et
le réglage est fait de manière à ce que le vecteur d'une force de prise d'engrenage générée lorsque la roue d'arrêt (69) et la partie de palette sont engagées l'une avec l'autre croise l'axe de pivotement du bras.

11. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 9 ou 10, dans lequel le bras est équipé d'un équilibreur; et
le centre de gravité du bras est situé sur l'axe de pivotement du bras.

12. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel se trouve une partie de régulation régulant le degré de rotation relative de deux cages reliées l'une à l'autre par le ressort à force constante (59).

13. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 12, dans lequel, parmi les deux cages reliés cinématiquement par le ressort à force constante (59), la cage externe (32) est munie d'une roue d'armage de ressort à force constante (54) pour armer le ressort à force constante (59) ;
la roue d'armage de ressort à force constante (54) est munie d'une plaque de régulation (153) ;
parmi les deux cages reliées l'une à l'autre par le ressort à force constante (59), la cage interne (33) est pourvue d'une goupille d'insertion (56) qui peut être engagée dans un trou oblong (154) de la plaque de régulation (153); et
la plaque de régulation (153) pourvue du trou oblong (154) et la goupille d'insertion (56) constituent ladite partie de régulation.

14. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel les cycles de rotation respectifs de la pluralité de cages sont réglés sur des nombres entiers mutuellement indivisibles.

15. Mécanisme de stabilisation de fréquence selon la revendication 14, comprenant :
une roue fixe (31) prévue séparément de la pluralité de cages ; et
une roue menante de roue d'arrêt (68) fixée de manière solidaire à la roue d'arrêt (69) et en prise d'engrenage avec la roue fixe (31),
dans lequel le nombre de dents de la roue fixe et le nombre de dents de la roue menante de roue d'arrêt (68) sont réglés à des nombres entiers mutuellement indivisibles.

16. Mouvement (10) équipé d'un mécanisme de stabilisation de fréquence selon l'une des revendications 1 à 15.

17. Pièce d'horlogerie mécanique (1) équipée d'un mouvement (10) selon la revendication 16.

FIG. 1

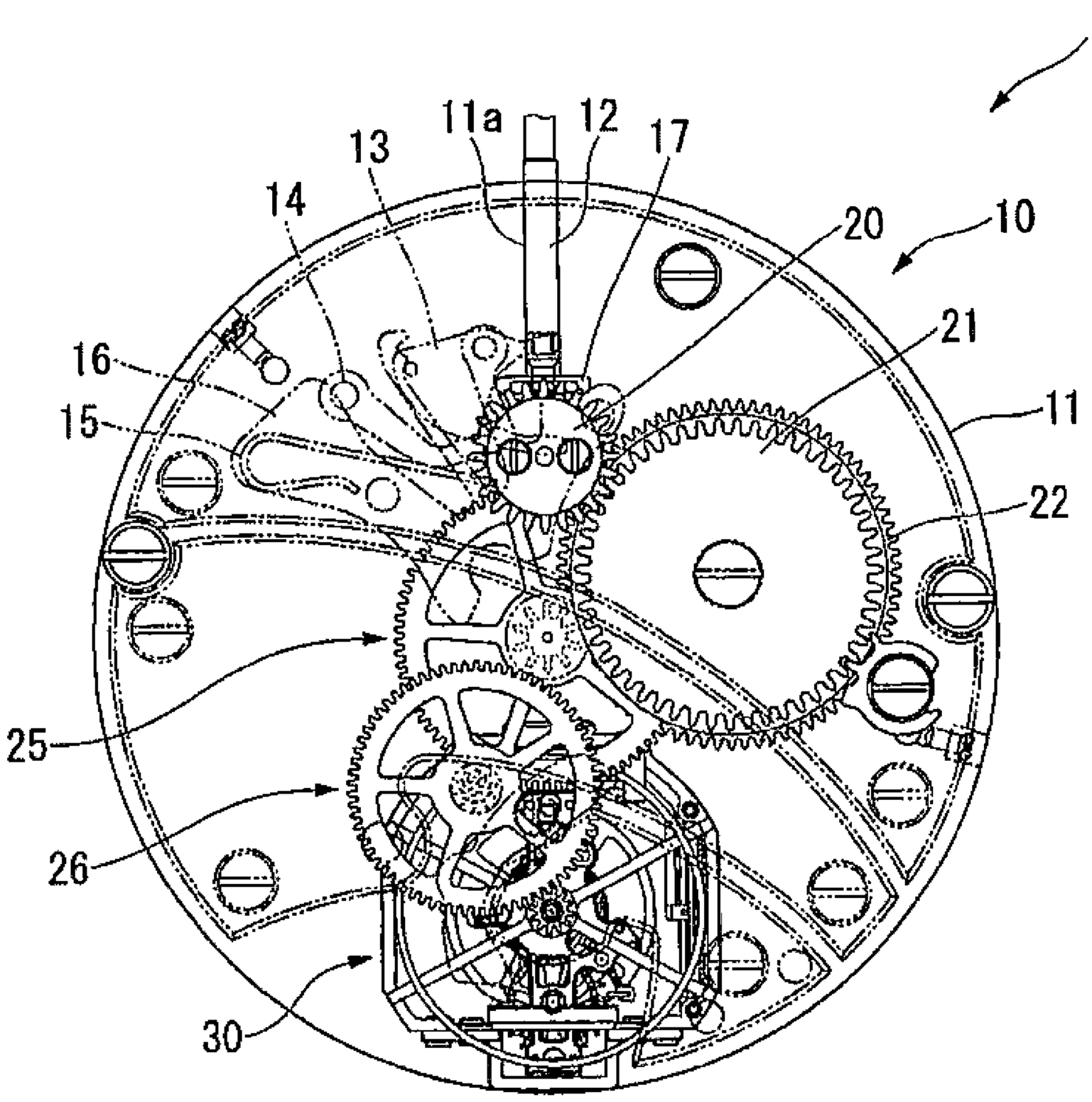
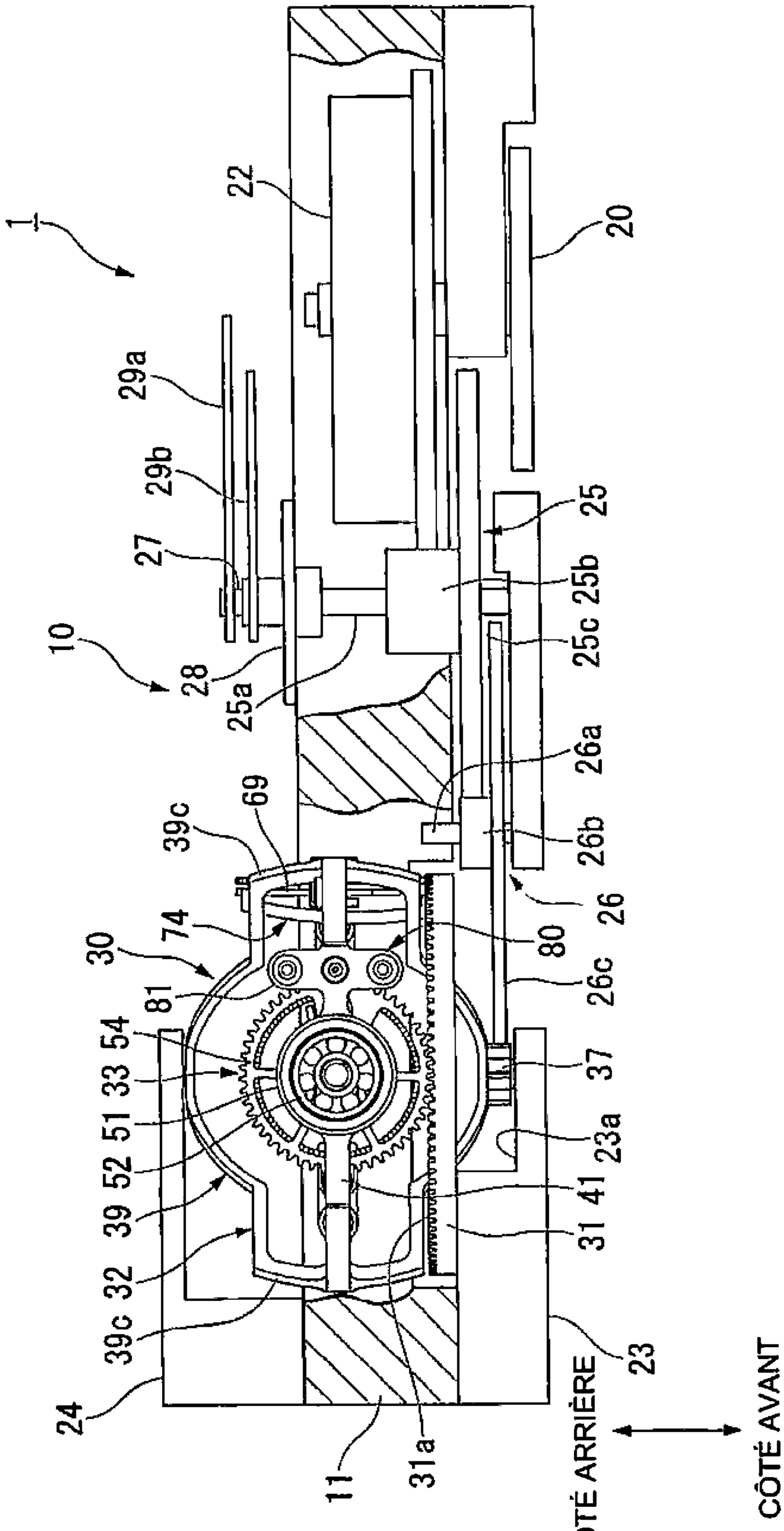


FIG. 2


1
22
20
29a
29b
27
25
25b
25c
10
28
25a
26a
69
39c
26b
26
74
80
30
26c
81
54
37
33
51
23a
52
41
39
31
32
23
24
11
31a
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

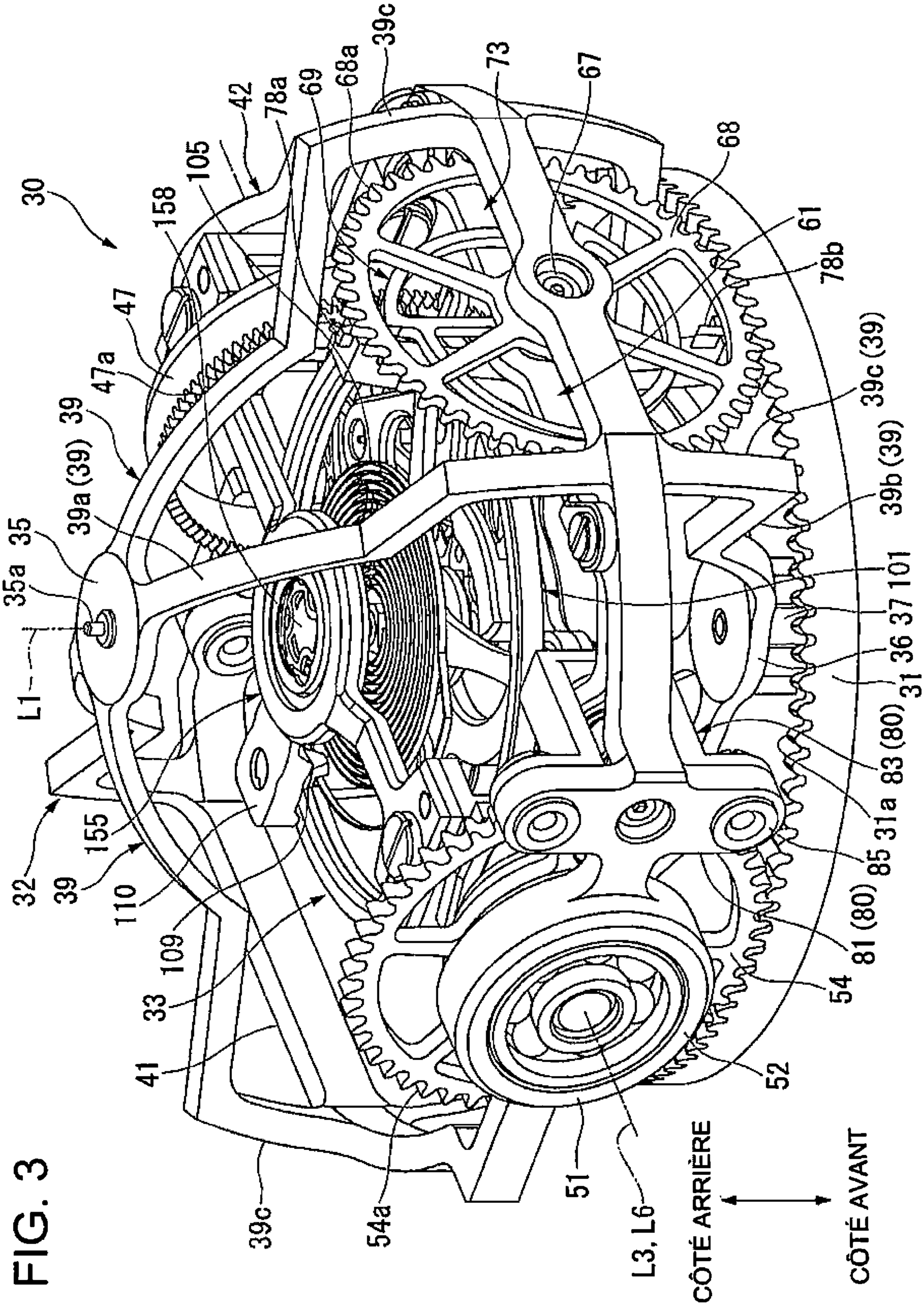

30
158
105
42
78a
69
68a
39c
73
67
68
61
78b
39c (39)
39b (39)
101
37
36
31
83 (80)
85
31a
81 (80)
54
52
47
47a
39
39a (39)
35
35a
L1
32
39
155
110
109
33
41
51
L3, L6
39c
54a
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 3

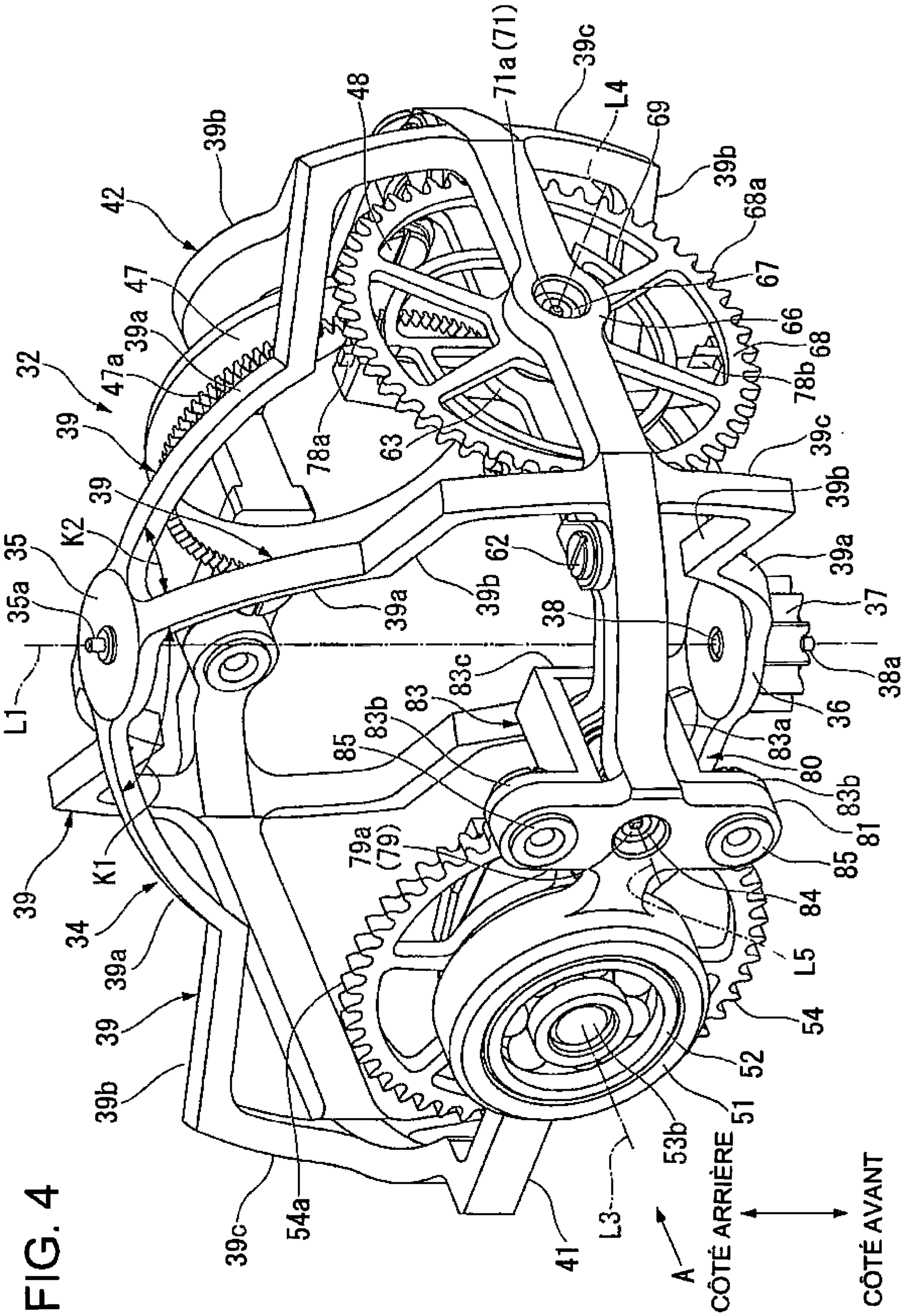

42
39b
48
71a (71)
39c
L4
69
39b
68a
67
66
68
78b
47
39a
47a
32
39
78a
63
39c
39b
39a
62
39b
38
37
38a
36
35
K2
35a
L1
39
39
39
83c
83
83b
85
83a
80
83b
81
85
79a
(79)
84
L5
54
52
51
53b
39
K1
34
39a
39
39b
39c
54a
41
L3
A
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 4

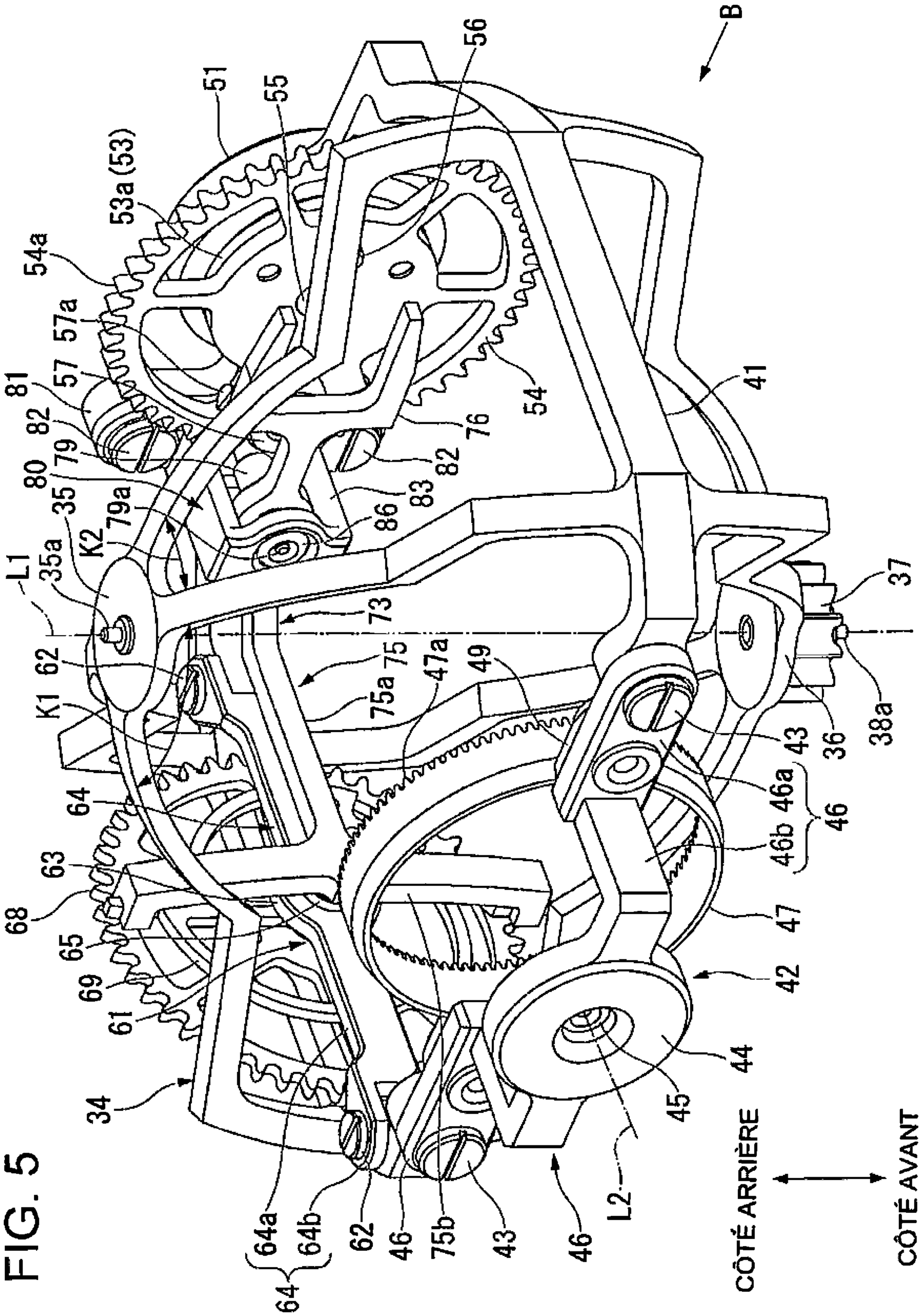

B
56
51
55
53a (53)
54a
57a
57
81
82
79
80
35
79a
K2
35a
L1
62
K1
64
63
68
65
69
61
34
54
76
82
83
86
41
73
75
75a
47a
49
37
38a
36
43
46a
46b
46
47
42
44
45
64a
64b
64
62
46
75b
43
46
L2
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 5

FIG. 6

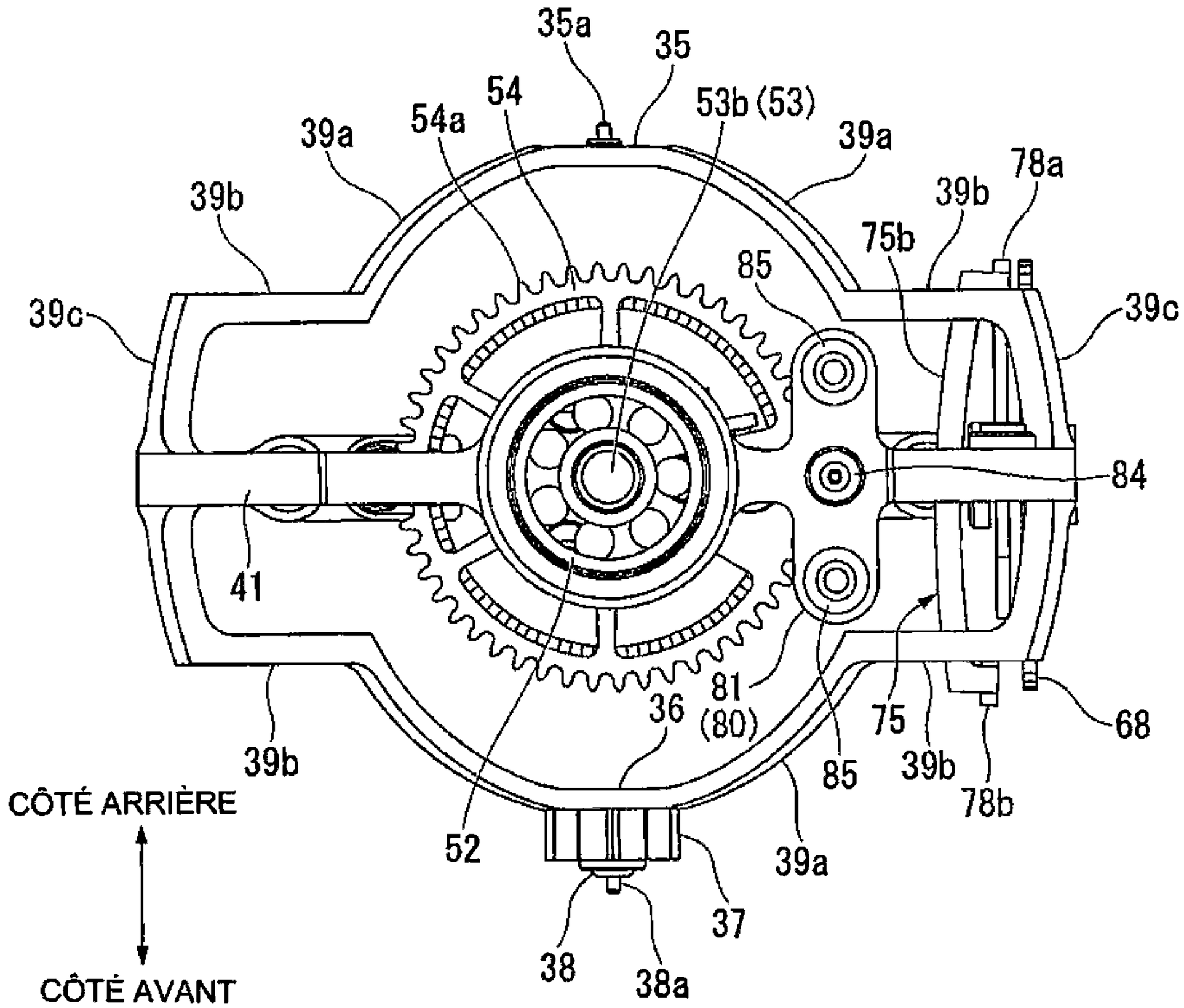

35a
35
54
53b (53)
54a
39a
39a
39b
78a
39b
75b
85
39c
39c
84
41
81
(80)
36
75
68
39b
85
39b
78b
52
39a
37
38
38a
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 7

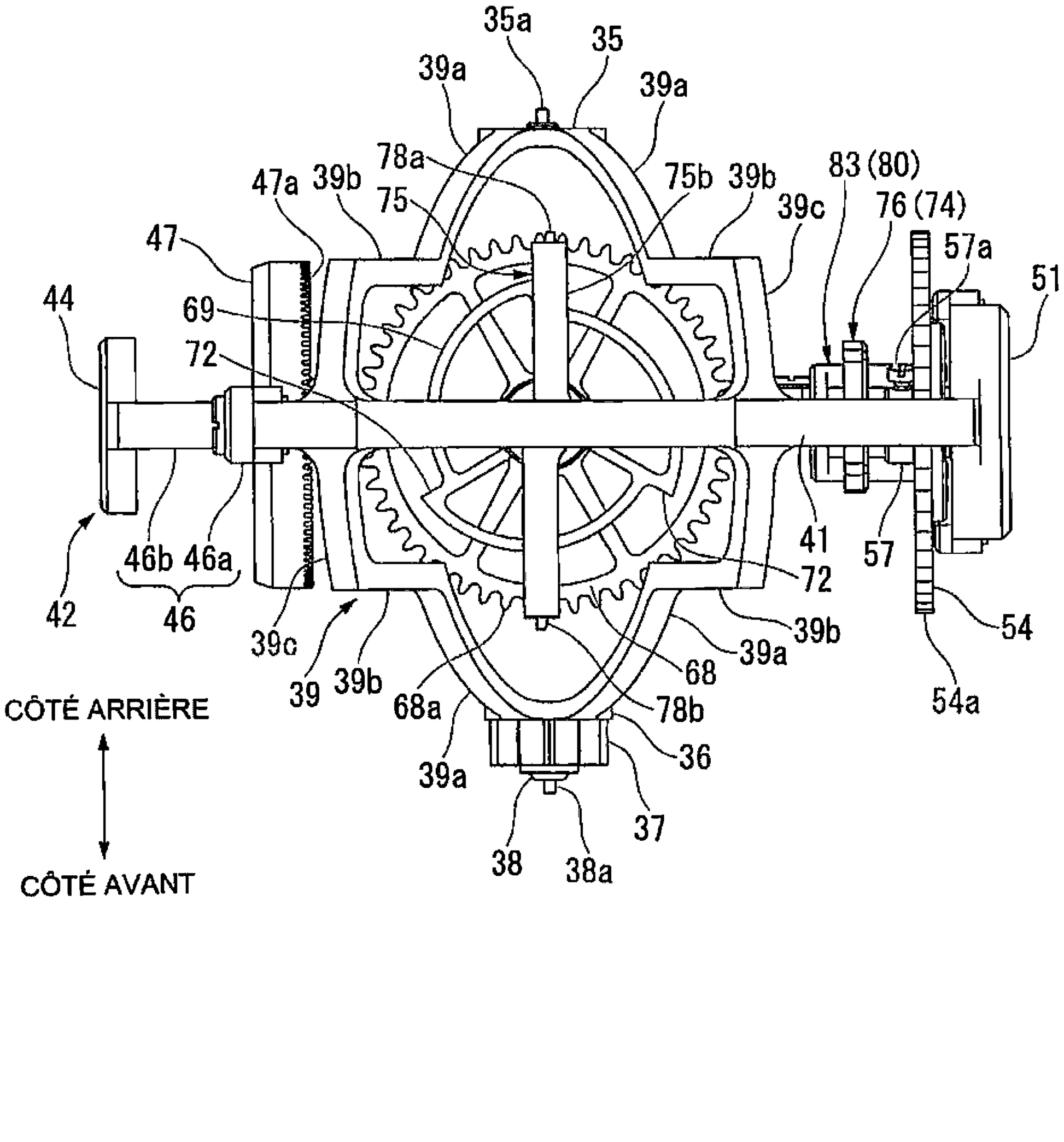

35a
35
39a
39a
78a
47a
39b
75
75b
39b
83 (80)
76 (74)
39c
57a
47
51
44
69
72
41
57
72
46b
46a
46
42
39c
39
39b
39b
68
39a
68a
78b
54
54a
CÔTÉ ARRIÈRE
39a
36
37
38
38a
CÔTÉ AVANT

FIG. 8

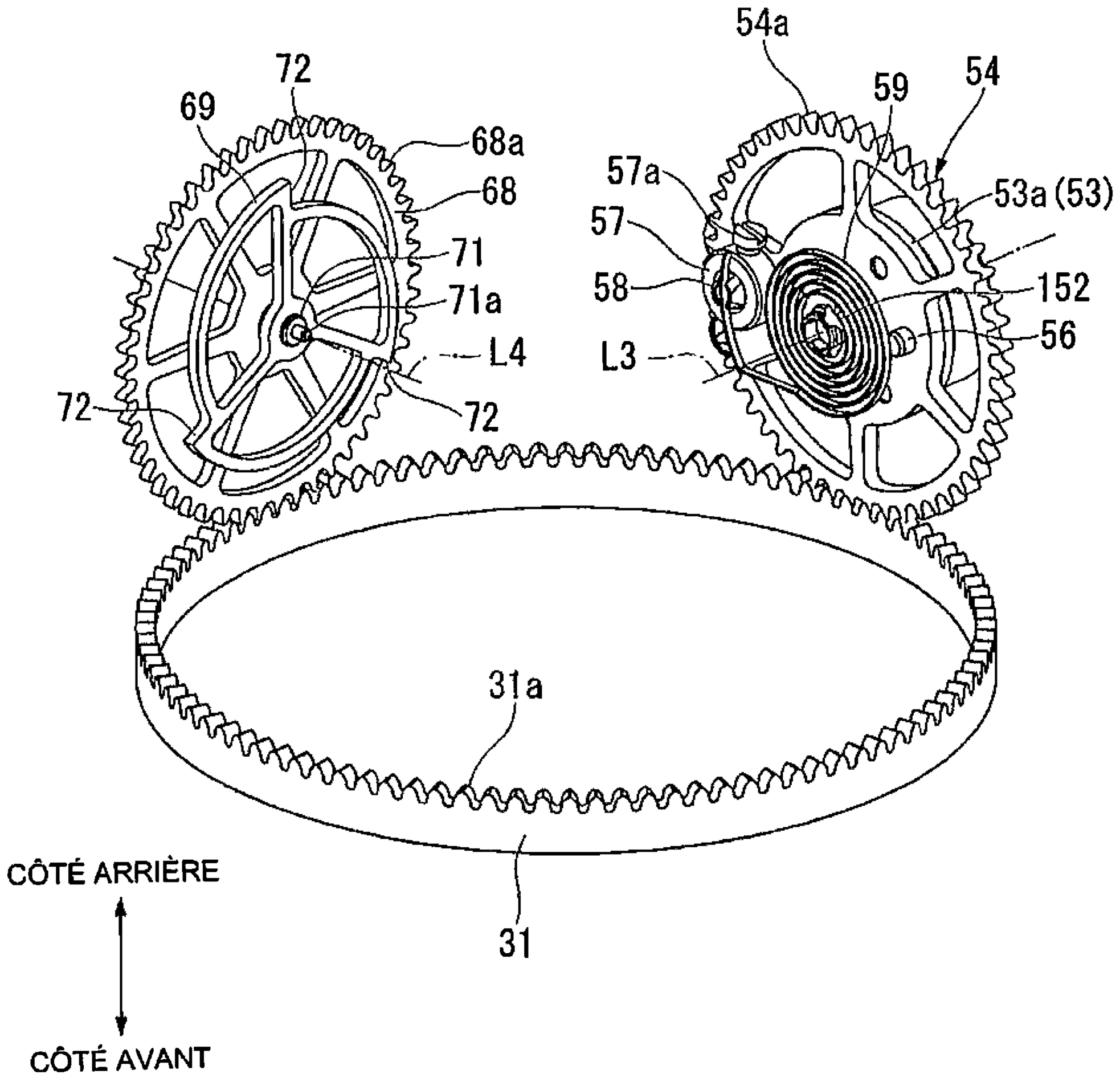

72
69
68a
68
71
71a
L4
72
72
54a
59
54
57a
57
58
L3
53a (53)
152
56
31a
31
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 9

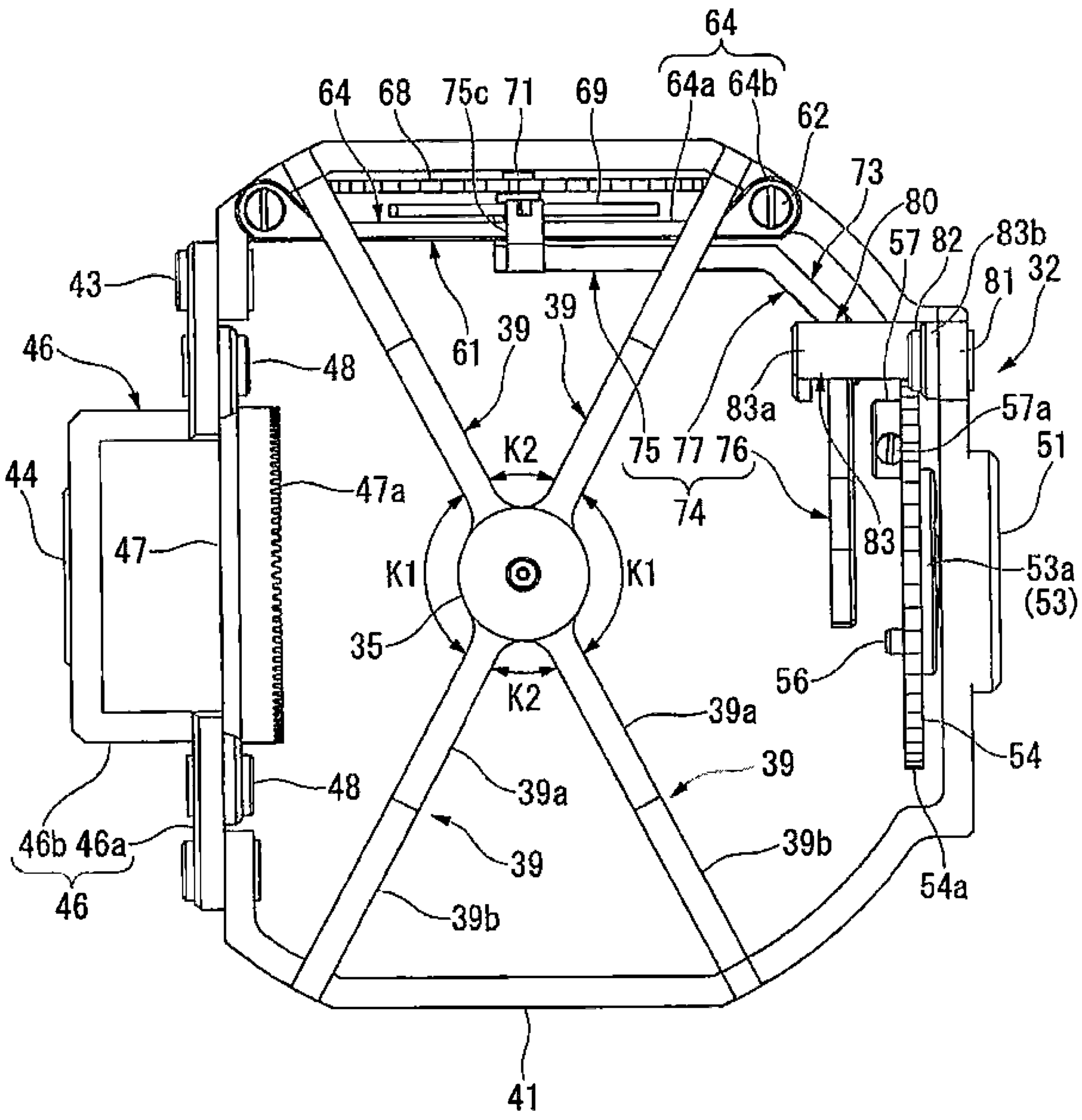
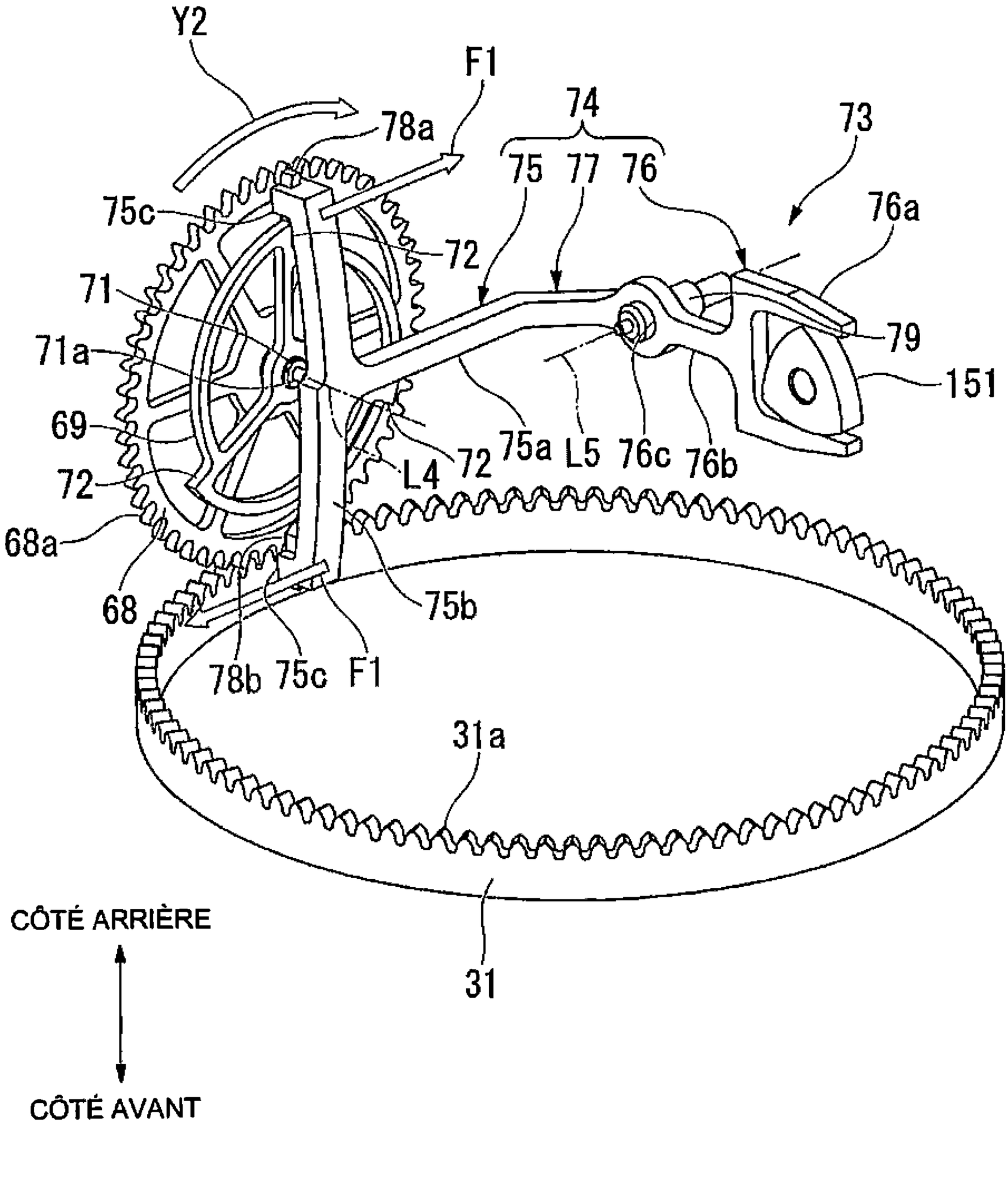

64
64
64a 64b
62
64 68 75c 71 69
73
80
57 82
83b
81
32
43
39
39
61
46
48
83a
57a
51
K2
75 77 76
74
44
47a
47
K1
K1
83
53a
(53)
35
56
K2
39a
54
39
48
39a
46b 46a
46
39
39b
54a
39b
41

FIG. 10


Y2
F1
74
78a
75 77 76
73
75c
72
76a
71
71a
79
151
69
72
75a L5 76c 76b
L4
72
68a
68
75b
78b 75c F1
31a
31
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

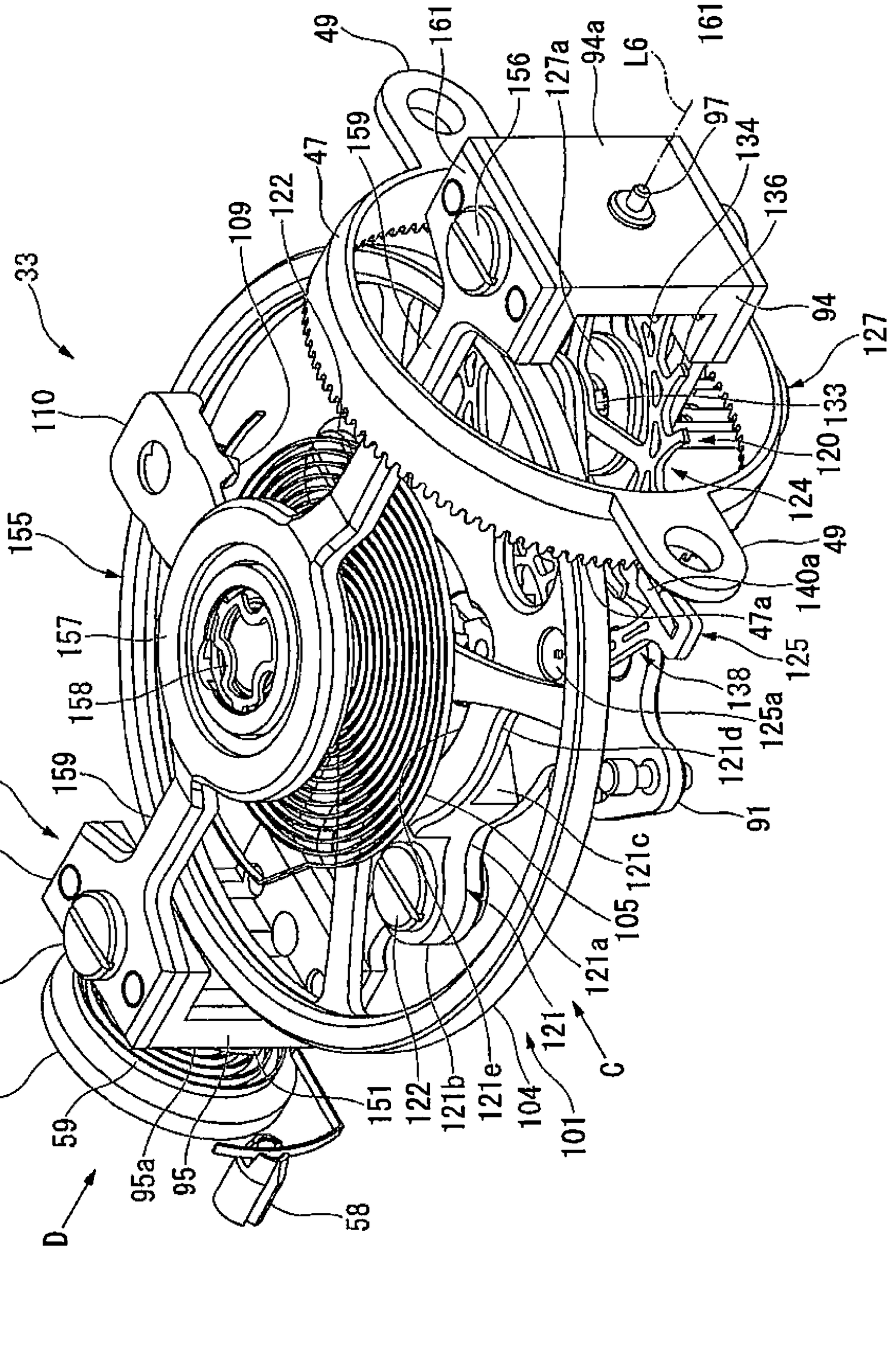

33
110
155
157
158
159
161
90
156
153
59
95a
95
58
D
151
122
121b
121e
104
121
101
C
121a
105
121c
121d
125a
91
138
125
47a
140a
49
124
120
133
127
94
134
136
97
L6
94a
127a
156
159
47
122
109
161
49

FIG. 11

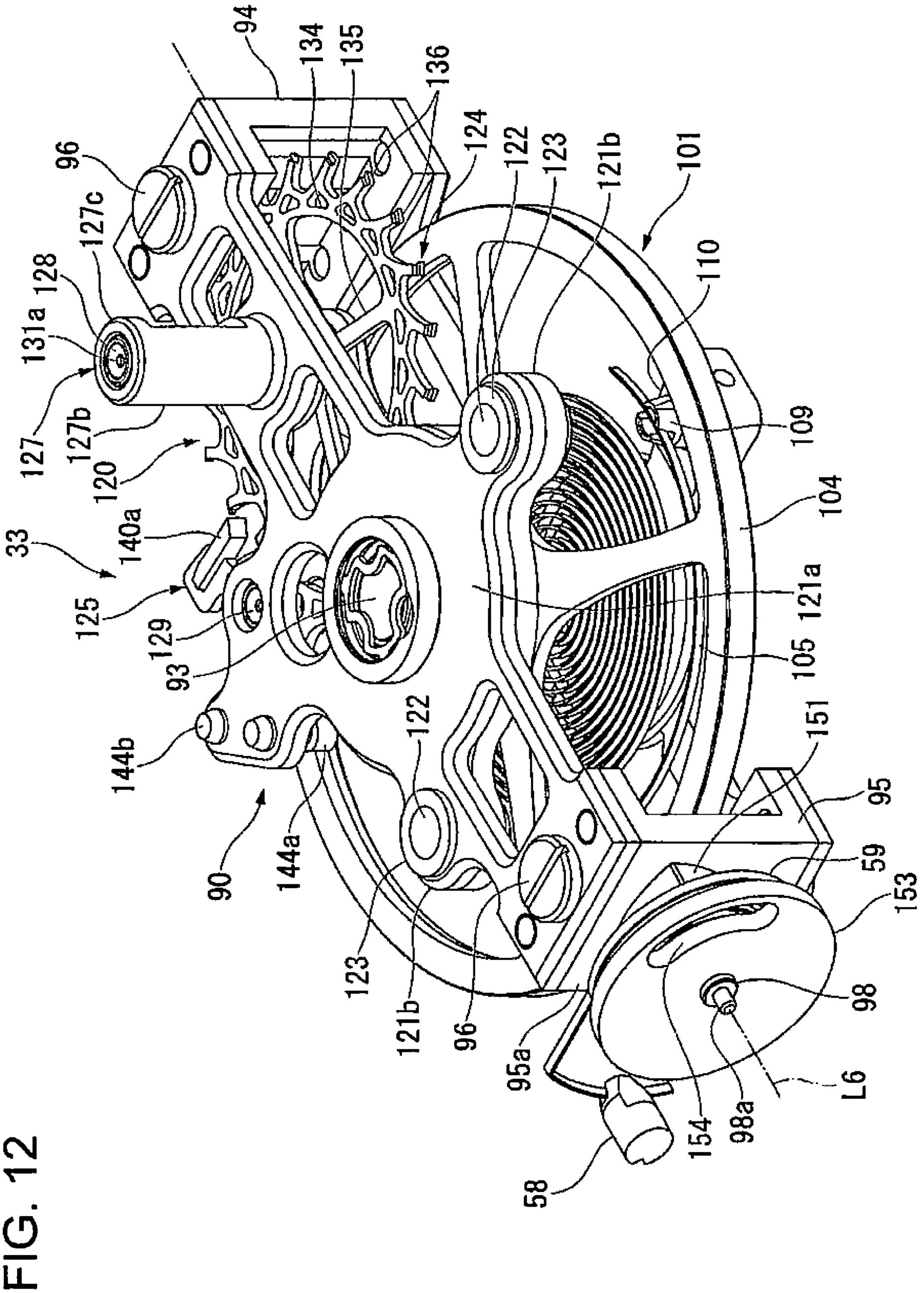

94
134
135
136
96
124
122
123
121b
101
127c
128
131a
110
127
127b
109
120
104
33
140a
121a
125
129
105
93
122
151
144b
95
144a
59
90
153
123
121b
96
98
95a
L6
154
98a
58

FIG. 12

FIG. 13

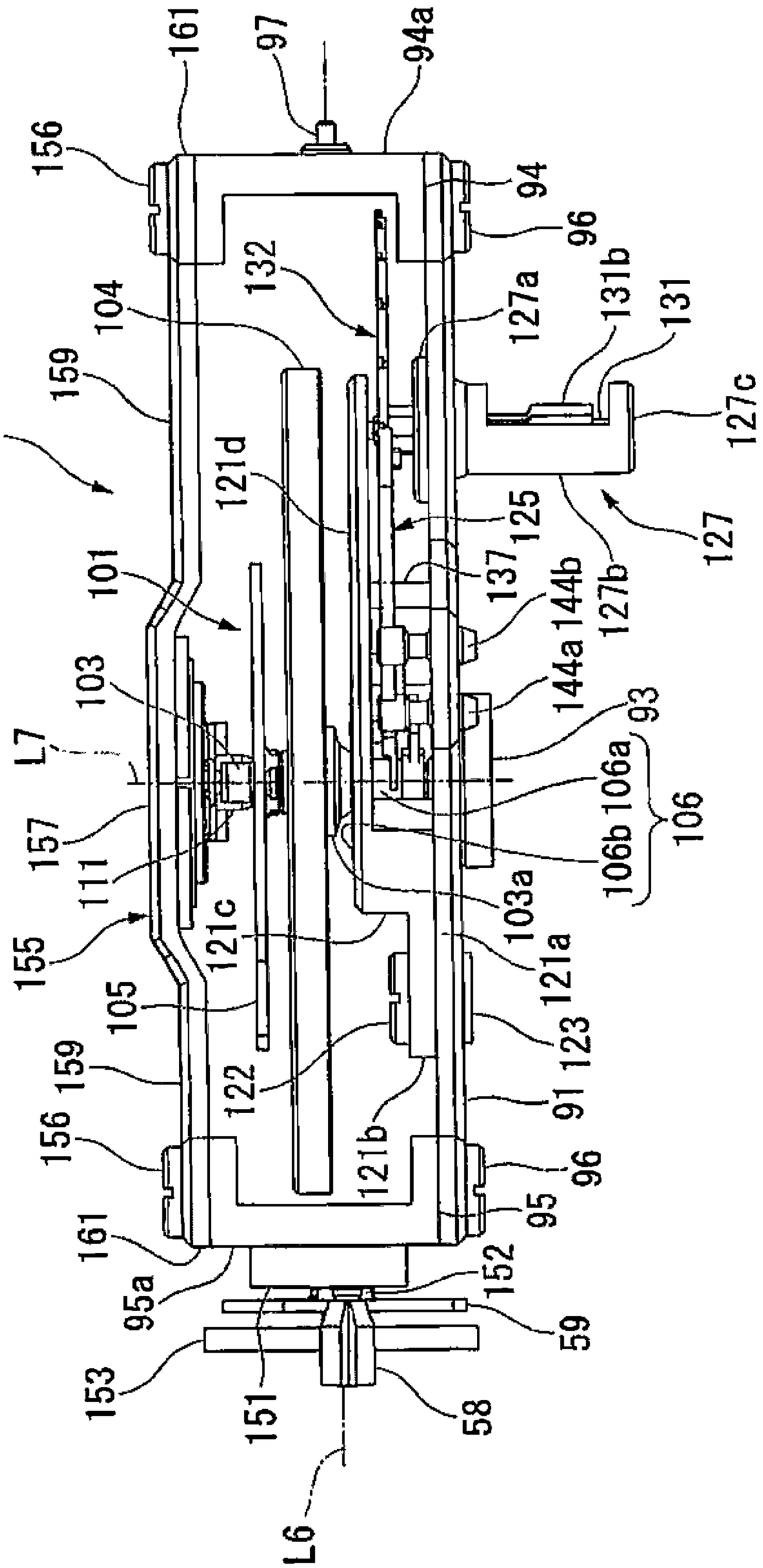

161
97
94a
156
94
96
132
104
159
33
121d
101
103
L7
157
111
155
121c
105
159
156
161
95a
L6
L7'
L6'
153
151
58
59
152
95
96
91
123
121a
121b
122
125
137
144b
144a
127b
127
127c
131
131b
127a
106
106a
106b
93
103a

FIG. 14

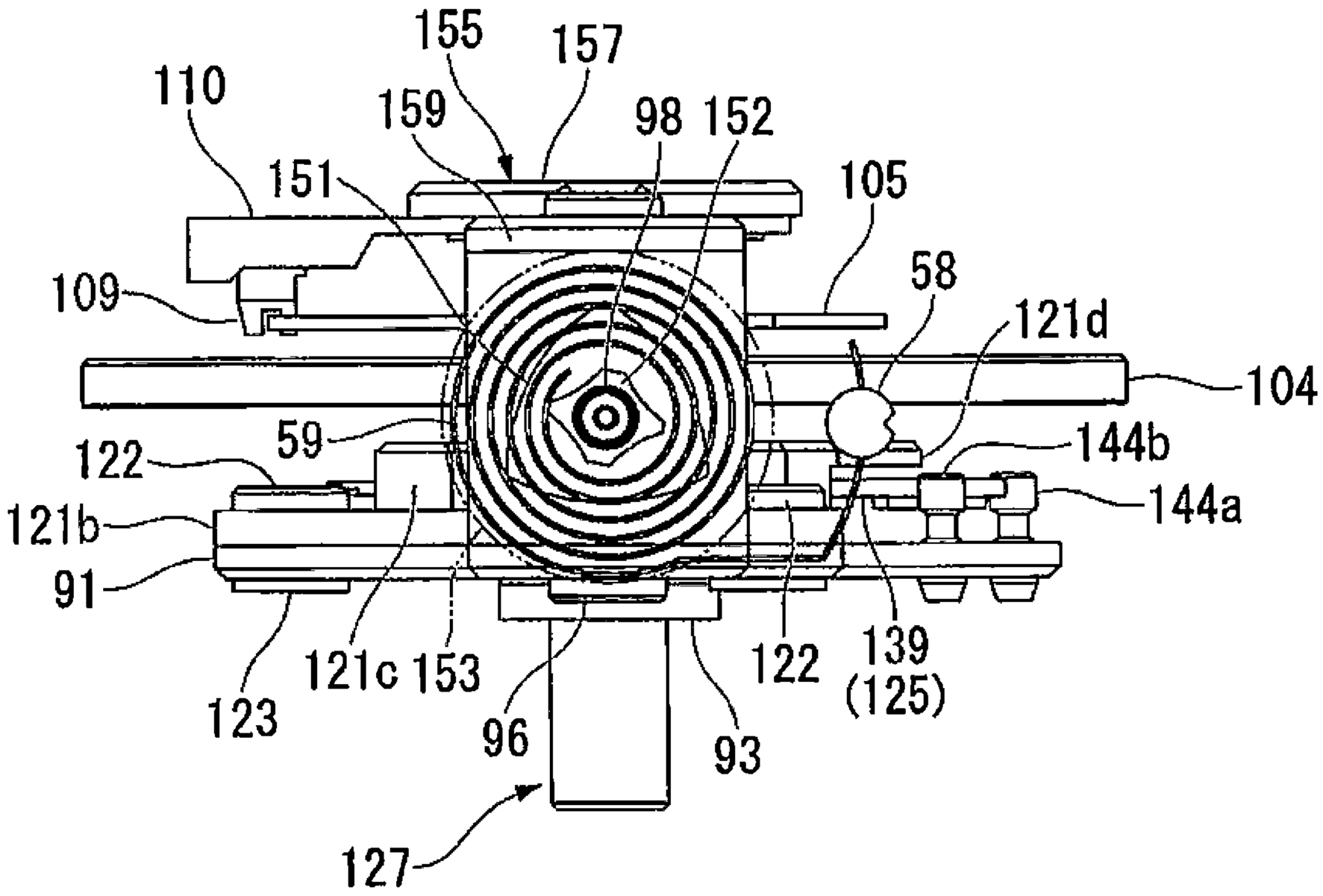
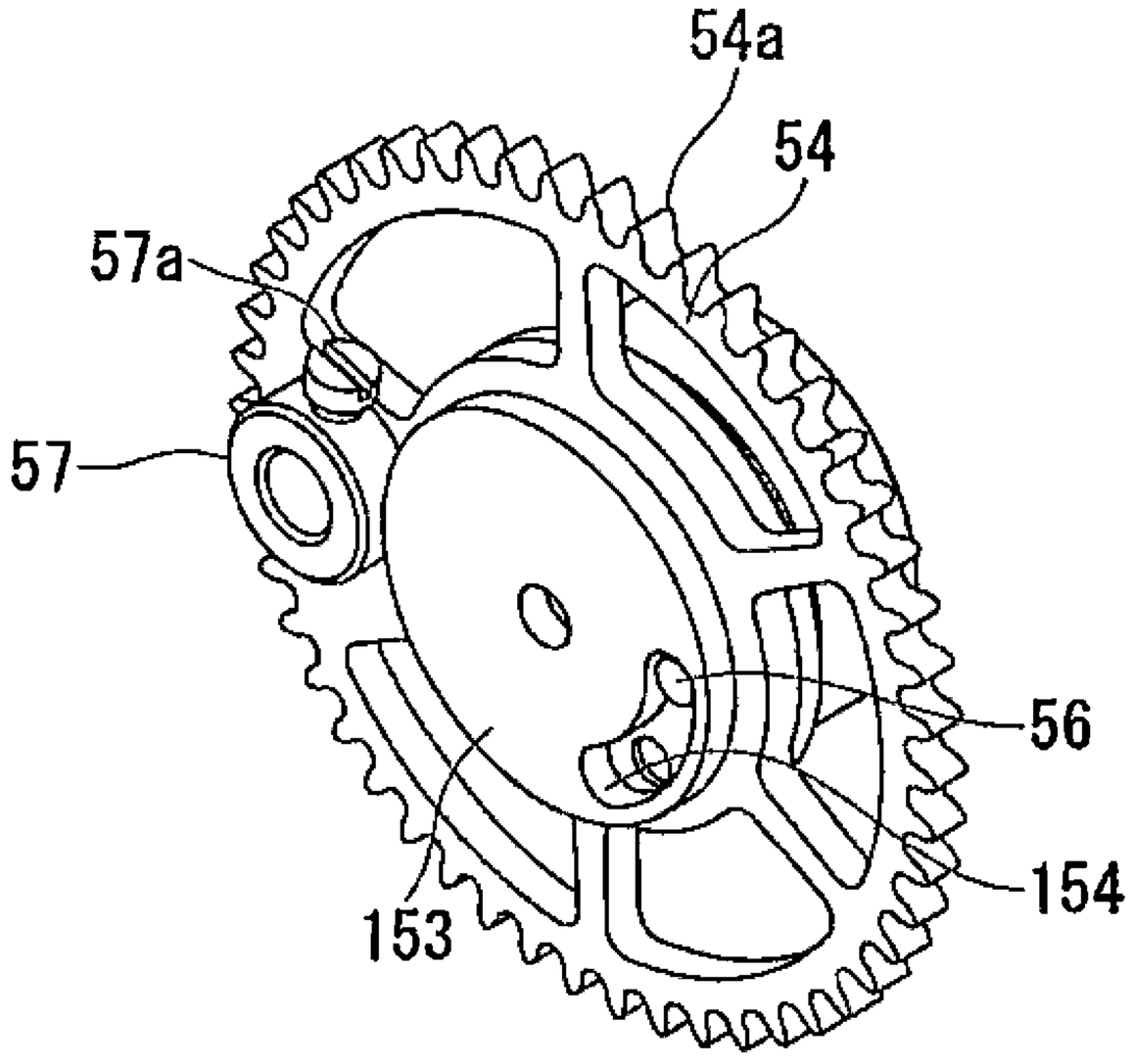

155
157
110
159
98
152
151
105
109
58
121d
104
59
144b
122
144a
121b
91
123
121c
153
96
122
139
(125)
93
127

FIG. 15


54a
54
57a
57
56
153
154

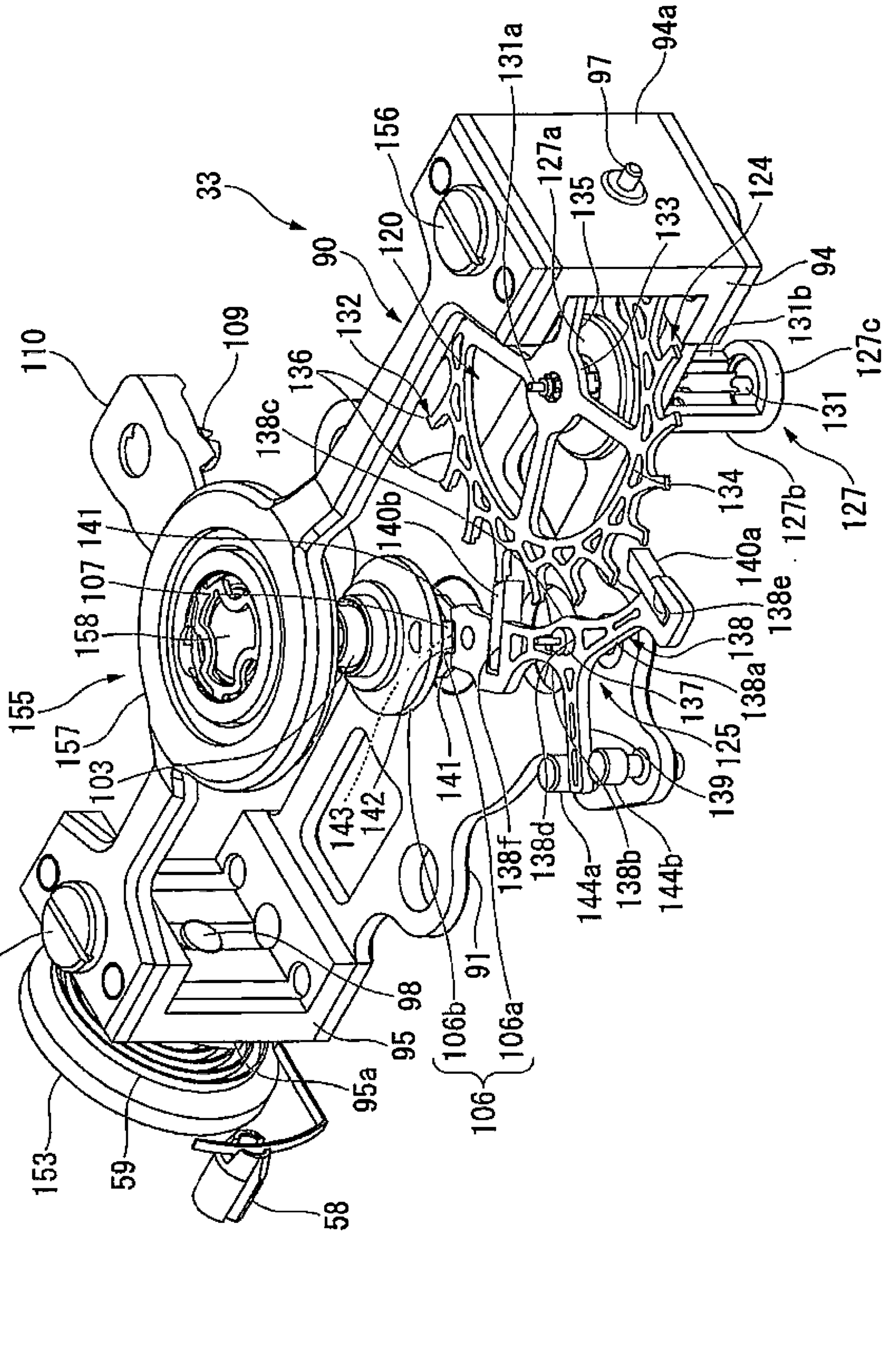

33
90
120
156
131a
97
94a
127a
135
133
124
94
131b
127c
131
127
127b
134
140a
138e
138
138a
137
125
139
138f
138d
144a
138b
144b
132
136
138c
140b
110
109
141
107
158
155
157
103
156
153
59
58
95a
95
98
106b
106a
106
91
142
143
141

FIG. 16

FIG. 17

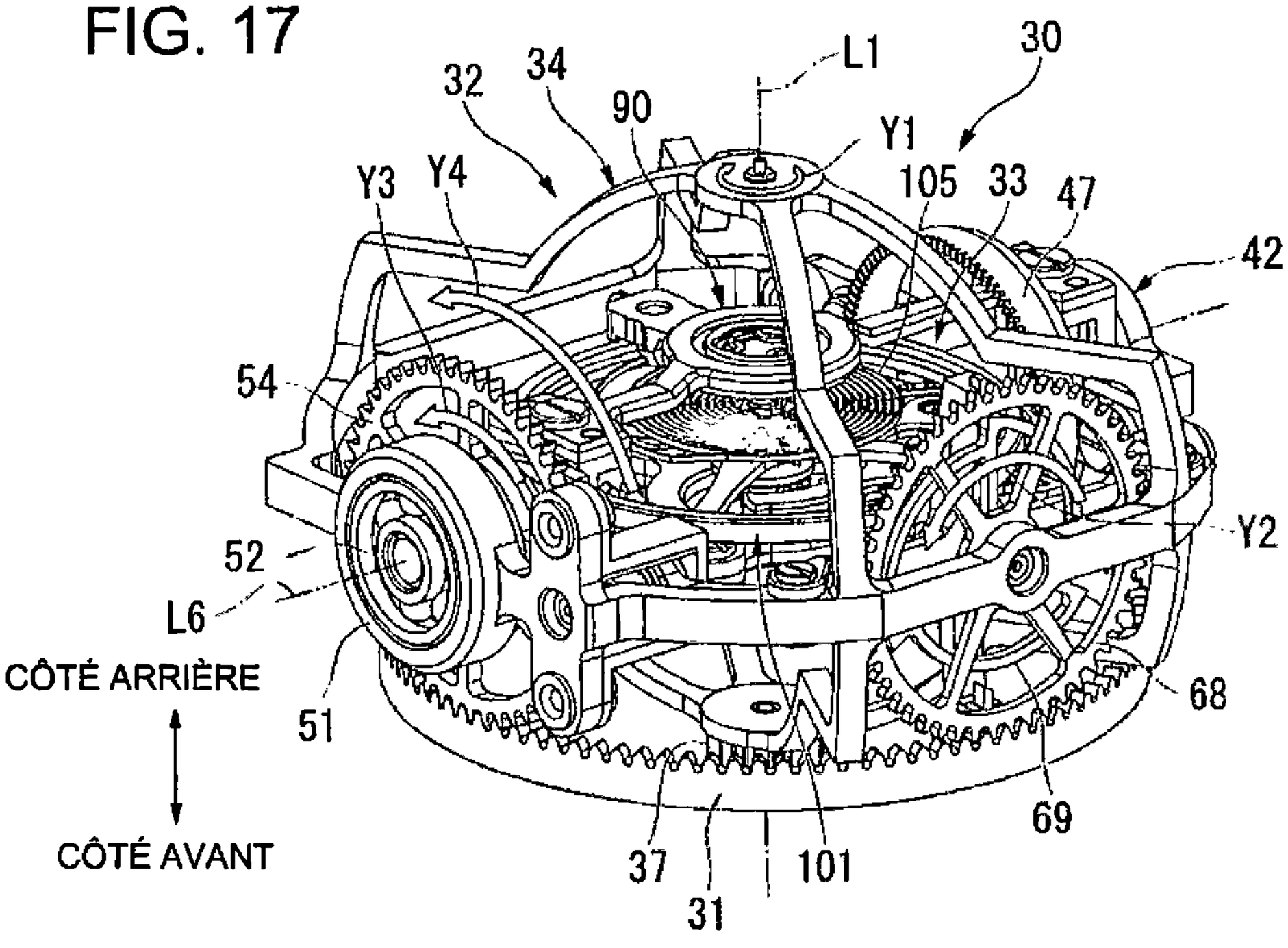

L1
30
32
34
90
Y1
Y3
Y4
105
33
47
42
54
Y2
52
L6
CÔTÉ ARRIÈRE
51
68
69
37
101
31
CÔTÉ AVANT

FIG. 18

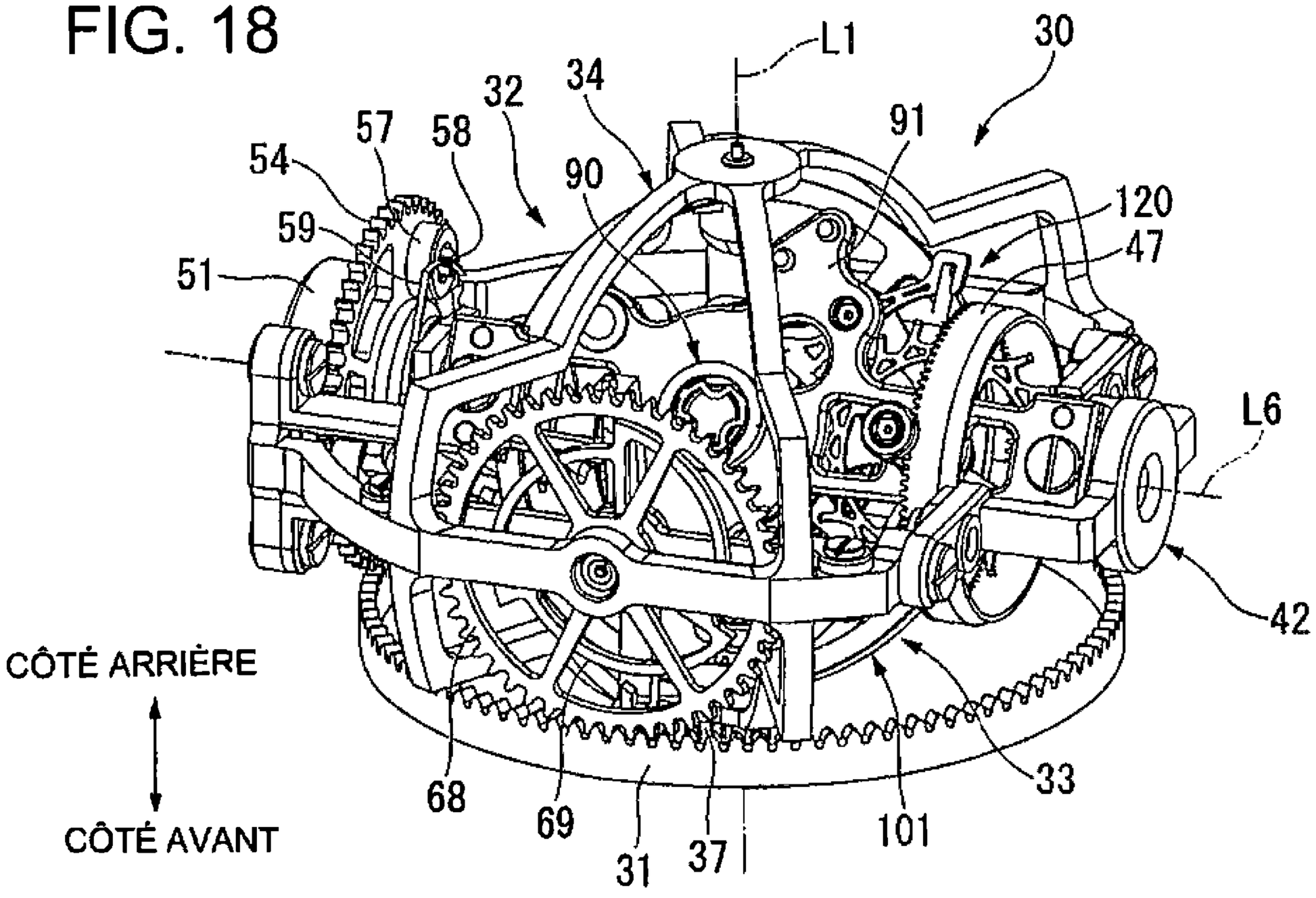

L1
30
32
34
57
58
91
54
90
120
59
47
51
L6
42
CÔTÉ ARRIÈRE
68
69
31
37
101
33
CÔTÉ AVANT

FIG. 19

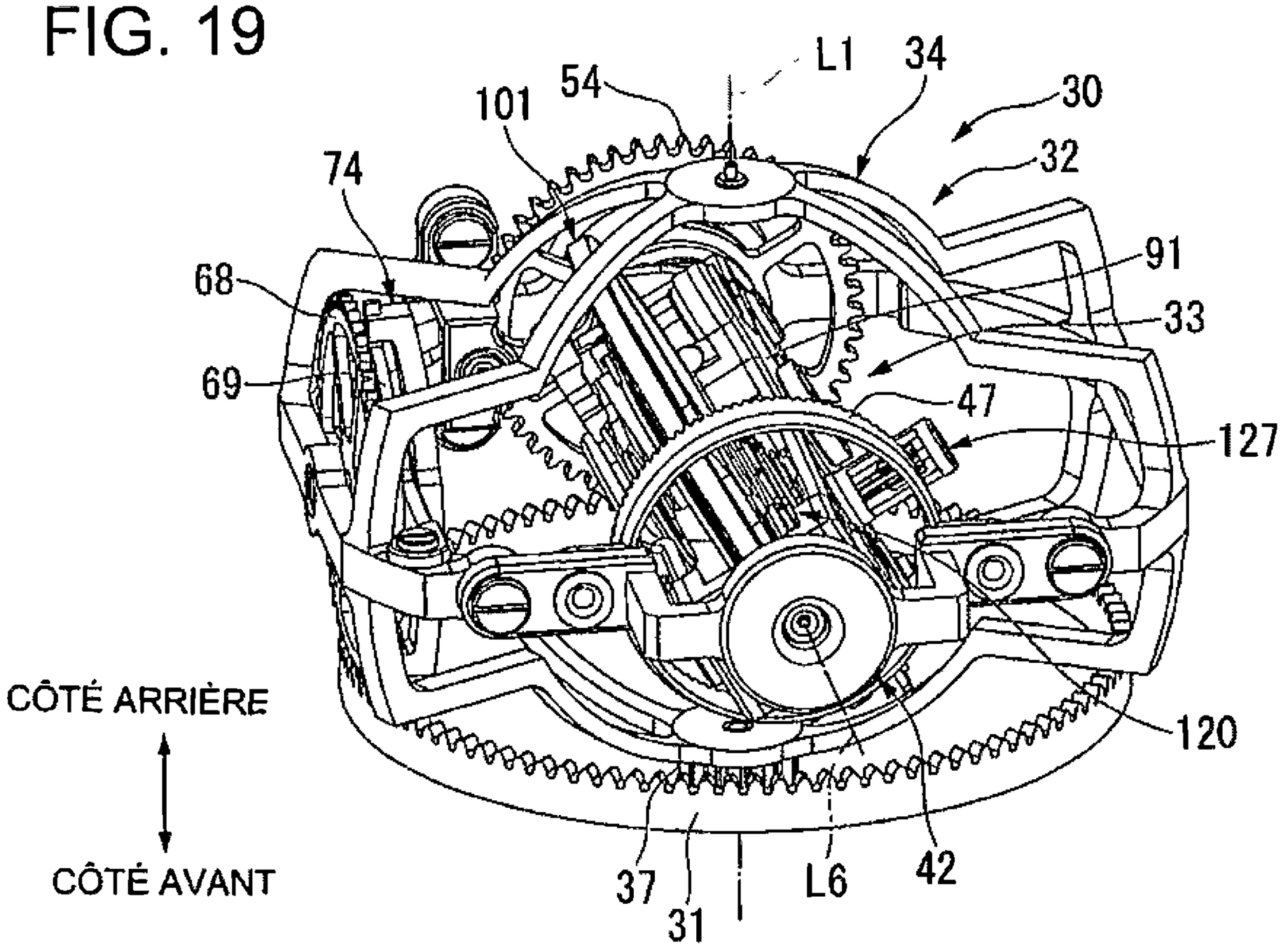

L1
34
30
54
101
32
74
91
68
33
69
47
127
120
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT
37
31
L6
42

FIG. 20

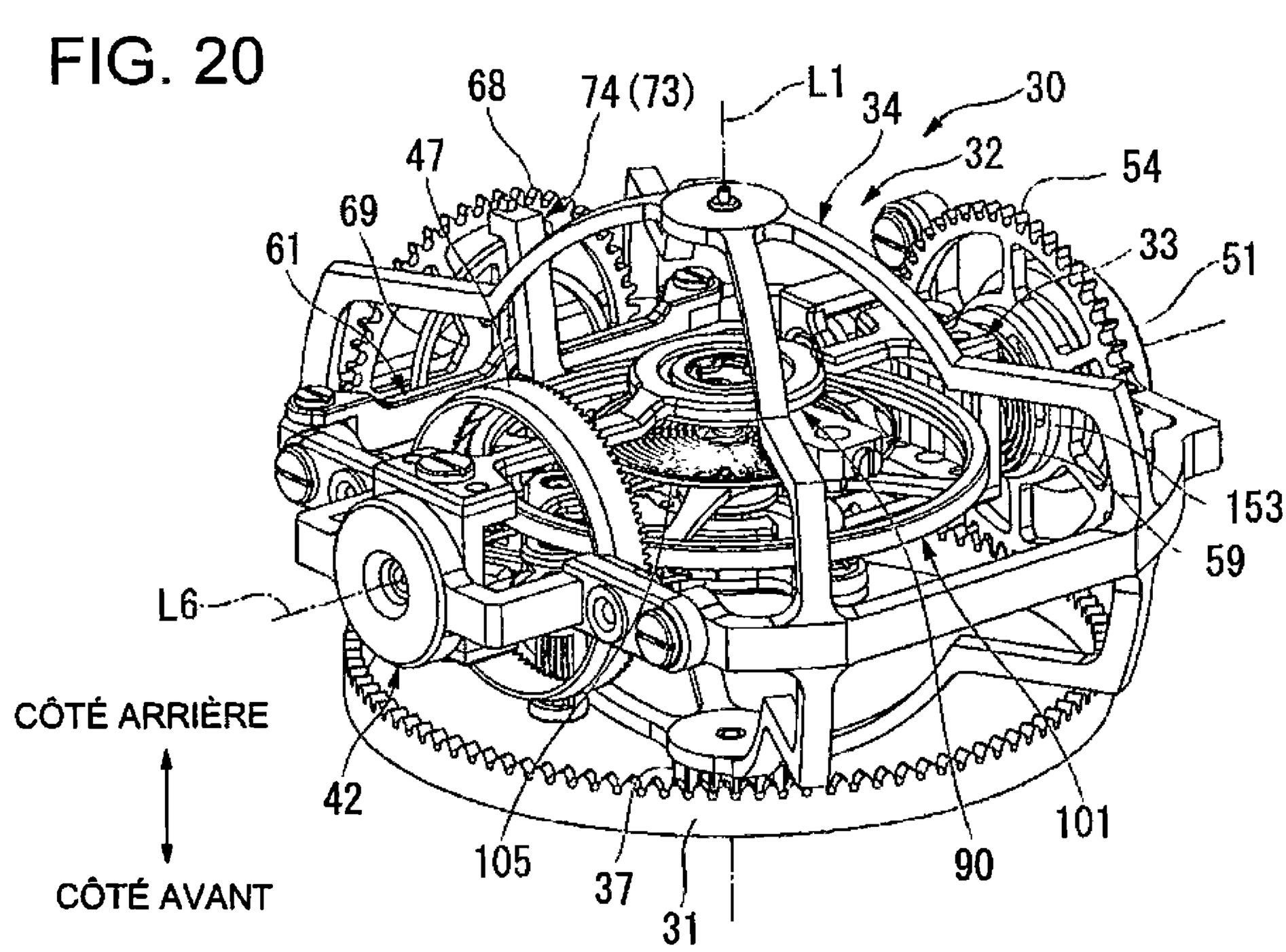

68
74 (73)
L1
34
30
47
32
54
69
61
33
51
153
59
L6
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT
42
105
37
31
90
101

FIG. 21

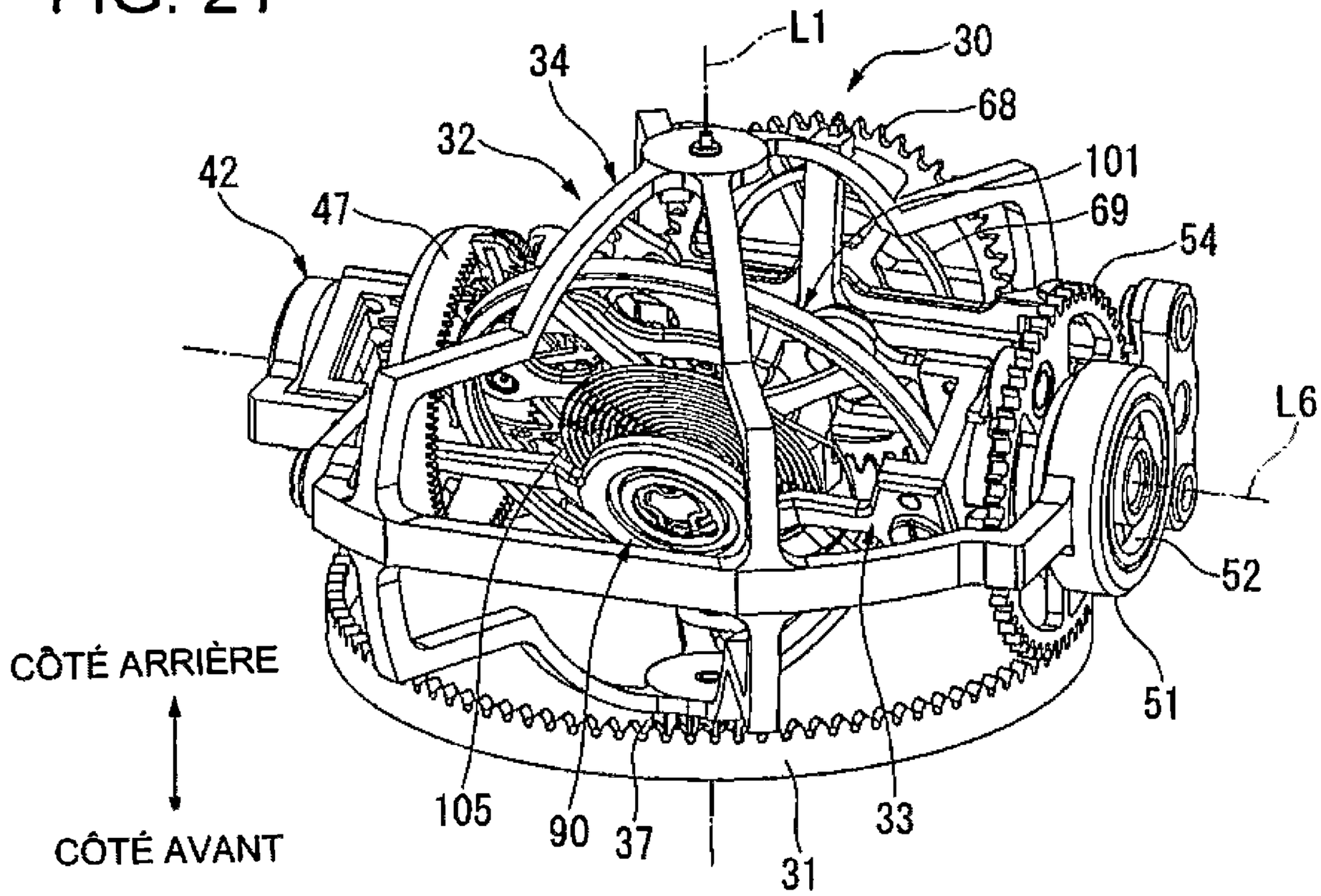

L1
30
34
68
32
101
42
47
69
54
L6
52
CÔTÉ ARRIÈRE
51
105
90
37
33
CÔTÉ AVANT
31

FIG. 22

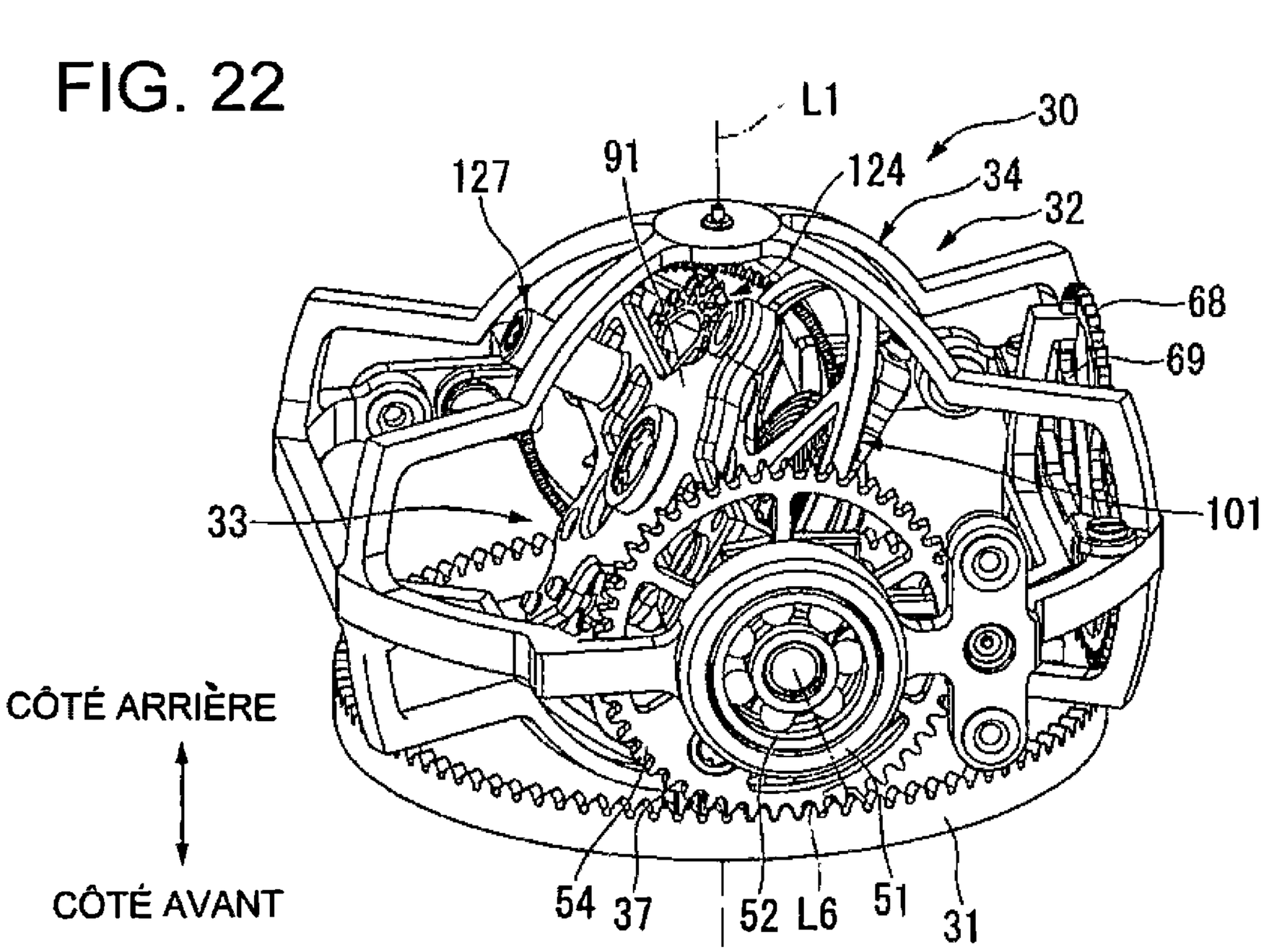

L1
30
127
91
124
34
32
68
69
33
101
CÔTÉ ARRIÈRE
54
37
52
L6
51
31
CÔTÉ AVANT

FIG. 23B

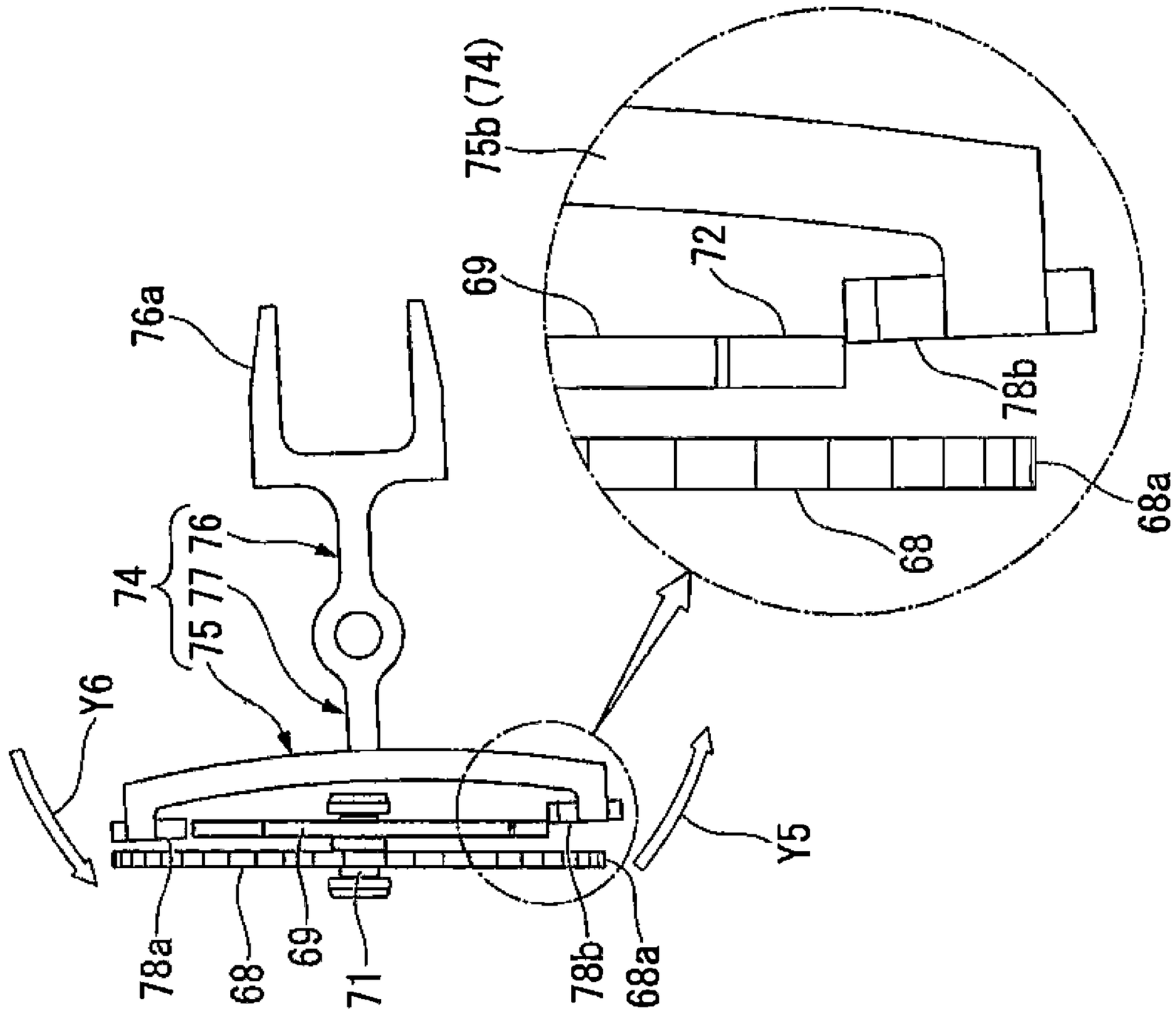



FIG. 23A

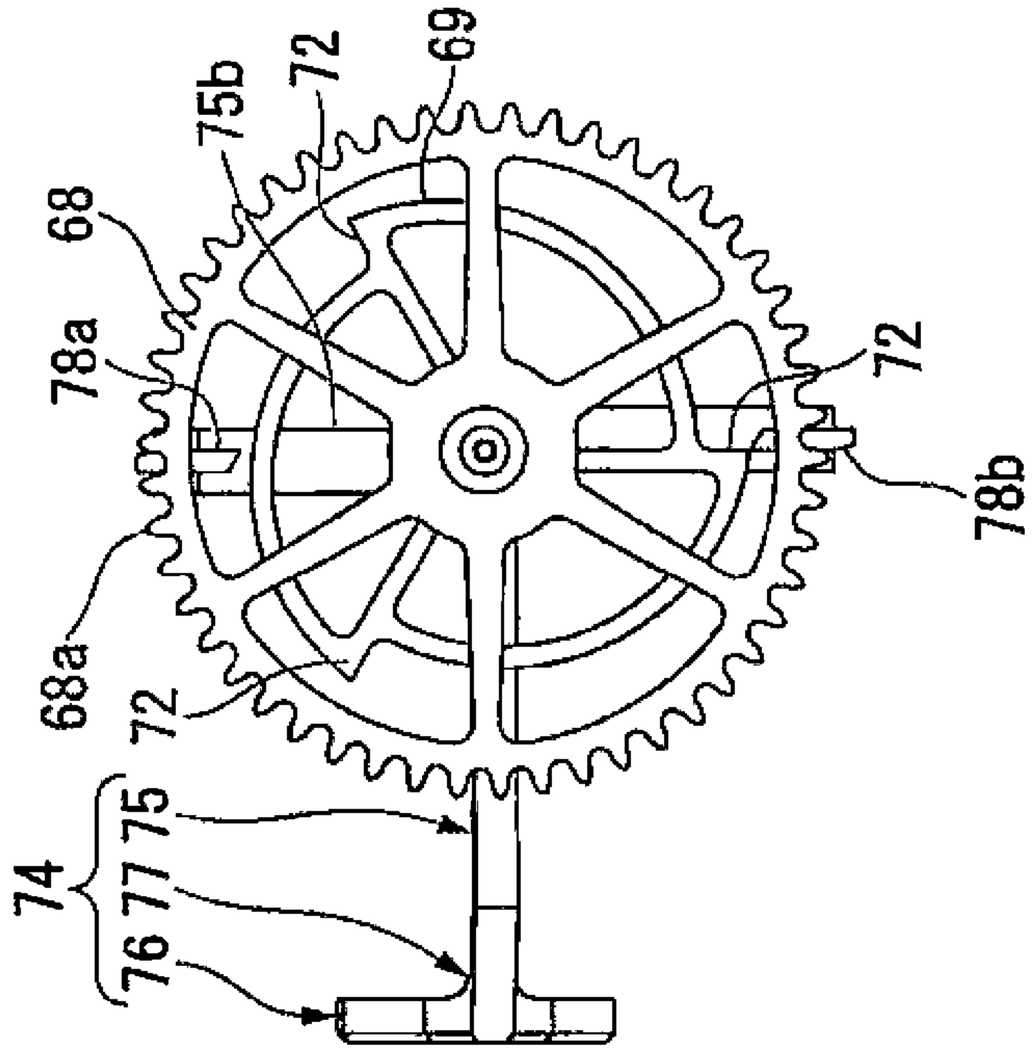


FIG. 24B

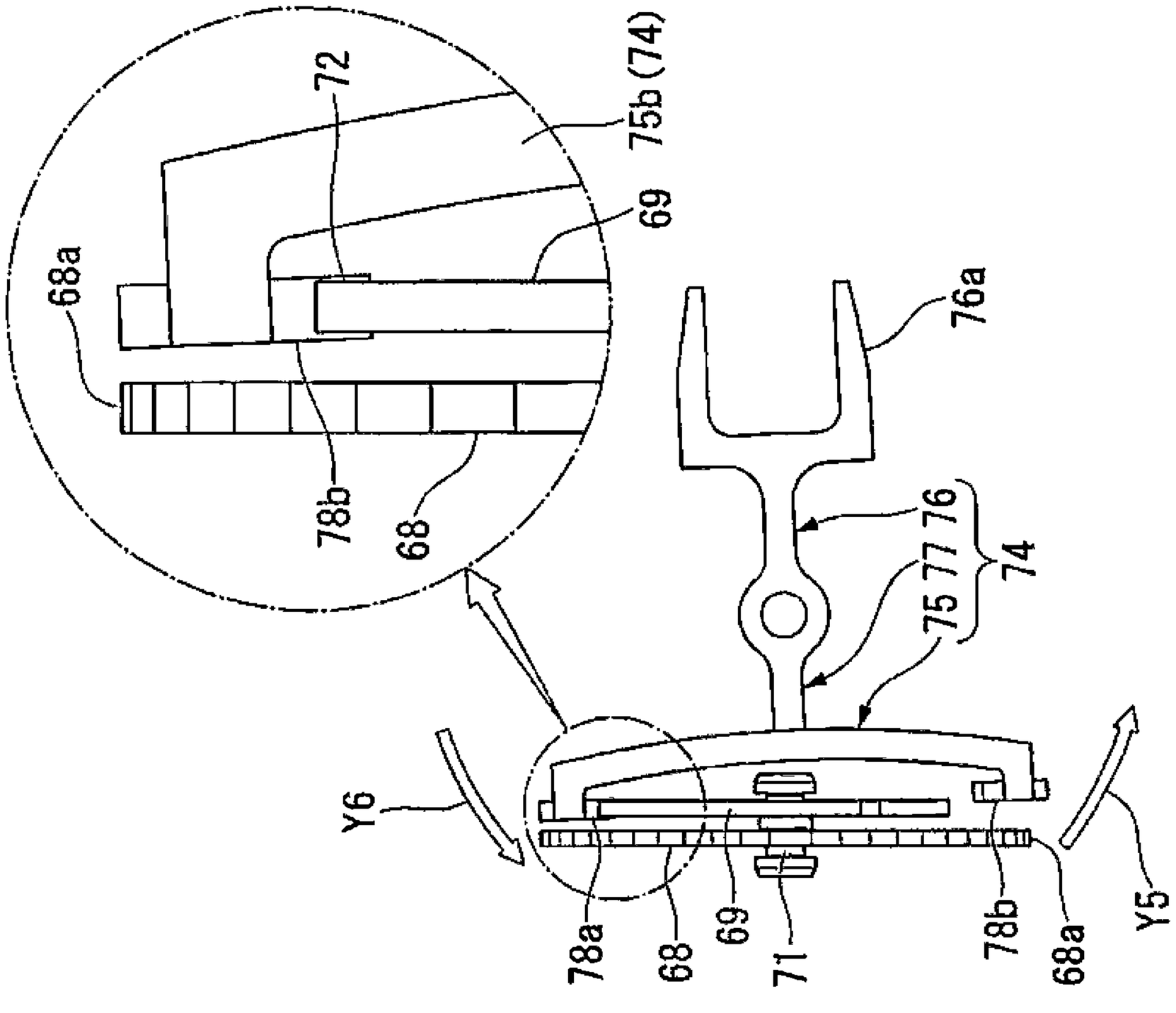



FIG. 24A

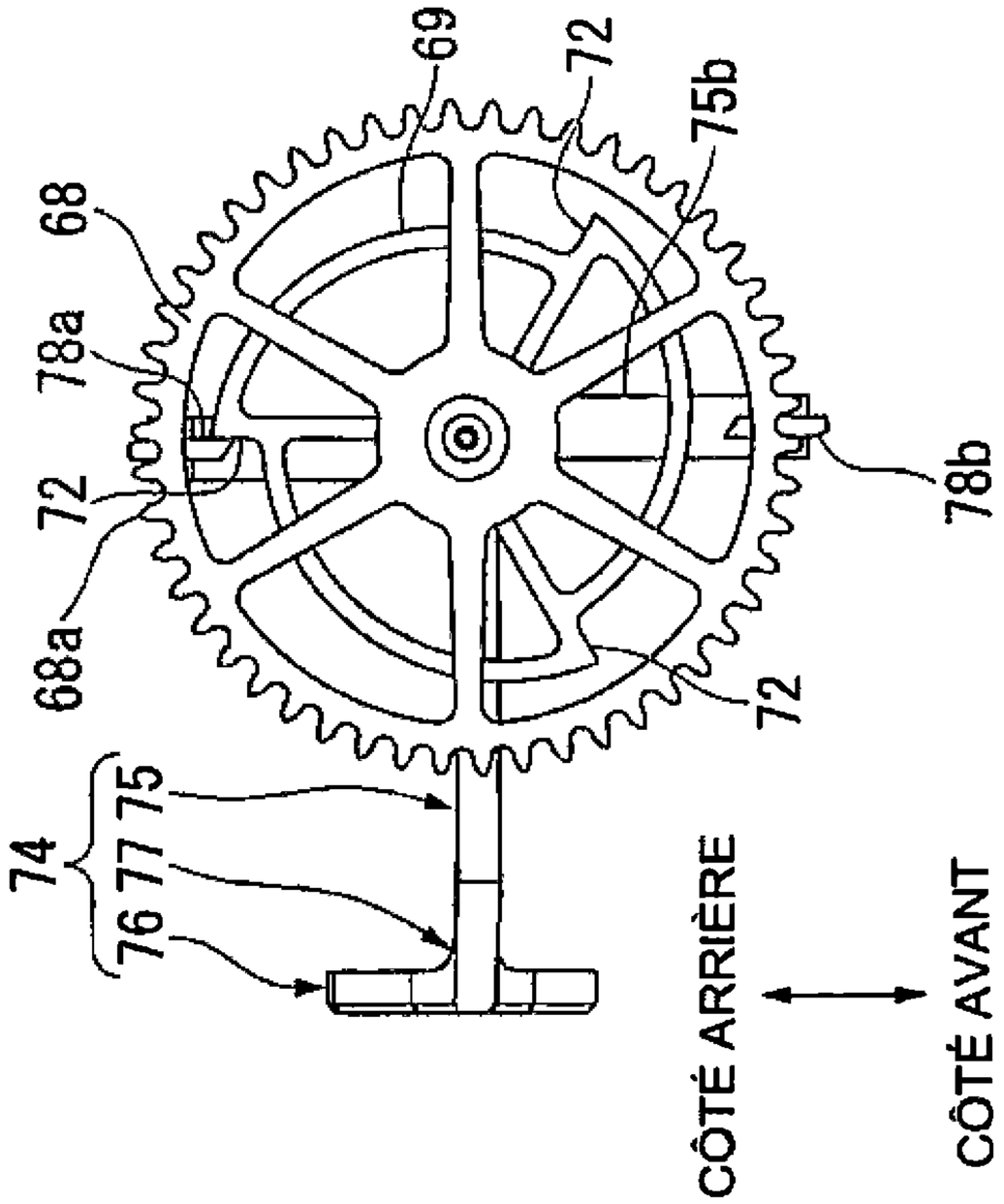


FIG. 25

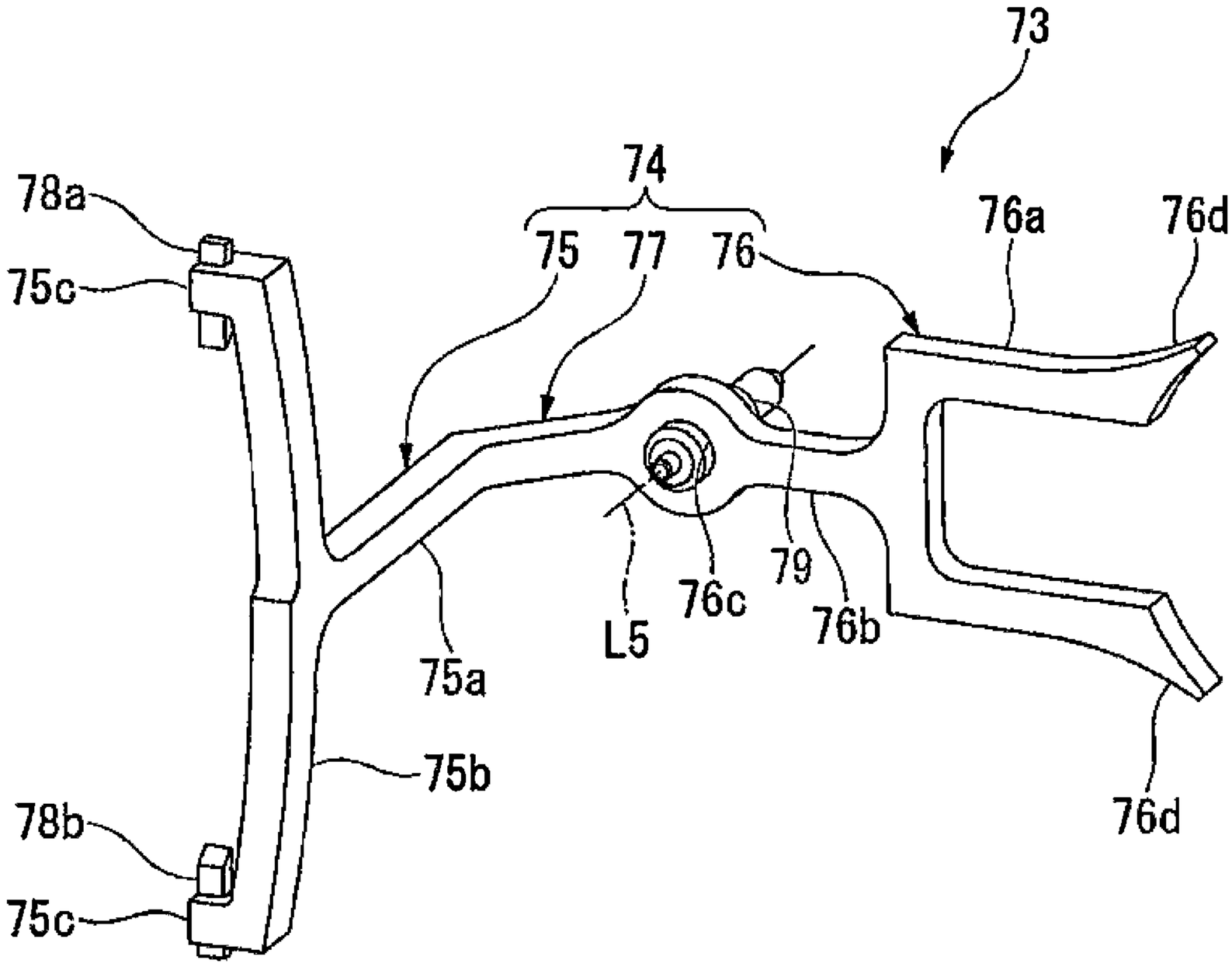


FIG. 26

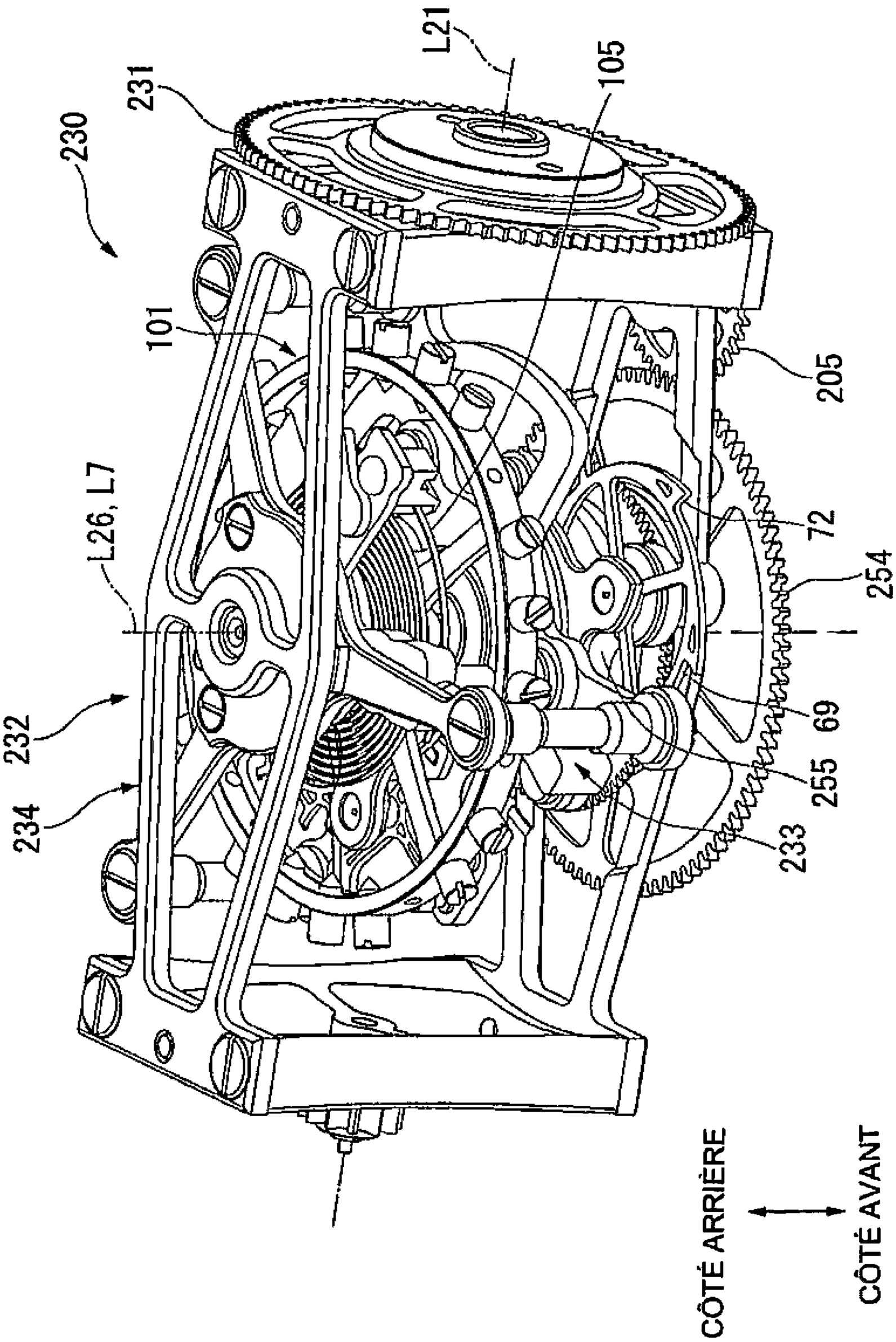
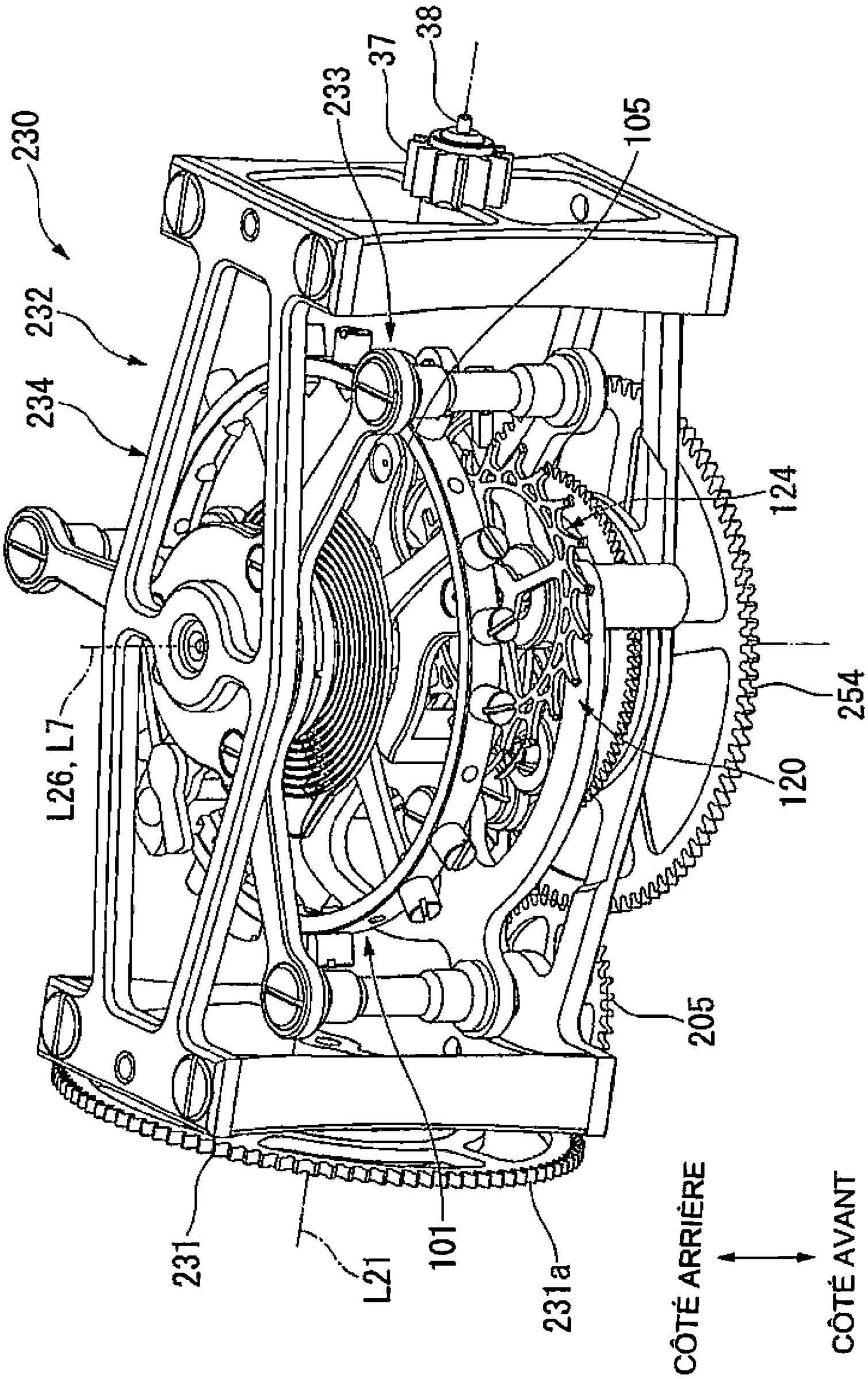

L21
105
231
230
101
205
L26, L7
72
254
232
69
234
255
233
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 27


230
232
234
L26, L7
231
L21
101
231a
205
120
254
124
105
233
37
38
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

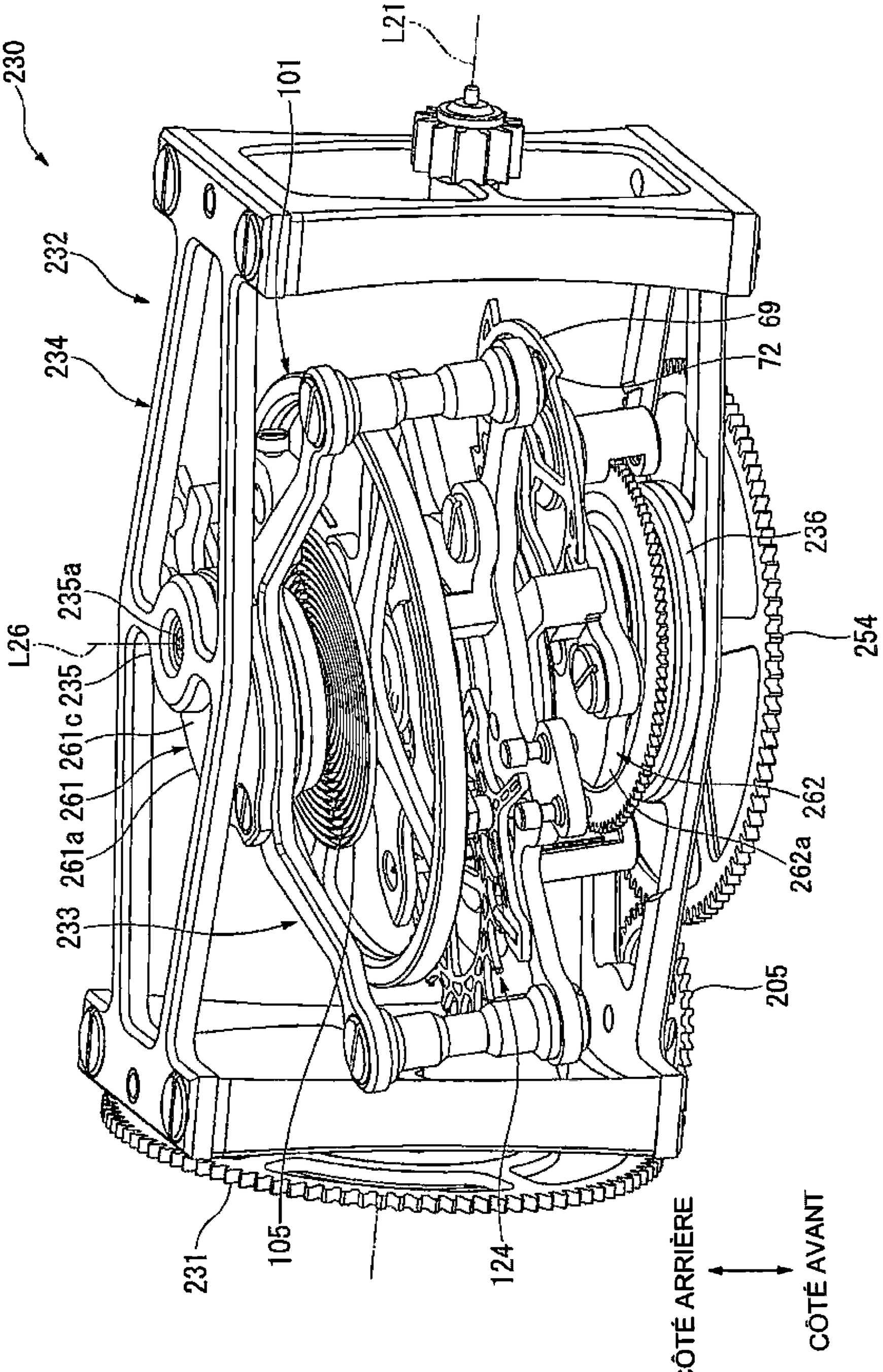

230
232
234
L21
101
69
72
236
254
235a
L26
235
261c
261
261a
233
262
262a
205
231
105
124
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 28

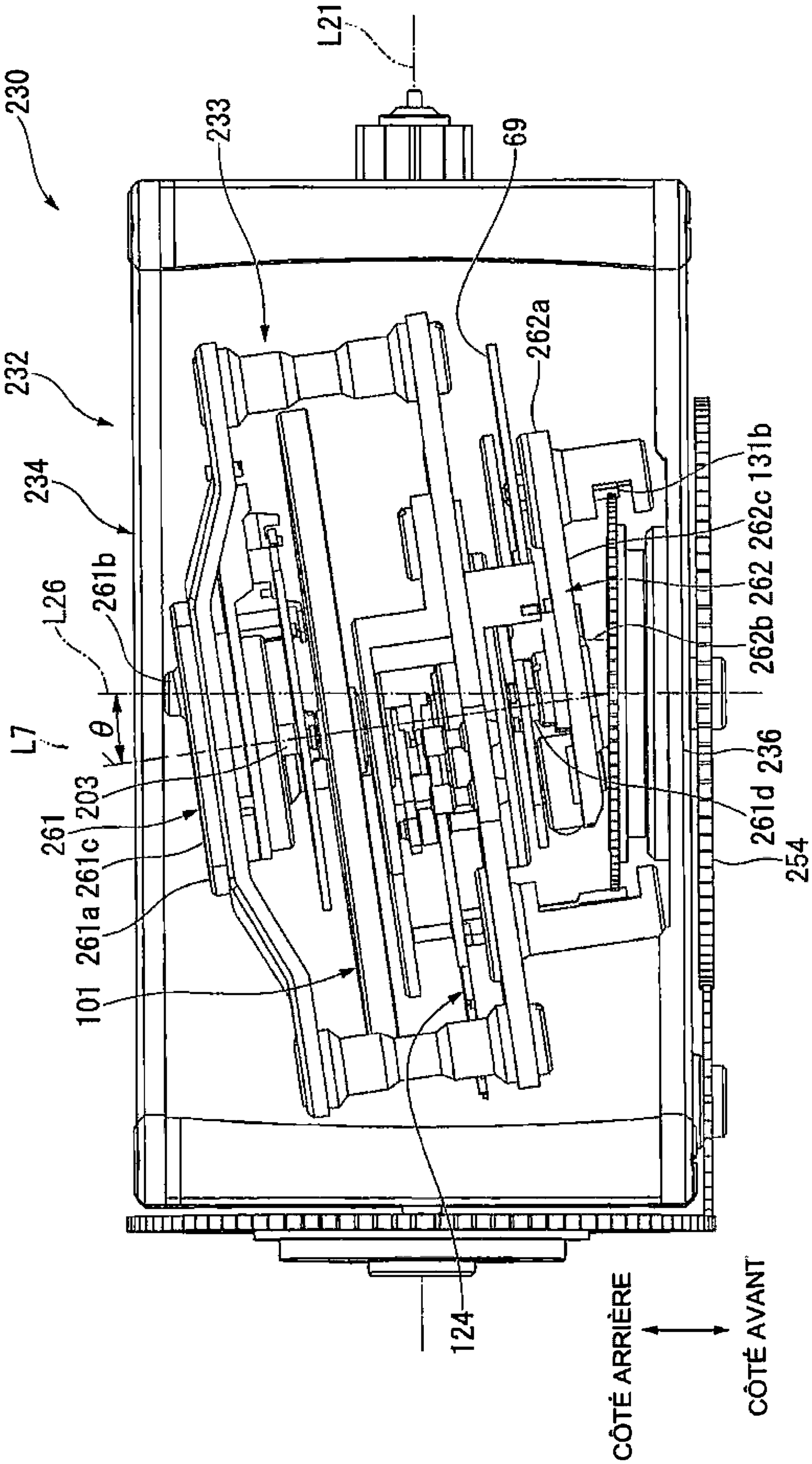

230
L21
233
69
232
262a
234
131b
262c
262
262b
L26
261b
θ
L7
203
261
261c
261a
101
261d
236
254
124
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 29

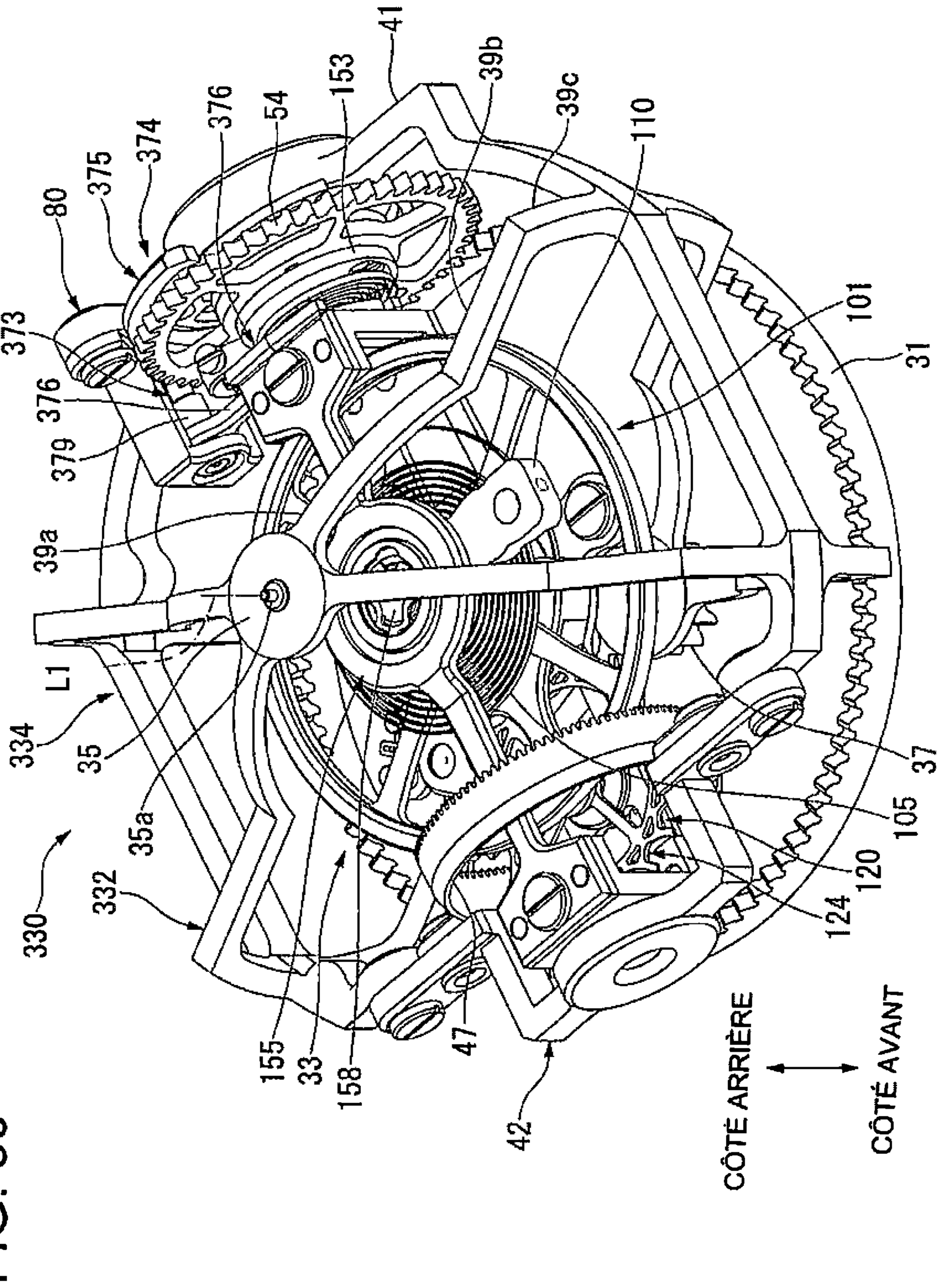

80
375
374
376
54
153
41
39b
39c
110
373
376
379
101
31
39a
L1
334
35
35a
332
330
155
33
158
47
42
37
105
120
124
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 30

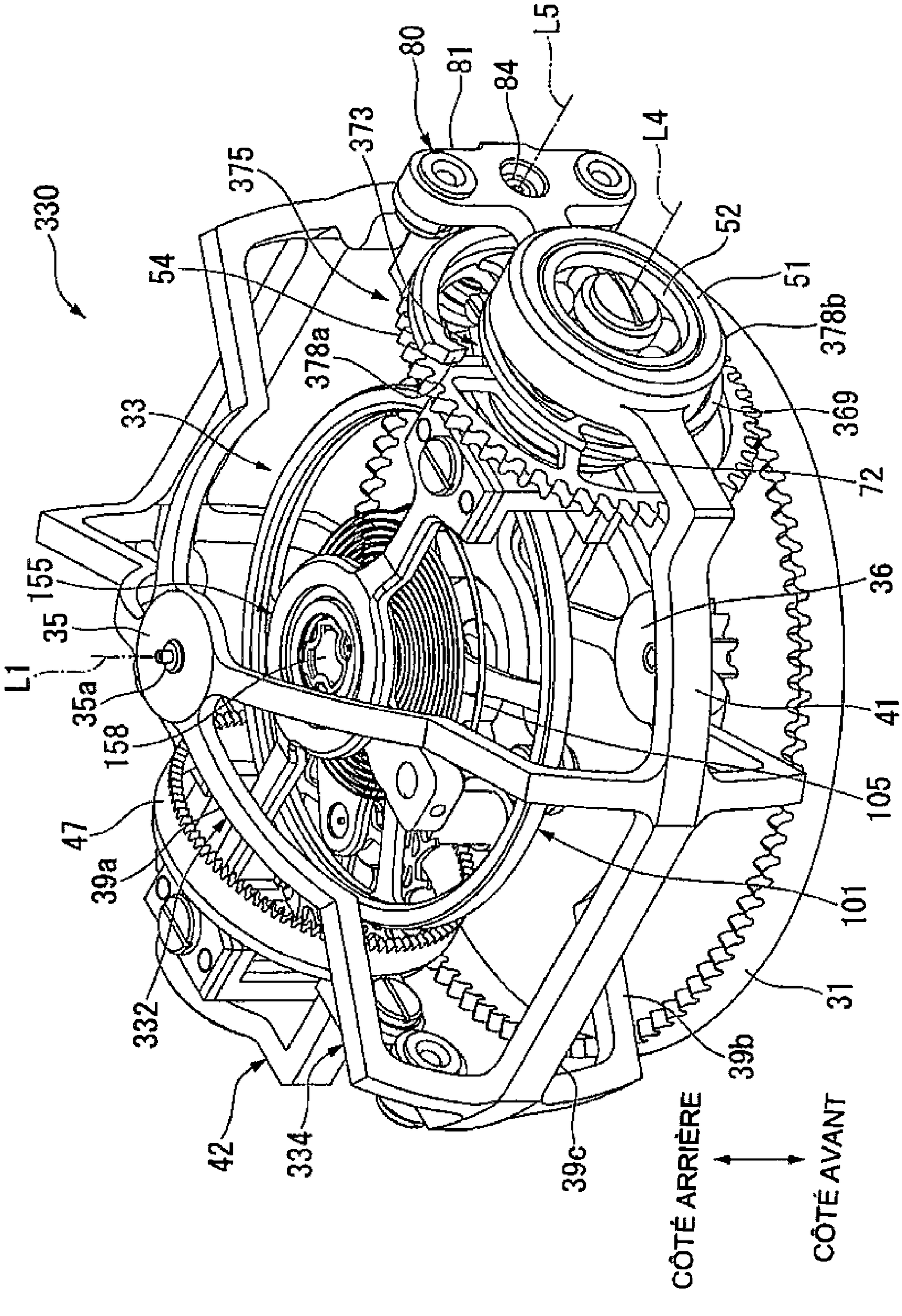

80
81
84
L5
L4
373
375
330
54
52
51
378b
378a
369
33
72
155
36
35
L1
35a
41
158
105
47
101
39a
31
332
39b
42
334
39c
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 31

FIG. 32

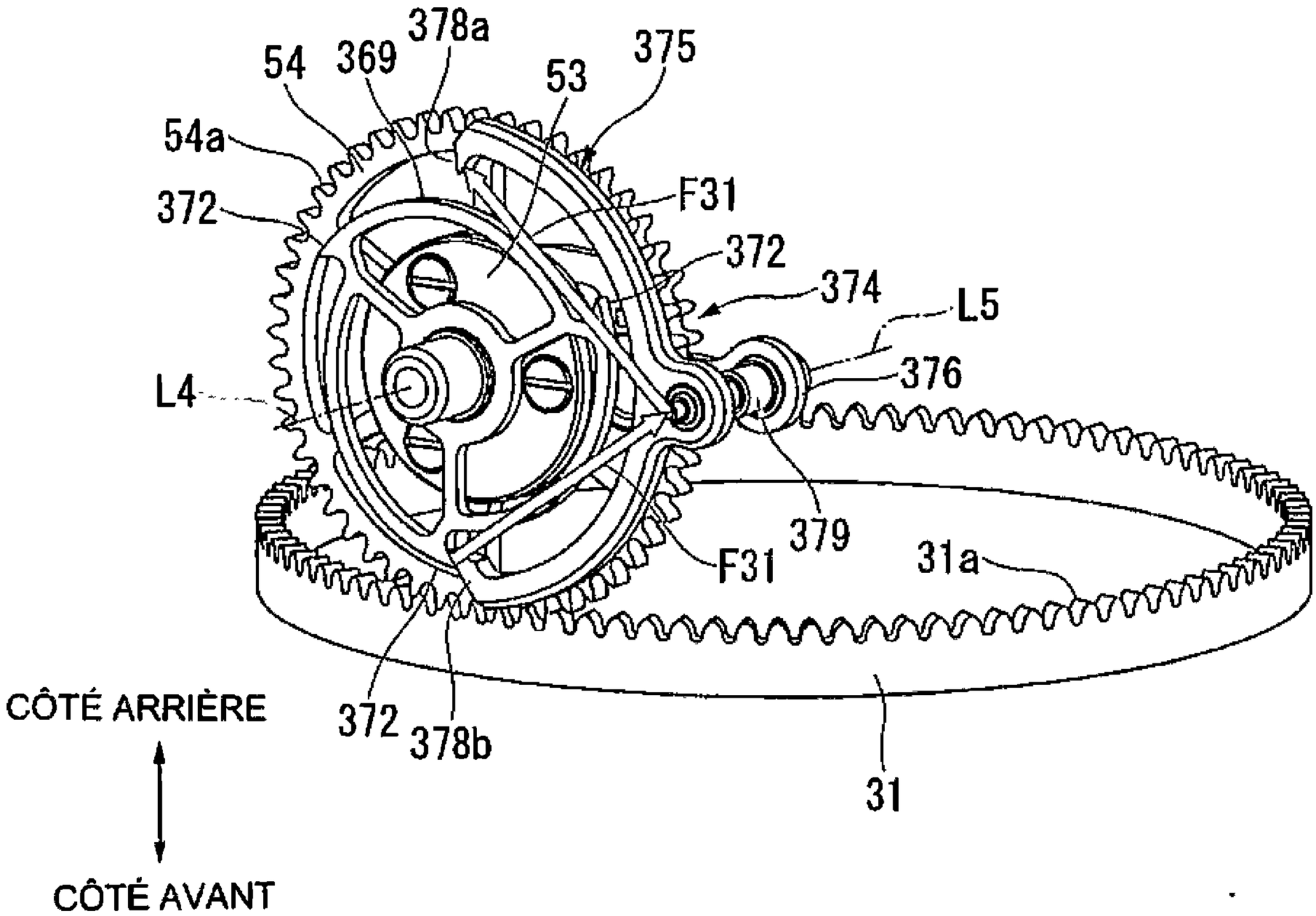
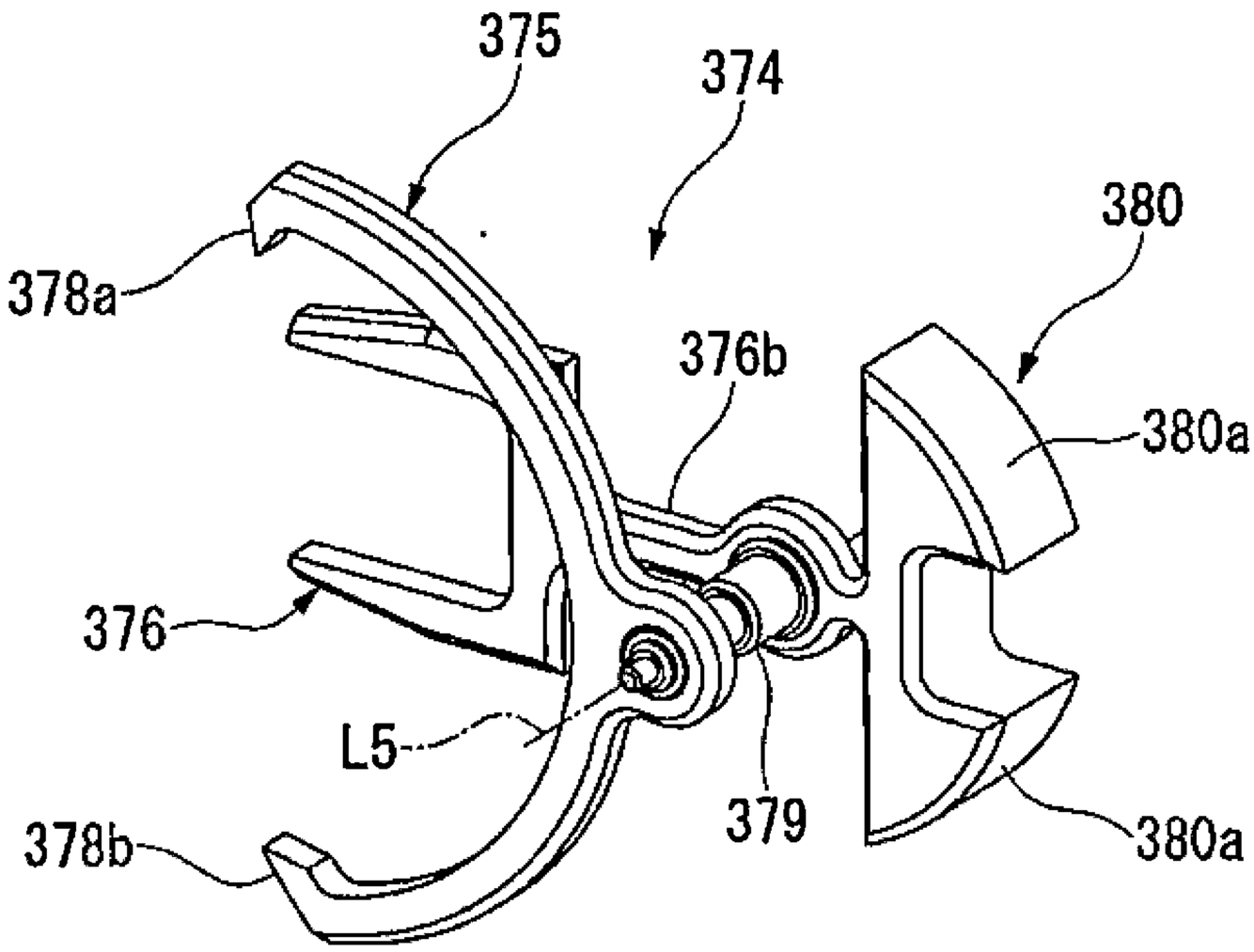

54
369
378a
53
375
54a
372
F31
372
374
L5
376
L4
379
F31
31a
372
378b
31
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 33


375
374
380
378a
376b
380a
376
L5
379
378b
380a

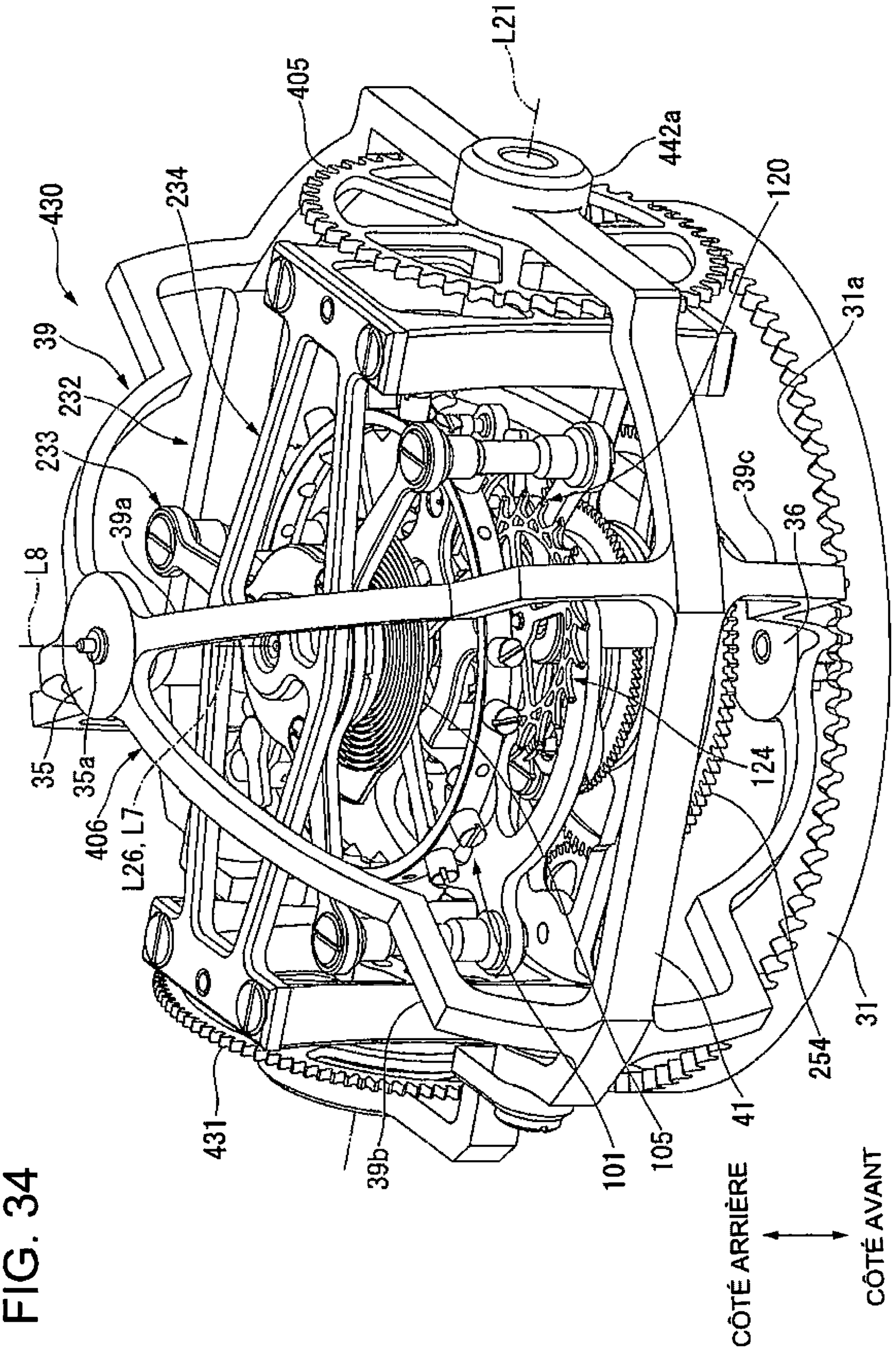

L21
405
442a
120
234
430
39
232
233
39a
L8
35
35a
406
L26, L7
431
39b
39c
36
31a
124
101
105
41
254
31
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 34

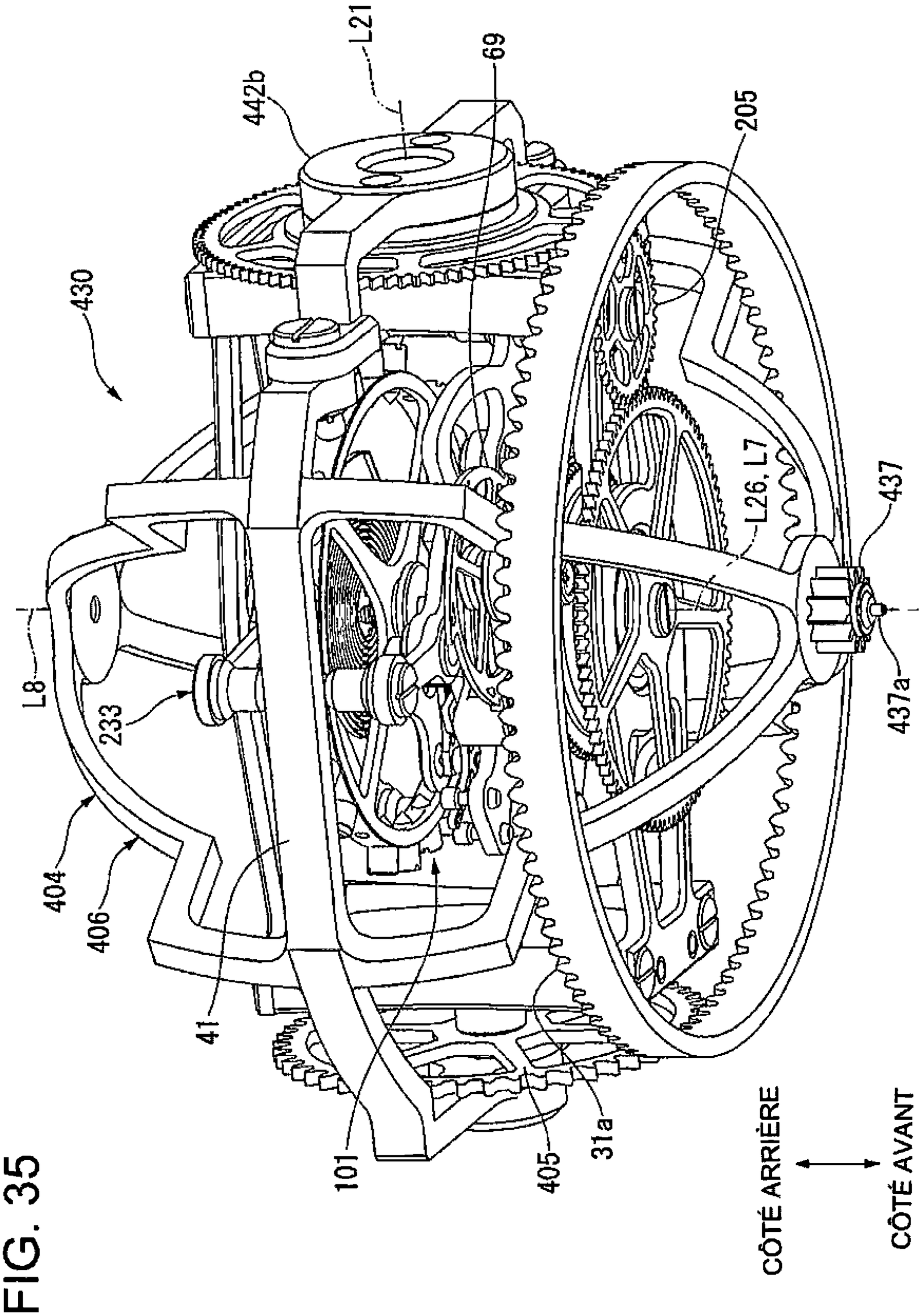

L21
69
442b
205
430
L26, L7
437
L8
233
437a
404
406
41
101
405
31a
CÔTÉ ARRIÈRE
CÔTÉ AVANT

FIG. 35