



(11) **EP 3 757 684 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
16.10.2024 Bulletin 2024/42

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04C 5/00 ^(2006.01) **G04B 17/20** ^(2006.01)
G04B 17/06 ^(2006.01) **G04B 17/28** ^(2006.01)
G04B 15/14 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19182712.0**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 15/14; G04B 17/063; G04B 17/20;
G04B 17/28; G04C 5/005

(22) Date de dépôt: **26.06.2019**

(54) **MOBILE INERTIEL POUR RESONATEUR D'HORLOGERIE AVEC DISPOSITIF D'INTERACTION
MAGNETIQUE INSENSIBLE AU CHAMP MAGNETIQUE EXTERNE**

TRÄGHEITSBEWEGUNGSELEMENT FÜR UHRRESONATOR MIT EINER VORRICHTUNG ZUR
MAGNETISCHEN WECHSELWIRKUNG, DIE GEGENÜBER DEM ÄUSSEREN MAGNETFELD
UNEMPFINDLICH IST

INERTIAL MOBILE FOR TIMEPIECE RESONATOR WITH DEVICE FOR MAGNETIC INTERACTION
INSENSITIVE TO EXTERNAL MAGNETIC FIELD

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

- **LECHOT, Dominique**
2722 Les Reussilles (CH)
- **HINAUX, Baptiste**
1003 Lausanne (CH)
- **NAGY, Laurent**
3097 Liebefeld (CH)
- **MARTIN, Jean-Claude**
2037 Montmolin (CH)

(43) Date de publication de la demande:
30.12.2020 Bulletin 2020/53

(73) Titulaire: **The Swatch Group Research and
Development Ltd**
2074 Marin (CH)

(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(72) Inventeurs:

- **DI DOMENICO, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)
- **FAVRE, Jérôme**
2000 Neuchâtel (CH)
- **MATTHEY, Olivier**
1453 Mauborget (CH)

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 887 157 EP-A1- 3 273 309
EP-A1- 3 299 907 EP-A2- 2 891 930
US-A- 2 682 744

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 3 757 684 B1

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mobile inertiel, pour un résonateur d'horlogerie, agencé pour osciller autour d'un axe d'oscillation et comportant au moins une zone magnétique, laquelle zone magnétique comporte au moins un aimant.

[0002] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant un résonateur d'horlogerie formé par un tel mobile inertiel et des moyens de rappel pour entretenir une oscillation de ce mobile inertiel, des moyens d'alimentation et/ou de stockage d'énergie agencés pour alimenter ledit résonateur, et un mécanisme d'échappement comportant au moins un mobile d'échappement agencé pour coopérer en interaction magnétique avec le mobile inertiel du résonateur.

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

[0004] L'invention concerne le domaine des mécanismes d'horlogerie, et plus précisément des résonateurs d'horlogerie, de type magnétique, ou dont au moins une partie du fonctionnement est basée sur l'attraction et/ou la répulsion magnétique, et notamment comportant des aimants.

Arrière-plan de l'invention

[0005] Certains résonateurs mécaniques utilisés dans l'horlogerie portent des aimants.

[0006] Par exemple les mécanismes de type Clifford, connus par les documents FR1113932, FR2132162, US2946183, ou bien les résonateurs à synchronisation directe du SWATCH GROUP qui sont décrits dans les documents EP2887156 et EP3316046. Dans ces oscillateurs, l'utilisation d'aimants sur le résonateur permet une synchronisation directe, et sans contact frottant, du résonateur avec la roue d'échappement. L'absence d'ancrage entre la roue d'échappement et le résonateur, ainsi que l'absence de contact frottant, apportent l'avantage d'un rendement élevé.

[0007] Toutefois, les aimants embarqués sur le balancier peuvent être affectés par la présence de champs magnétiques externes. La perturbation qui en résulte, bien qu'elle soit faible, peut provoquer une variation de marche.

[0008] Le document EP3273309 au nom de Montres Breguet décrit un oscillateur d'horlogerie, comportant un ensemble balancier-spiral comportant un balancier avec une serge rappelé par un spiral, pivoté par rapport à une structure, d'un premier côté par un fil de torsion fixé par un ancrage à la structure, et d'un deuxième côté opposé au premier côté par un pivot magnétique sans contact, le balancier comportant un premier pôle embarqué avec le balancier et le fil de torsion, ce premier pôle ayant une symétrie par rapport à l'axe de l'ensemble balancier-spi-

ral, et coopérant avec un deuxième pôle que comporte la structure, pour la suspension magnétique du premier pôle, et de façon à exercer sur l'extrémité distale du fil de torsion, opposée à cet ancrage, un effort magnétique de mise en tension du fil de torsion.

[0009] Le document EP2891930 au nom de The Swatch Group Research & Development Ltd décrit un dispositif régulateur de la vitesse angulaire relative entre une structure magnétique et un résonateur couplés magnétiquement et formant un oscillateur qui définit un échappement magnétique. La structure magnétique comprend au moins une piste annulaire formée d'un matériau magnétique dont un paramètre physique est corrélié à l'énergie potentielle magnétique de l'oscillateur, le matériau magnétique étant agencé le long de la piste annulaire de sorte que ce paramètre physique varie angulairement de manière périodique. La piste annulaire comprend dans chaque période angulaire une zone d'accumulation d'énergie potentielle magnétique dans l'oscillateur adjacente radialement à une zone d'impulsion. Le matériau magnétique, dans chaque zone d'accumulation, est agencé de manière que le paramètre physique de ce matériau magnétique augmente angulairement de manière progressive ou diminue angulairement de manière progressive.

[0010] Le document EP3299907 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse décrit un mouvement d'horlogerie mécanique qui comprend un résonateur, un échappement lié au résonateur et un affichage d'au moins une information temporelle. L'affichage est entraîné par un dispositif d'entraînement mécanique via un train de contre-roue dont la cadence de travail est réglée par l'échappement. Au moins le résonateur est logé dans une chambre, dans laquelle règne une pression réduite par rapport à la pression atmosphérique. L'échappement est un échappement magnétique comprenant une roue d'échappement couplée directement ou indirectement au résonateur via un système de couplage magnétique sans contact, dans lequel le système de couplage magnétique est formé de sorte qu'une paroi non magnétique de la chambre traverse l'échappement magnétique de sorte qu'une première partie de l'échappement est située à l'intérieur de la chambre tandis qu'une seconde partie de l'échappement est située à l'extérieur de la chambre.

Résumé de l'invention

[0011] Le but de la présente invention est de rendre de tels résonateurs insensibles aux champs magnétiques externes.

[0012] A cet effet, l'invention concerne un mobile inertiel, pour un résonateur d'horlogerie, selon la revendication 1.

[0013] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant un résonateur d'horlogerie comportant un tel mobile inertiel.

[0014] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un tel mou-

vement d'horlogerie.

Description sommaire des dessins

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée, et en vue en plan, une partie d'un mouvement d'horlogerie avec un mobile inertiel d'un résonateur, en partie haute, les moyens de rappel n'étant pas représentés, comportant deux palettes magnétiques agencées pour coopérer avec un mobile d'échappement que comporte un mécanisme d'échappement de ce mouvement; le mobile inertiel est ici un balancier, et le mobile d'échappement une roue d'échappement ;
- la figure 2 est un schéma graphique représentant le moment magnétique résultant total du mobile inertiel de la figure 1, en référence à un trièdre de référence dont l'axe Z est l'axe d'oscillation du mobile inertiel. Idéalement, le moment magnétique devrait être constitué uniquement de la composante qui est alignée avec l'axe Z. La composante perpendiculaire à l'axe Z représente un défaut que l'on désire corriger ;
- la figure 3 illustre schématiquement l'effet, en comparaison à l'aiguille d'une boussole, de l'interférence entre ce moment magnétique résultant du mobile inertiel, et d'un champ magnétique externe B_{ext} . Le champ magnétique externe produit un couple perturbateur sur le mobile inertiel. Il s'agit d'un premier effet perturbateur qui se manifeste dans un champ magnétique externe, et que l'on désire annuler ;
- la figure 4 représente, de façon similaire à la figure 1, le même mécanisme amélioré avec l'ajout d'un élément magnétique de compensation, dont la composante de moment magnétique dans le plan XOY est opposée à la résultante du moment magnétique des deux palettes dans ce même plan ;
- la figure 5 est un schéma graphique similaire à la figure 2 représentant le moment magnétique résultant total du mobile inertiel de la figure 4, ramené sur l'axe Z grâce à l'ajout de l'élément magnétique de compensation ;
- la figure 6 est similaire à la figure 3, pour le mécanisme de la figure 4 ;
- les figures 7 à 10 illustrent quelques exemples d'éléments magnétiques de compensation qui sont ajustables, avec à chaque fois, de gauche à droite, la vue en plan d'un état préalable, puis la vue en plan

de l'état après réglages, puis le diagramme de moment magnétique pour l'obtention d'un moment magnétique de compensation dans la direction désirée :

- en figure 7, deux aimants cylindriques, aptes à tourner dans des logements, magnétisés diamétralement et d'axes de rotation parallèles à l'axe d'oscillation du mobile inertiel, de moments μ_{c1} et μ_{c2} , que l'on tourne afin d'ajuster leur résultante, aussi bien en direction qu'en intensité ;
- en figure 8, un aimant cylindrique magnétisé radialement dont la magnétisation résultante est nulle ; l'ajustement se fait alors par ablation d'une partie de cet aimant ;
- en figure 9, des micro-aimants (pixels magnétiques) dans les directions $\pm X$ et $\pm Y$ que l'on supprime partiellement selon le besoin ;
- en figure 10, un aimant de forme sphérique magnétisé selon l'axe d'oscillation, qui est dans un logement sphérique, permettant son inclinaison pour créer la composante nécessaire à la compensation ;
- la figure 11 représente, de façon similaire à la figure 4, le même mécanisme amélioré avec l'ajout des aimants cylindriques de compensation de la figure 7, au plus près de l'axe d'oscillation ;
- la figure 12 représente, de façon similaire à la figure 4, un mécanisme similaire dont les palettes ont des moments magnétiques parallèles à l'axe d'oscillation ; ici on suppose que le défaut d'alignement du moment magnétique résultant par rapport à l'axe d'oscillation du mobile inertiel a déjà été corrigé ;
- la figure 13 schématise le déplacement du moment magnétique résultant des deux palettes, lors de l'oscillation du mobile inertiel, dans un champ magnétique externe B_z , qui comporte un gradient d'intensité selon la direction X, symbolisé par des zones grisées de densité croissante ; cette figure met en évidence un second effet perturbateur, qui ne se présente qu'en présence d'un champ magnétique externe inhomogène, et que l'on désire corriger ;
- la figure 14 représente, de façon similaire à la figure 12, le même mécanisme amélioré avec l'ajout d'un aimant d'équilibrage, comportant également un moment magnétique parallèle à l'axe d'oscillation, et monté du côté opposé des palettes par rapport à l'axe d'oscillation ; l'aimant d'équilibrage a pour but d'éliminer le second effet perturbateur ;
- la figure 15 schématise, comme la figure 13, le dé-

placement du moment magnétique résultant des deux palettes et de celui de l'aimant d'équilibrage de la figure 14, dans le même champ externe. La variation d'énergie d'interaction qui résulte du déplacement de l'aimant d'équilibrage dans le champ externe annule celle qui résulte du déplacement des deux palettes ;

- la figure 16 représente, de façon similaire à la figure 1, un mécanisme similaire, avec une interaction magnétique entre des éléments d'une structure fixe du mouvement d'horlogerie, tels des étoqueaux, butées ou similaires, et des zones magnétiques du mobile inertiel, ici représentées à l'opposé des palettes par rapport à l'axe d'oscillation ;
- la figure 17 représente, de façon similaire aux figures 4 et 14, un mécanisme similaire, qui comporte à la fois un aimant de compensation et un aimant d'équilibrage ;
- la figure 18 est un schéma-blocs représentant une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un mouvement qui comporte des moyens d'alimentation et/ou de stockage d'énergie agencés pour alimenter au moins un tel résonateur, et un mécanisme d'échappement comportant au moins un mobile d'échappement agencé pour coopérer en interaction avec un tel mobile inertiel.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0016] L'invention se propose de réaliser un mécanisme d'horlogerie insensible au champ magnétique externe, et plus précisément un résonateur d'horlogerie de type magnétique, ou dont au moins une partie du fonctionnement est basée sur l'attraction et/ou la répulsion magnétique, et notamment comportant des aimants, qui soit insensible au champ magnétique externe.

[0017] L'invention concerne un mobile inertiel 1 pour un résonateur 100 d'horlogerie. Ce mobile inertiel 1 est agencé pour osciller autour d'un axe d'oscillation D1, et il comporte au moins une zone magnétique d'interaction magnétique avec un mobile d'échappement d'un mécanisme d'échappement, ladite au moins une zone magnétique comportant au moins un aimant.

[0018] Selon l'invention, le moment magnétique résultant total de toutes les zones magnétiques 10, que comporte le mobile inertiel 1 est aligné dans la direction de l'axe d'oscillation D1. A cet effet, le mobile inertiel 1 porte au moins un élément magnétique de compensation 4, dont la composante de magnétisation perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1 est ajustable, afin d'obtenir le moment magnétique résultant total aligné dans la direction de l'axe d'oscillation D1.

[0019] Plus particulièrement, le centre de masse magnétique du mobile inertiel 1 se trouve sur l'axe d'oscillation D1. Ce centre de masse magnétique est défini par

les moments d'ordre 1 : x_B, y_B, z_B de la composante du moment magnétique selon la direction de l'axe d'oscillation D1.

$$x_B = \frac{\sum \mu_{i_z} x_i}{\sum \mu_{i_z}}$$

$$y_B = \frac{\sum \mu_{i_z} y_i}{\sum \mu_{i_z}}$$

$$z_B = \frac{\sum \mu_{i_z} z_i}{\sum \mu_{i_z}}$$

[0020] Dans ces formules, la somme se fait sur tous les éléments infinitésimaux de moment magnétique μ_i et l'on considère uniquement la composante μ_{i_z} selon l'axe d'oscillation D1.

[0021] Plus particulièrement, toutes les zones magnétiques 10, que comporte ce mobile inertiel 1 ont une aimantation permanente.

[0022] Plus particulièrement encore, toutes les zones magnétiques 10, que comporte le mobile inertiel 1, ne comportent que des aimants permanents et sont dépourvues de composants ferromagnétiques et de zones ferromagnétiques, comme la totalité du mobile inertiel 1 en est également dépourvue.

[0023] L'invention concerne encore un résonateur 100 d'horlogerie comportant au moins un tel mobile inertiel 1 et comportant des moyens de rappel pour entretenir l'oscillation du au moins un mobile inertiel 1.

[0024] Selon l'invention, la résultante des moments magnétiques de toutes les zones magnétiques 10 que porte le au moins un mobile inertiel 1 a une composante nulle dans tout plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1.

[0025] Plus particulièrement, la résultante des moments magnétiques de toutes les zones magnétiques 10 que portent tous les mobiles inertiels 1 de même axe d'oscillation D1, que comporte le résonateur 100, a une composante nulle dans tout plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1.

[0026] Plus particulièrement, toutes les zones que comporte le résonateur 100 au voisinage immédiat du au moins un mobile inertiel 1 ont un moment magnétique nul, et sont dépourvues de composants ferromagnétiques et de zones ferromagnétiques et d'aimants.

[0027] Plus particulièrement, toutes les zones que comporte le résonateur 100 au voisinage immédiat de chaque mobile inertiel 1 de même axe d'oscillation D1, que comporte le résonateur 100, ont un moment magnétique nul, et sont dépourvues de composants ferromagnétiques et de zones ferromagnétiques et d'aimants.

[0028] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 1000, comportant des moyens d'alimentation et/ou de stockage d'énergie 300 agencés pour ali-

menter au moins un tel résonateur 100, que comporte le mouvement 1000, et un mécanisme d'échappement 200 comportant au moins un mobile d'échappement 2 agencé pour coopérer en interaction magnétique avec le au moins un mobile inertiel 1 du résonateur 100.

[0029] Selon l'invention, le au moins un mobile inertiel 1 et le au moins un mobile d'échappement 2 avec lequel il coopère, d'une part comportent des aimants qui sont des aimants permanents, et d'autre part sont dépourvus de composants ferromagnétiques et de zones ferromagnétiques, comme la totalité du résonateur 100 et des composants du mécanisme d'échappement 200 autres que le au moins un mobile d'échappement 2, qui en sont également dépourvus.

[0030] Plus particulièrement, le au moins un mobile inertiel 1 est agencé pour coopérer en interaction magnétique, dans un plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1 ou oblique par rapport à l'axe d'oscillation D1, avec le au moins un mobile d'échappement 2 et/ou un élément de structure 3, aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte le mouvement 1000.

[0031] Et la résultante des moments magnétiques de toutes les zones magnétiques 10 que porte le au moins un mobile inertiel 1 a une composante nulle dans tout plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1.

[0032] Plus particulièrement, la résultante des moments magnétiques de toutes les zones magnétiques 10 que portent tous les mobiles inertiels 1 de même axe d'oscillation D1, que comporte le résonateur 100, a une composante nulle dans tout plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1.

[0033] Plus particulièrement, parmi les toutes les zones magnétiques 10 que comporte le au moins un mobile inertiel 1, un premier ensemble de zones magnétiques est agencé pour l'interaction magnétique avec au moins un mobile d'échappement 2 ou un élément de structure 3, et un deuxième ensemble de zones magnétiques est agencé pour compenser la résultante des moments magnétiques de toutes les zones magnétiques du premier ensemble de façon à ce que la résultante aie une composante nulle dans tout plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1, et le deuxième ensemble de zones magnétiques est encore agencé pour que les efforts d'interaction magnétique de ses constituants avec tout mobile d'échappement 2 ou tout élément de structure 3 du résonateur 100 soient inférieurs au dixième des efforts d'interaction magnétique des constituants du premier ensemble de zones magnétiques avec tout mobile d'échappement 2 ou tout élément de structure 3 du résonateur 100.

[0034] Plus particulièrement, au moins un mobile d'échappement 2 ou au moins un élément de structure 3, aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte le mouvement 1000, et qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec au moins un mobile inertiel 1, a une résultante des moments magnétiques de toutes les zones aimantées et de tous les aimants qu'il comporte ayant une composante nulle dans tout plan perpendicu-

laire à l'axe d'oscillation D1 ou dans tout plan perpendiculaire à son propre axe d'oscillation s'il est monté pivotant.

[0035] Plus particulièrement, chaque mobile d'échappement 2 ou élément de structure 3, aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte le mouvement 1000, et qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec au moins un mobile inertiel 1, a une résultante des moments magnétiques de toutes les zones aimantées et de tous les aimants qu'il comporte ayant une composante nulle dans tout plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1 ou dans tout plan perpendiculaire à son propre axe d'oscillation s'il est monté pivotant.

[0036] Plus particulièrement, le deuxième ensemble comporte au moins une zone aimantée d'équilibrage et/ou un aimant d'équilibrage 6, dont la position du centre de masse magnétique, tel qu'elle est définie ci-dessus, ne se trouve pas sur l'axe d'oscillation D1, et est ajustée par calcul pour réaliser un équilibrage magnétique du au moins un mobile inertiel 1.

[0037] Plus particulièrement, chaque zone aimantée ou aimant que comporte le premier ensemble a un moment magnétique dont la position du centre de masse magnétique ne se trouve pas sur l'axe d'oscillation D1.

[0038] Plus particulièrement, le deuxième ensemble comporte au moins une zone aimantée d'équilibrage ou un aimant d'équilibrage 6, dont la position du centre de masse magnétique ne se trouve pas sur l'axe d'oscillation D1 pour réaliser un équilibrage magnétique du au moins un mobile inertiel 1.

[0039] Plus particulièrement, chaque zone aimantée ou aimant que comporte le premier ensemble a un moment magnétique dont la position du centre de masse magnétique ne se trouve pas sur l'axe d'oscillation D1.

[0040] Plus particulièrement, le deuxième ensemble comporte au moins une zone aimantée d'équilibrage, et/ou un aimant d'équilibrage 6, dont la direction du moment magnétique est selon l'axe d'oscillation D1, pour réaliser un équilibrage magnétique du au moins un mobile inertiel 1.

[0041] Plus particulièrement, le deuxième ensemble comporte au moins une zone aimantée ou un aimant d'équilibrage 6, dont la position du centre de masse magnétique se trouve, par rapport à l'axe d'oscillation D1, à l'opposé du centre de masse magnétique des autres aimants embarqués sur le mobile inertiel, afin de réaliser un équilibrage magnétique du au moins un mobile inertiel 1.

[0042] Plus particulièrement, toutes les zones aimantées et tous les aimants que porte chaque mobile inertiel 1 ont une aimantation permanente.

[0043] Plus particulièrement, toutes les zones aimantées et tous les aimants que porte un au moins un mobile d'échappement 2 ou un élément de structure 3, que comporte le mouvement 1000, ont une aimantation permanente.

[0044] Plus particulièrement, toutes les zones aimantées et tous les aimants que porte chaque mobile

d'échappement 2 ou élément de structure 3, que comporte le mouvement 1000, ont une aimantation permanente.

[0045] Plus particulièrement, au moins un mobile inertiel 1 est un balancier, et en au moins un mobile d'échappement 2 est une roue d'échappement.

[0046] Plus particulièrement, le mouvement 1000 comporte au moins un élément de structure 3, qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec le au moins un mobile inertiel 1 au niveau d'une zone magnétique 13, 14, de ce dernier, et cet élément de structure 3 est notamment un étoqueau 33 ou une butée de limitation de course du au moins un mobile inertiel 1, ou similaire.

[0047] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 2000, notamment une montre, comportant au moins un tel mouvement 1000.

[0048] Plus particulièrement, cette montre 2000 comporte une boîte avec un blindage magnétique pour enfermer chaque résonateur 100 que comporte la montre 2000.

[0049] Les figures illustrent plus particulièrement, et de façon non limitative, l'application de l'invention à un résonateur 100 avec un mobile inertiel 1 qui est un balancier.

[0050] Considérons un balancier 1, monté pivotant autour d'un axe d'oscillation D1, et qui porte des aimants 11 et 12 destinés à interagir avec une roue d'échappement 2, pivotante sur un axe d'échappement D2, tel que visible sur la figure 1, où les aimants 11, 12, sont des palettes magnétiques destinées à interagir en direct avec la roue d'échappement 2. Chaque aimant 11, 12 est porteur d'un moment magnétique.

[0051] Chaque aimant 11, 12, est porteur d'un moment magnétique, c'est une grandeur vectorielle extensive qui se calcule comme l'intégrale de la magnétisation sur tout le volume de l'aimant. On peut se représenter le moment magnétique comme l'aiguille d'une boussole, qui subit un couple lorsqu'elle est plongée dans un champ magnétique externe.

[0052] Afin de minimiser l'effet perturbateur d'un champ magnétique externe sur le résonateur 100, il faut aligner le moment magnétique total des aimants 11, 12, portés par le balancier 1 dans la direction de l'axe d'oscillation D1 du balancier 1, ici dénommée axe Z.

[0053] Idéalement, le moment magnétique devrait être constitué uniquement de la composante μ_z qui est alignée avec l'axe Z. La composante de ce moment qui est perpendiculaire à l'axe Z, soit μ_{xy} , représente un défaut que l'on désire corriger.

[0054] En effet, supposons que le moment magnétique résultant total ne soit pas aligné avec l'axe Z, donc qu'il existe une composante du moment magnétique qui est perpendiculaire à l'axe d'oscillation selon la figure 2. Le moment magnétique total μ_{tot} est la somme des moments magnétiques de tous les aimants portés par le résonateur ; ce moment magnétique total devrait être aligné avec l'axe d'oscillation D1, axe Z sur la figure, pour

garantir l'insensibilité du résonateur aux champs externes. Le vecteur μ_{tot} est la somme d'un vecteur μ_{xy} représentant la composante du moment résultant total dans le plan XOY perpendiculaire à l'axe Z, et de la composante μ_z sur ce même axe Z : en résumé on cherche à minimiser, et si possible à annuler la composante μ_{xy} . Car cette composante μ_{xy} du moment magnétique total μ_{tot} va changer de direction lorsque le balancier 1 oscille.

[0055] En présence d'un champ magnétique externe Bext, elle subit un couple qui tend à l'aligner avec ce champ externe, et dont l'intensité dépend de la position angulaire du balancier 3, tel que visible sur la figure 3. Le champ magnétique externe produit un couple perturbateur sur le mobile inertiel. Il s'agit d'un premier effet perturbateur qui se manifeste dans un champ magnétique externe, et que l'on désire annuler.

[0056] En théorie, on peut toujours postuler que la magnétisation des aimants 11, 12, portés par le balancier 1 soit alignée dans la direction de l'axe d'oscillation. Toutefois, on sait qu'en pratique il y aura toujours des imperfections, dues à l'assemblage, la magnétisation, ou autre, et par conséquent un petit défaut d'alignement est inévitable, et donc la présence de cette petite composante μ_{xy} perturbatrice.

[0057] En effet, un défaut d'alignement produit une telle petite composante μ_{xy} dans le plan perpendiculaire à l'axe d'oscillation, qui se comporte comme l'aiguille d'une boussole. Ainsi un champ magnétique externe Bext produit un couple perturbateur qui dépend de la position du balancier, et donc une variation de marche. En effet, il est connu qu'un tel couple perturbateur, qui varie de façon non-linéaire avec l'angle du balancier 1, affecte la marche du résonateur 100.

[0058] Il est possible d'améliorer l'insensibilité du résonateur aux champs externes en effectuant plusieurs démarches.

[0059] La première amélioration proposée consiste donc à ajouter au moins un aimant de compensation 4 sur le balancier 1, tel que visible sur la figure 4. Il s'agit d'un aimant supplémentaire, qui n'interagit pas avec la roue d'échappement 2, et dont la composante μ_c perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1 est ajustée pour être d'intensité égale mais de direction opposée à la composante μ_{xy} (perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1) des autres aimants portés par le balancier 1, tel que visible sur la figure 5, pour compenser l'effet du moment magnétique μ_{xy} . La figure 5 montre que le moment magnétique total est alors réduit à μ_z et est alors aligné selon OZ qui correspond à l'axe d'oscillation D1 du balancier 1. De cette façon, tel que visible sur la figure 6, lorsqu'on plonge le balancier 1 dans un champ magnétique externe Bext, le couple subi par l'aimant de compensation 4 est opposé au couple subi par les autres aimants 11, 12, embarqués sur le balancier 1, si bien que le couple total est nul. On annule ainsi le couple perturbateur.

[0060] Il y a plusieurs façons de réaliser un tel aimant de compensation 4, dont la composante perpendiculaire à l'axe d'oscillation est ajustable, tel que visible sur les

figures 7 à 10.

[0061] On peut imaginer utiliser au moins deux aimants cylindriques magnétisés diamétralement et dont l'axe est parallèle à l'axe d'oscillation D1 du résonateur, de moments μ_{c1} et μ_{c2} , que l'on tourne afin d'ajuster leur résultante, tel que visible sur la figure 7, aussi bien en direction qu'en intensité.

[0062] On peut aussi ajouter un aimant cylindrique magnétisé radialement dont la magnétisation résultante est nulle. L'ajustement se fait alors par ablation d'une partie de cet aimant, tel que visible sur la figure 8.

[0063] On peut encore imaginer des micro-aimants (pixels magnétiques) dans les directions $\pm X$ et $\pm Y$ que l'on viendra supprimer au besoin, tel que visible sur la figure 9.

[0064] On peut aussi imaginer un aimant de forme sphérique magnétisé selon l'axe d'oscillation, qui est dans un logement sphérique, tel que visible sur la figure 10, afin qu'on puisse l'incliner pour créer la composante μ_c qui est nécessaire à la compensation. Bien entendu, tout autre moyen mécanique d'ajuster la direction de l'aimant est utilisable.

[0065] Cette liste n'est pas exhaustive. Par exemple une autre solution serait d'ajouter un seul aimant cylindrique, magnétisé diamétralement avec la bonne intensité, égale à celle de μ_{xy} , et qui serait orientable afin d'ajuster la direction de μ_c . Afin d'ajuster l'intensité de cet aimant, on peut varier le champ utilisé pour le magnétiser.

[0066] Bien entendu, chacune de ces solutions pour créer un aimant de compensation ajustable est, avantageusement, embarquée sur le balancier 1, proche de son axe d'oscillation D1, comme représenté sur la figure 11 qui reprend la configuration de la figure 7.

[0067] Quelle que soit la méthode utilisée pour l'ajustement, il faut préalablement mesurer la sensibilité résiduelle du résonateur, et calculer la compensation désirée. Pour cela, il suffit d'appliquer un champ magnétique externe uniforme B_{x0} selon $+X$ et $-X$, et de mesurer la différence de marche Δm_x qui en résulte. On fait de même pour un champ magnétique selon Y . Les composantes du moment magnétique de compensation sont calculées comme suit : $\mu_x = k \cdot \Delta m_x / (86400 B_{x0})$, et pour l'autre composante il suffit de remplacer x par y dans cette expression, avec :

$$\mu_x = \text{moment magnétique en A.m}^{-2}$$

k = rigidité en rotation du ressort de rappel du balancier, en $N^*m/rad = N^*m$. Par exemple $k = 10^{-6} N.m/rad$ pour un balancier spiral.

Δm_x = marche en secondes par jour

B_{x0} = champ magnétique en Tesla.

[0068] Supposons maintenant que ce travail d'alignement du moment magnétique total ait été effectué, si bien

que la composante du moment magnétique perpendiculaire à l'axe d'oscillation D1 soit devenue négligeable. Le prochain effet perturbateur qui affecte la marche du balancier 1, lorsqu'on le place dans un champ externe B_{ext} est dû au déplacement, en arc de cercle, du moment magnétique dans un champ B_z inhomogène, tel que visible sur la figure 13. En effet, l'énergie d'interaction magnétique varie de façon non-linéaire avec la position du balancier 1, si bien que cela crée un couple perturbateur qui affecte la marche du résonateur 100.

[0069] La figure 12 montre un balancier 1 avec des palettes magnétiques 11 et 12 qui sont aimantées selon l'axe OZ, avec un moment magnétique résultant $\mu_{z1\&2}$ qui est positionné au centre de masse magnétique des palettes 11 et 12 (par analogie avec la masse totale d'un mobile que l'on positionne en son centre de masse). La figure 13 illustre le déplacement de ce même moment magnétique résultant dans un champ magnétique B_z inhomogène, illustré ici par exemple avec un gradient d'intensité de champ selon X , représenté par des grisés progressifs. L'énergie d'interaction magnétique varie de façon non-linéaire avec la position du balancier 1 dans ce champ.

[0070] Pour annuler cet effet, il peut suffire que le moment magnétique résultant soit situé sur l'axe d'oscillation D1 (point O). Toutefois les palettes magnétiques 11 et 12 qui interagissent avec la roue d'échappement 2 ne peuvent pas être déplacées en ce point.

[0071] Une seconde proposition d'amélioration consiste donc à ajouter un aimant d'équilibrage 6, tel que visible sur la figure 14. Cet aimant d'équilibrage 6 est situé à l'opposé de la roue d'échappement 2, par rapport à l'axe d'oscillation D1, et suffisamment loin de cette roue d'échappement 2 pour ne pas interagir avec elle.

[0072] Cet aimant d'équilibrage 6 est magnétisé dans la direction de l'axe d'oscillation D1. Il est positionné à l'opposé de la position du centre de masse magnétique des autres aimants 11 et 12 embarqués sur le balancier 1, comme le montre la figure 14. De cette façon, la trajectoire que le moment magnétique de l'aimant d'équilibrage 6 décrit dans le champ externe B_z produit, au premier ordre, un couple perturbateur qui est opposé à celui qui s'applique aux autres aimants 11 et 12 embarqués sur le balancier 1. Une autre façon d'expliquer le rôle de cet aimant consiste à parler d'équilibrage magnétique. L'objectif est de ramener ce que l'on peut dénommer un centre de masse magnétique du moment magnétique sur l'axe d'oscillation. Ce centre de masse magnétique est défini par les moments d'ordre 1 (x_B , y_B , z_B) de la composante du moment magnétique résultant total qui est dans la direction de l'axe d'oscillation D1.

[0073] Autrement-dit, on remplace la masse par μ_z dans la définition du centre de masse :

$$x_B = \frac{\sum \mu_{iz} x_i}{\sum \mu_{iz}}$$

$$y_B = \frac{\sum \mu_{i_z} y_i}{\sum \mu_{i_z}}$$

$$z_B = \frac{\sum \mu_{i_z} z_i}{\sum \mu_{i_z}}$$

Plus précisément, pour réaliser l'équilibrage magnétique, il s'agit de placer le centre de masse magnétique de la magnétisation totale portée par le résonateur 100 sur l'axe d'oscillation D1.

[0074] Ce raisonnement est applicable dans l'exemple illustré par les figures 13 et 15 (qui montre, de façon similaire à la figure 13, le déplacement des moments magnétiques des palettes 11 et 12 ainsi que de l'aimant d'équilibrage 6 dans le champ externe), où il existe un gradient relativement régulier de champ externe, en l'occurrence selon X dans cet exemple. Toutefois ce raisonnement n'est pas valable si le champ externe varie avec une forte non-linéarité. En principe une telle forte non-linéarité ne se produit pas s'il n'y a pas d'éléments ferromagnétiques à proximité du balancier 1. Donc en pratique, il faut prendre soin d'éloigner suffisamment les composants ferromagnétiques du balancier 1, afin que cette méthode soit efficace.

[0075] Plusieurs méthodes sont possibles pour ajouter cet aimant d'équilibrage magnétique. Il faut préciser que la géométrie et l'emplacement de cet aimant d'équilibrage peuvent être calculés au moment de la conception des aimants palettes 11, 12, et similaires. Donc l'aimant d'équilibrage 6 peut être fabriqué avec la même technologie qui permet de fabriquer les palettes : usinage traditionnel, laser, dépôt de couches minces, ou autre. Une autre solution peut consister à l'ajouter dans un second temps par exemple en projetant de la matière magnétique sur la serge de balancier, par fabrication additive ou jetting, ou par tout autre procédé convenable, pour l'équilibrer. Bien entendu cette liste n'est pas exhaustive.

[0076] En somme, l'invention propose :

- une masse inertielle de résonateur, notamment un balancier oscillant, qui porte des aimants tous alignés dans la direction de l'axe d'oscillation de cette masse inertielle ;
- une telle masse inertielle à laquelle on ajoute un petit aimant de compensation qui possède une composante de magnétisation dans la direction perpendiculaire à l'axe d'oscillation ; cet aimant de compensation doit être ajusté afin de compenser un défaut d'alignement du moment magnétique total avec l'axe d'oscillation ;
- une telle masse inertielle, avec ou sans aimant de compensation, à laquelle on ajoute un petit aimant d'équilibrage qui est magnétisé dans la direction de l'axe d'oscillation ; cet aimant d'équilibrage doit être

dimensionné et positionné de sorte à ramener le centre de masse magnétique sur l'axe d'oscillation ;

- une variante avec une masse inertielle selon l'une de ces exécutions, et sur laquelle on a éliminé tous les composants ferromagnétiques, ou qui, de construction, est dépourvue de toute zone ferromagnétique ;
- un mouvement d'horlogerie avec un résonateur comportant au moins une masse inertielle selon l'une des exécutions ci-dessus, et à proximité de laquelle on a éliminé tous les composants magnétiques et/ou ferromagnétiques, excepté les aimants du mobile d'échappement, notamment une roue d'échappement, coopérant avec cette masse inertielle.

[0077] L'invention permet d'obtenir une bonne insensibilité d'un résonateur incorporant des fonctions magnétiques aux champs magnétiques externes, sans augmentation notable du volume de ses composants, et à un coût modéré.

[0078] L'invention est applicable aussi bien à des matériels neufs qu'à des mécanismes déjà fabriqués, qu'il est possible d'améliorer dans des conditions économiques raisonnables, en toute sécurité.

[0079] L'invention est décrite ici dans le cas particulier d'un résonateur, qui est l'organe le plus sensible d'une pièce d'horlogerie, toute perturbation d'ordre magnétique étant susceptible de se répercuter directement sur la marche par une dégradation de celle-ci. Le constructeur horloger saura aussi l'appliquer à d'autres mécanismes moins sensibles d'une montre, comme des mécanismes de sonnerie magnétiques, ou autres.

[0080] L'invention a été décrite dans le cas préféré d'une interaction magnétique, son principe reste applicable à une interaction électrostatique, ou encore mixte magnétique et électrostatique.

Revendications

1. Mobile inertiel (1) pour un résonateur (100) d'horlogerie, agencé pour osciller autour d'un axe d'oscillation (D1), et comportant au moins une zone magnétique (11, 12 ; 11 à 14) pour une interaction magnétique avec au moins un mobile d'échappement d'un mécanisme d'échappement et/ou un élément de structure (33, 34), aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte un mouvement d'horlogerie incorporant le résonateur d'horlogerie, ladite au moins une zone magnétique comportant au moins un aimant ; **caractérisé en ce que** ledit mobile inertiel (1) porte en outre au moins un élément magnétique de compensation (4), dont la composante de magnétisation perpendiculaire audit axe d'oscillation (D1) est ajustable afin de pouvoir obtenir un moment magnétique

résultant total pour le mobile inertiel qui est aligné dans la direction dudit axe d'oscillation (D1).

2. Mobile inertiel (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** son centre de masse magnétique se trouve sur ledit axe d'oscillation (D1), ledit centre de masse magnétique étant défini par les moments d'ordre '1' (x_B , y_B , z_B) de la composante du moment magnétique qui est dans la direction dudit axe d'oscillation (D1). 5
3. Mobile inertiel (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** toutes les zones magnétiques (10), que comporte ledit mobile inertiel (1), ont une aimantation permanente. 10
4. Mobile inertiel (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** toutes les zones magnétiques (10), que comporte ledit mobile inertiel (1), ne comportent que des aimants permanents, et sont dépourvues de composants ferromagnétiques et de zones ferromagnétiques, comme la totalité dudit mobile inertiel (1) en est aussi dépourvue. 15
5. Mouvement d'horlogerie (1000) comportant un résonateur (100) formé par un mobile inertiel (1) selon une des revendications 1 à 4 et par des moyens de rappel pour pouvoir entretenir une oscillation du mobile inertiel, des moyens d'alimentation et/ou de stockage d'énergie (300) agencés pour alimenter le résonateur (100), et un mécanisme d'échappement (200) comportant au moins un mobile d'échappement (2) qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec ledit mobile inertiel. 20
6. Mouvement (1000) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ledit mobile inertiel (1) est agencé pour coopérer en interaction magnétique, dans un plan perpendiculaire audit axe d'oscillation (D1) ou oblique par rapport audit axe d'oscillation (D1), avec ledit au moins un mobile d'échappement (2) et/ou un élément de structure (3), aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte ledit mouvement (1000), et **en ce que** la résultante des moments magnétiques de toutes les zones magnétiques (10) que porte ledit mobile inertiel (1) a une composante nulle dans tout plan perpendiculaire audit axe d'oscillation (D1). 25
7. Mouvement (1000) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que**, parmi toutes les zones magnétiques (10) que comporte ledit mobile inertiel (1), un premier ensemble de zones magnétiques (11, 12 ; 11 à 14) est agencé pour ladite interaction magnétique avec ledit au moins un mobile d'échappement (2) et/ou un élément de structure (3), et un deuxième ensemble de zones magnétiques (4) est agencé pour compenser la résultante des moments magnétiques des zones magnétiques dudit premier ensemble. 30

ble de façon à ce que ladite résultante des moments magnétiques aie une composante nulle dans tout plan perpendiculaire audit axe d'oscillation (D1), et **en ce que** ledit deuxième ensemble de zones magnétiques est encore agencé pour que les efforts d'interaction magnétique de ses constituants avec tout mobile d'échappement (2) ou tout élément de structure (3) que comporte le mouvement (1000) soient inférieurs au dixième des efforts d'interaction magnétique des constituants dudit premier ensemble de zones magnétiques avec tout mobile d'échappement (2) ou tout élément de structure (3) que comporte le mouvement. 35

8. Mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** au moins un mobile d'échappement (2) ou au moins un élément de structure (3), aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte ledit mouvement (1000), et qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec ledit mobile inertiel (1), a une résultante des moments magnétiques de toutes les zones aimantées et de tous les aimants qu'il comporte ayant une composante nulle dans tout plan perpendiculaire audit axe d'oscillation (D1) ou dans tout plan perpendiculaire à son propre axe d'oscillation s'il est monté pivotant. 40
9. Mouvement (1000) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** chaque mobile d'échappement (2) ou élément de structure (3), aimanté et/ou ferromagnétique, que comporte ledit mouvement (1000), et qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec ledit mobile inertiel (1), a une résultante des moments magnétiques de toutes les zones aimantées et de tous les aimants qu'il comporte ayant une composante nulle dans tout plan perpendiculaire audit axe d'oscillation (D1) ou dans tout plan perpendiculaire à son propre axe d'oscillation s'il est monté pivotant. 45
10. Mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 9, **caractérisé en ce que** ledit mobile inertiel (1) comporte au moins un aimant d'équilibrage (6) dont la direction du moment magnétique est selon ledit axe d'oscillation (D1) et qui est positionné pour réaliser un équilibrage magnétique dudit mobile inertiel (1). 50
11. Mouvement (1000) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** ledit au moins un aimant d'équilibrage (6) présente un centre de masse magnétique qui se trouve, par rapport audit axe d'oscillation (D1), à l'opposé du centre de masse magnétique des autres aimants embarqués sur le mobile inertiel, afin de réaliser l'équilibrage magnétique dudit mobile inertiel Z (1), ledit centre de masse magnétique étant défini par les moments d'ordre '1' (x_B , y_B , z_B) de la composante du moment magnétique qui est dans la 55

direction dudit axe d'oscillation (D1).

12. Mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 11, **caractérisé en ce que** toutes les zones aimantées et tous les aimants que porte ledit mobile inertiel (1) ont une aimantation permanente. 5
13. Mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 12, **caractérisé en ce que** toutes les zones aimantées et tous les aimants que porte un dit mobile d'échappement (2) ou un dit élément de structure (3), que comporte ledit mouvement (1000), ont une aimantation permanente. 10
14. Mouvement (1000) selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** toutes les zones aimantées et tous les aimants que porte chaque dit mobile d'échappement (2) ou dit élément de structure (3), que comporte ledit mouvement (1000), ont une aimantation permanente. 15 20
15. Mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 14, **caractérisé en ce que** ledit mobile inertiel (1) est un balancier, et **en ce qu'**au moins un dit mobile d'échappement (2) est une roue d'échappement. 25
16. Mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 15, **caractérisé en ce qu'**il comporte au moins un dit élément de structure (3) qui est agencé pour coopérer en interaction magnétique avec ledit mobile inertiel (1), et qui est un étoqueau (33, 34) ou une butée de limitation de course dudit mobile inertiel (1). 30
17. Montre (2000) comportant un mouvement (1000) selon l'une des revendications 5 à 16. 35
18. Montre (2000) selon la revendication 17, **caractérisée en ce qu'**elle comporte une boîte avec un blindage magnétique pour enfermer ledit résonateur (100) que comporte ladite montre (2000). 40

Patentansprüche

1. Trägheitsdrehteil (1) für einen Uhrresonator (100), der angeordnet ist, um um eine Schwingungsachse (D1) herum zu oszillieren, und mindestens einen magnetischen Bereich (11, 12; 11 bis 14) für eine magnetische Wechselwirkung mit mindestens einem Hemmungsdrehteil eines Hemmungsmechanismus und/oder einem magnetisierten und/oder ferromagnetischen Strukturelement (33, 34), das ein Uhrwerk beinhaltet, das den Uhrenresonator einbezieht, beinhaltet, wobei der mindestens eine magnetische Bereich mindestens einen Magneten beinhaltet; **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägheitsdrehteil (1) weiter mindestens ein magnetisches Kompensationselement (4) trägt, dessen Magnetisierungskom-

ponente senkrecht zur Schwingungsachse (D1) einstellbar ist, um ein gesamtes resultierendes magnetisches Moment für den Trägheitsdrehteil erhalten zu können, das in der Richtung der Schwingungsachse (D1) ausgerichtet ist.

2. Trägheitsdrehteil (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich sein magnetischer Massenmittelpunkt auf der Schwingungsachse (D1) befindet, wobei der magnetische Massenmittelpunkt durch die Momente der Ordnung '1' (x_B , y_B , z_B) der Komponente des magnetischen Moments definiert ist, die in der Richtung der Schwingungsachse (D1) liegt.
3. Trägheitsdrehteil (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle magnetischen Bereiche (10), die der Trägheitsdrehteil (1) beinhaltet, eine Permanentmagnetisierung aufweisen.
4. Trägheitsdrehteil (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle magnetischen Bereiche (10), die der Trägheitsdrehteil (1) beinhaltet, nur Permanentmagnete aufweisen und frei von ferromagnetischen Komponenten und ferromagnetischen Bereichen sind, wie auch die Gesamtheit des Trägheitsdrehteils (1) frei davon ist.
5. Uhrwerk (1000), das einen Resonator (100) beinhaltet, der durch ein Trägheitsdrehteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und durch Rückstellmittel gebildet wird, um eine Oszillation des Trägheitsdrehteils unterhalten zu können, Energieversorgungs- und/oder -speichermittel (300), die angeordnet sind, um den Resonator (100) zu versorgen, und einen Hemmungsmechanismus (200), der mindestens einen Hemmungsdrehteil (2) beinhaltet, der angeordnet ist, um mit dem Trägheitsdrehteil in magnetischer Wechselwirkung zusammenzuwirken.
6. Uhrwerk (1000) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägheitsdrehteil (1) angeordnet ist, um in einer Ebene senkrecht zur Schwingungsachse (D1) oder schräg in Bezug zur Schwingungsachse (D1) in magnetischer Wechselwirkung mit dem mindestens einen Hemmungsdrehteil (2) und/oder einem magnetisierten und/oder ferromagnetischen Strukturelement (3) zusammenzuwirken, welches das Uhrwerk (1000) beinhaltet, und dadurch, dass die Resultierende der magnetischen Momente aller magnetischen Bereiche (10), die der Trägheitsdrehteil (1) trägt, in jeder Ebene senkrecht zur Schwingungsachse (D1) eine Nullkomponente aufweist.
7. Uhrwerk (1000) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** unter allen magnetischen Bereichen (10), die der Trägheitsdrehteil (1) beinhaltet, eine

- erste Einheit von magnetischen Bereichen (11, 12; 11 bis 14) für die magnetische Wechselwirkung mit dem mindestens einen Hemmungsdrehteil (2) und/oder einem Strukturelement (3) angeordnet ist, und eine zweite Einheit von magnetischen Bereichen (4) zum Kompensieren der Resultierenden der magnetischen Momente der magnetischen Bereiche der ersten Einheit angeordnet ist, sodass die Resultierende der magnetischen Momente in jeder Ebene senkrecht zur Schwingungsachse (D1) eine Nullkomponente aufweist, und dadurch, dass die zweite Einheit von magnetischen Bereichen weiter angeordnet ist, damit die magnetischen Wechselwirkungskräfte ihrer Bestandteile mit jedem Hemmungsdrehteil (2) oder jedem Strukturelement (3), welches das Uhrwerk (1000) beinhaltet, weniger als ein Zehntel der magnetischen Wechselwirkungskräfte der Bestandteile der ersten Einheit von magnetischen Bereichen mit jedem Hemmungsdrehteil (2) oder jedem Strukturelement (3), welches das Uhrwerk beinhaltet, betragen.
8. Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Hemmungsdrehteil (2) oder mindestens ein magnetisiertes und/oder ferromagnetisches Strukturelement (3), welches das Uhrwerk (1000) beinhaltet und welches angeordnet ist, um in magnetischer Wechselwirkung mit dem Hemmungsdrehteil (1) zusammenzuwirken, eine Resultierende der magnetischen Momente aller magnetisierten Bereiche und aller Magnete, die es beinhaltet, aufweist, die eine Nullkomponente in jeder Ebene senkrecht zur Schwingungsachse (D1) oder in jeder Ebene senkrecht zu seiner eigenen Schwingungsachse aufweist, wenn es drehbar montiert ist.
9. Uhrwerk (1000) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes magnetisierte und/oder ferromagnetische Hemmungsdrehteil (2) oder Strukturelement (3), welches das Uhrwerk (1000) beinhaltet und das angeordnet ist, um in magnetischer Wechselwirkung mit dem Hemmungsdrehteil (1) zusammenzuwirken, eine Resultierende der magnetischen Momente aller magnetisierten Bereiche und aller Magnete, die es beinhaltet, aufweist, die eine Nullkomponente in jeder Ebene senkrecht zur Schwingungsachse (D1) oder in jeder Ebene senkrecht zu seiner eigenen Schwingungsachse aufweist, wenn es drehbar montiert ist.
10. Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägheitsdrehteil (1) mindestens einen Auswuchtmagneten (6) beinhaltet, dessen Richtung des magnetischen Moments entlang der Schwingungsachse (D1) verläuft und der positioniert ist, um eine magnetische Auswuchtung des Trägheitsdrehteils (1) durchzuführen.
11. Uhrwerk (1000) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Auswuchtmagnet (6) einen magnetischen Massenmittelpunkt aufweist, der sich in Bezug auf die Schwingungsachse (D1) gegenüber dem magnetischen Massenmittelpunkt der anderen am Trägheitsdrehteil eingebauten Magneten befindet, um die magnetische Auswuchtung des Trägheitsdrehteils (1) durchzuführen, wobei der magnetische Massenmittelpunkt durch die Momente der Ordnung '1' (x_B , y_B , z_B) der Komponente des magnetischen Moments definiert ist, die in der Richtung der Schwingungsachse (D1) liegt.
12. Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle magnetisierten Bereiche und alle Magnete, die der Trägheitsdrehteil (1) trägt, eine permanente Magnetisierung aufweisen.
13. Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle magnetisierten Bereiche und alle Magnete, die ein Hemmungsdrehteil (2) oder ein Strukturelement (3), welches das Uhrwerk (1000) beinhaltet, tragen, eine permanente Magnetisierung aufweisen.
14. Uhrwerk (1000) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle magnetisierten Bereiche und alle Magnete, die jedes Hemmungsdrehteil (2) oder Strukturelement (3), welches das Uhrwerk (1000) beinhaltet, trägt, eine permanente Magnetisierung aufweisen.
15. Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägheitsdrehteil (1) eine Unruh ist und dadurch, dass mindestens ein Hemmungsdrehteil (2) ein Hemmungsrad ist.
16. Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens ein sogenanntes Strukturelement (3) umfasst, das angeordnet ist, um in magnetischer Wechselwirkung mit dem Trägheitsdrehteil (1) zusammenzuwirken, und das ein Sperrstift (33, 34) oder ein Anschlag zur Begrenzung des Weges des Trägheitsdrehteils (1) ist.
17. Uhr (2000), die ein Uhrwerk (1000) nach einem der Ansprüche 5 bis 16 beinhaltet.
18. Uhr (2000) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Gehäuse mit einer magnetischen Abschirmung umfasst, um den Resonator (100), den die Uhr (2000) beinhaltet, einzuschließen.

Claims

1. Inertia wheel set (1) for a horological resonator (100), arranged to oscillate about an oscillation axis (D1), and comprising at least one magnetic area (11, 12; 11 to 14) for magnetic interaction with at least one escape wheel set of an escapement mechanism and/or a magnetised and/or ferromagnetic structural element (33, 34) comprised in a horological movement incorporating the horological resonator, said at least one magnetic area comprising at least one magnet; **characterised in that** said inertia wheel set (1) further carries at least one magnetic compensating element (4), the magnetisation component whereof perpendicular to said oscillation axis (D1) can be adjusted in order to be able to obtain a total resultant magnetic moment for the inertia wheel set that is aligned in the direction of said oscillation axis (D1).
2. Inertia wheel set (1) according to claim 1, **characterised in that** the magnetic centre of mass thereof is located on said oscillation axis (D1), said magnetic centre of mass being defined by the moments of order '1' (x_B , y_B , z_B) of the component of the magnetic moment that is in the direction of said oscillation axis (D1).
3. Inertia wheel set (1) according to claim 1 or 2, **characterised in that** all of the magnetic areas (10) comprised in said inertia wheel set (1) have permanent magnetisation.
4. Inertia wheel set (1) according to claim 1 or 2, **characterised in that** all of the magnetic areas (10) comprised in said inertia wheel set (1) only comprise permanent magnets, and are devoid of ferromagnetic components and of ferromagnetic areas, like the entirety of said inertia wheel set (1) is also devoid thereof.
5. Horological movement (1000) comprising a resonator (100) formed by an inertia wheel set (1) according to one of claims 1 to 4, and by return means to be able to maintain oscillation of the inertia wheel set, energy supply and/or storage means (300) arranged to power the resonator (100), and an escapement mechanism (200) comprising at least one escape wheel set (2) which is arranged to interact magnetically with said inertia wheel set.
6. Movement (1000) according to claim 5, **characterised in that** said inertia wheel set (1) is arranged such that it interacts magnetically, in a plane perpendicular to said oscillation axis (D1) or oblique relative to said oscillation axis (D1), with said at least one escape wheel set (2) and/or a structural element (3), that is magnetised and/or ferromagnetic, comprised in said movement (1000), and **in that** the resultant of the magnetic moments of all of the magnetic areas (10) carried by said inertia wheel set (1) has a zero component in any plane perpendicular to said oscillation axis (D1).
7. Movement (1000) according to claim 6, **characterised in that**, from among all of the magnetic areas (10) comprised in said inertia wheel set (1), a first set of magnetic areas (11, 12; 11 to 14) is arranged for said magnetic interaction with said at least one escape wheel set (2) and/or a structural element (3), and a second set of magnetic areas (4) is arranged so as to compensate for the resultant of the magnetic moments of the magnetic areas of said first set such that said resultant of the magnetic moments has a zero component in any plane perpendicular to said oscillation axis (D1), and **in that** said second set of magnetic areas is further arranged such that the magnetic interaction forces of the constituents thereof with any escape wheel set (2) or any structural element (3) comprised in the movement (1000) are less than one tenth of the magnetic interaction forces of the constituents of said first set of magnetic areas with any escape wheel set (2) or any structural element (3) comprised in the movement.
8. Movement (1000) according to one of claims 5 to 7, **characterised in that** at least one escape wheel set (2) or at least one structural element (3) that is magnetised and/or ferromagnetic, comprised in said movement (1000), and which is arranged so as to interact magnetically with said inertia wheel set (1), has a resultant of the magnetic moments of all of the magnetised areas and of all of the magnets comprised therein having a zero component in any plane perpendicular to said oscillation axis (D1) or in any plane perpendicular to its own oscillation axis if rotatably mounted.
9. Movement (1000) according to claim 8, **characterised in that** each escape wheel set (2) or structural element (3) that is magnetised and/or ferromagnetic, comprised in said movement (1000), and which is arranged so as to interact magnetically with said inertia wheel set (1), has a resultant of the magnetic moments of all of the magnetised areas and of all of the magnets comprised therein having a zero component in any plane perpendicular to said oscillation axis (D1) or in any plane perpendicular to its own oscillation axis if rotatably mounted.
10. Movement (1000) according to one of claims 5 to 9, **characterised in that** said inertia wheel set (1) comprises at least one balancing magnet (6), the direction of the magnetic moment whereof lies along said oscillation axis (D1) and which is positioned for the magnetic balancing of said inertia wheel set (1).

11. Movement (1000) according to claim 10, **characterised in that** said at least one balancing magnet (6) has a magnetic centre of mass that is located, relative to said oscillation axis (D1), opposite the magnetic centre of mass of the other magnets carried by the inertia wheel set, for the magnetic balancing of said inertia wheel set (1), said magnetic centre of mass being defined by the moments of order '1' (x_B , y_B , z_B) of the component of the magnetic moment that is in the direction of said oscillation axis (D1). 5 10
12. Movement (1000) according to one of claims 5 to 11, **characterised in that** all of the magnetised areas and all of the magnets carried by said inertia wheel set (1) have permanent magnetisation. 15
13. Movement (1000) according to one of claims 5 to 12, **characterised in that** all of the magnetised areas and all of the magnets carried by a said escape wheel set (2) or a said structural element (3), comprised in said movement (1000), have permanent magnetisation. 20
14. Movement (1000) according to claim 13, **characterised in that** all of the magnetised areas and all of the magnets carried by each said escape wheel set (2) or said structural element (3), comprised in said movement (1000), have permanent magnetisation. 25
15. Movement (1000) according to one of claims 5 to 14, **characterised in that** said inertia wheel set (1) is a balance, and **in that** at least one said escape wheel set (2) is an escape wheel. 30
16. Movement (1000) according to one of claims 5 to 15, **characterised in that** it comprises at least one said structural element (3), which is arranged so as to magnetically interact with said inertia wheel set (1), and which is a detent pin (33, 34) or a banking limiting the travel of said inertia wheel set (1). 35 40
17. Watch (2000) comprising a movement (1000) according to one of claims 5 to 16.
18. Watch (2000) according to claim 17, **characterised in that** it comprises a case with a magnetic shield in order to enclose said resonator (100) comprised in said watch (2000). 45

50

55

Fig. 1

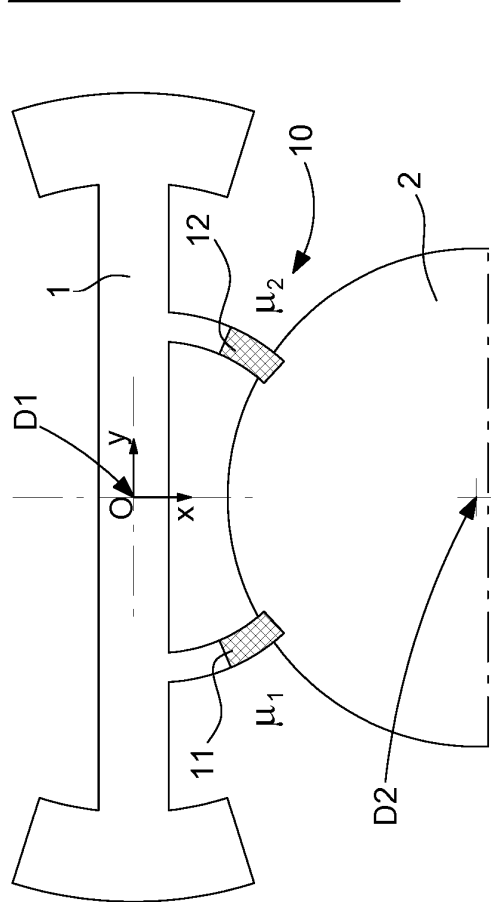


Fig. 2

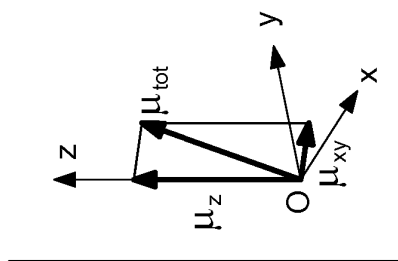


Fig. 3

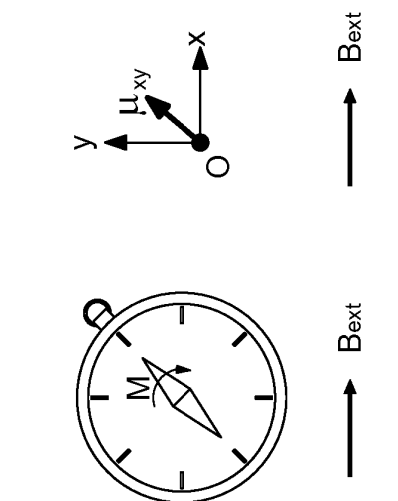


Fig. 4

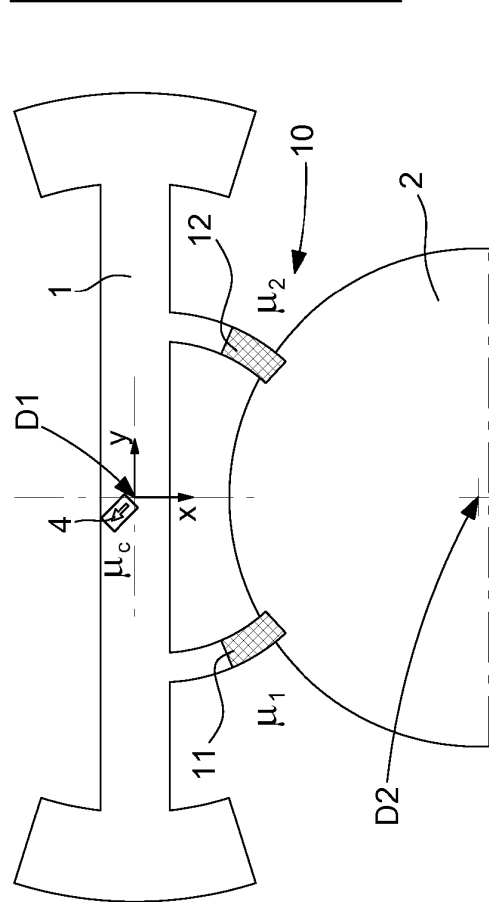


Fig. 5

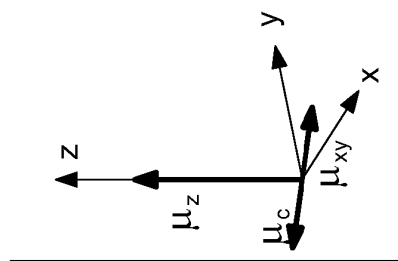
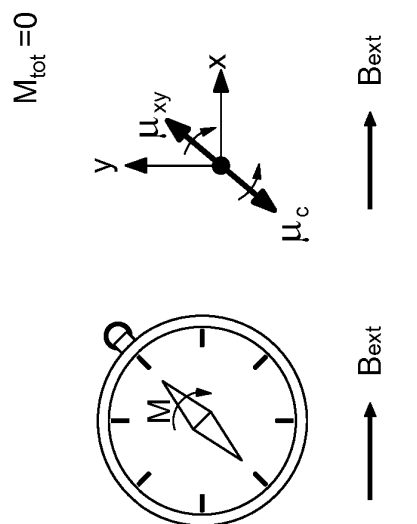


Fig. 6



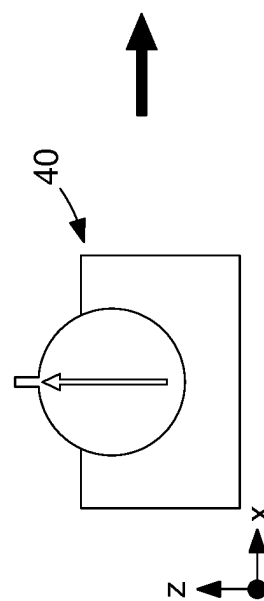
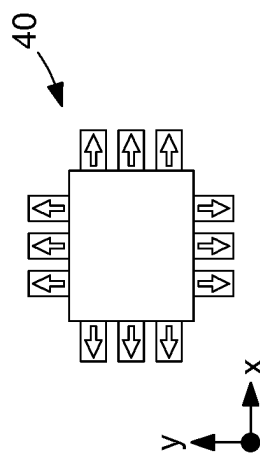
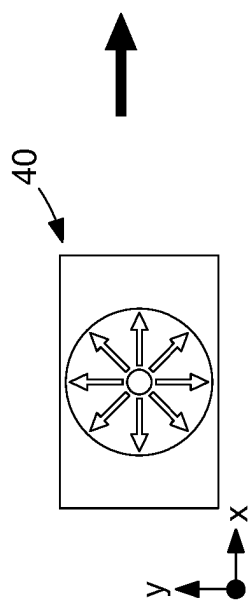
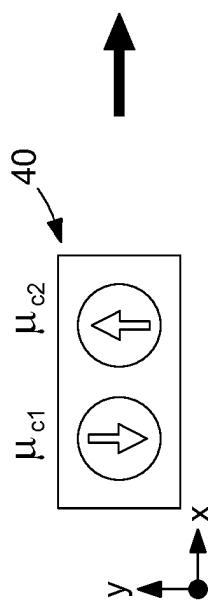
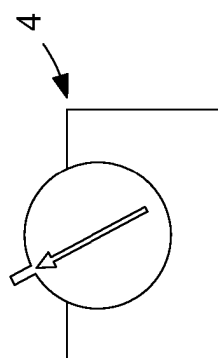
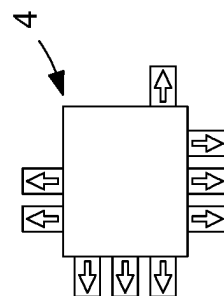
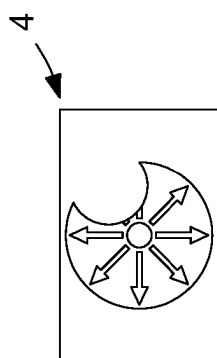
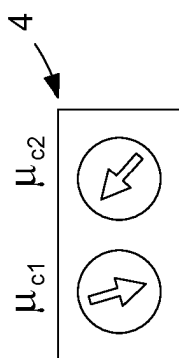
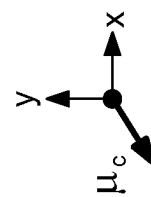
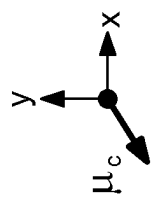
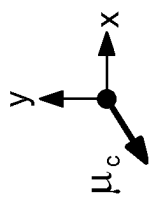
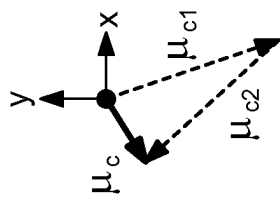


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

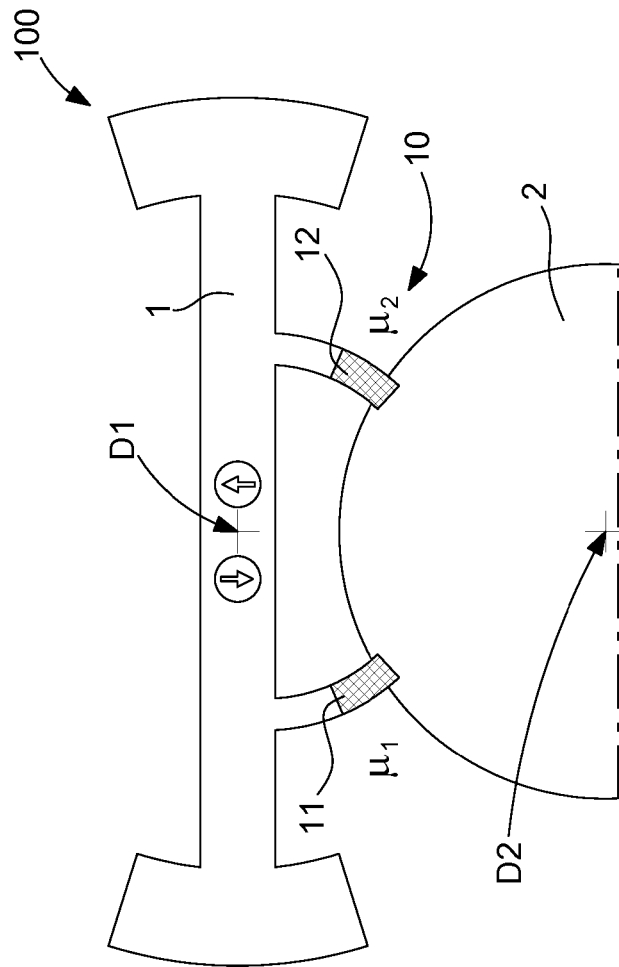


Fig. 13

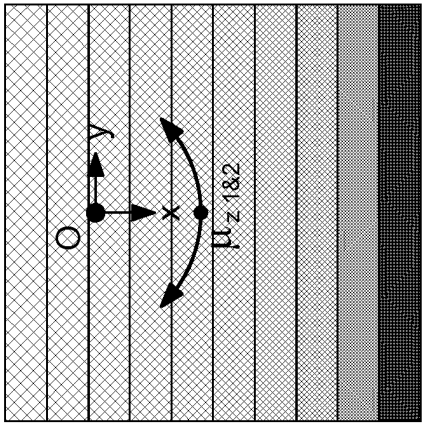


Fig. 15

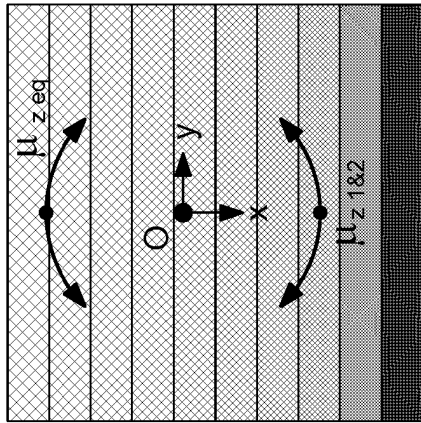


Fig. 12

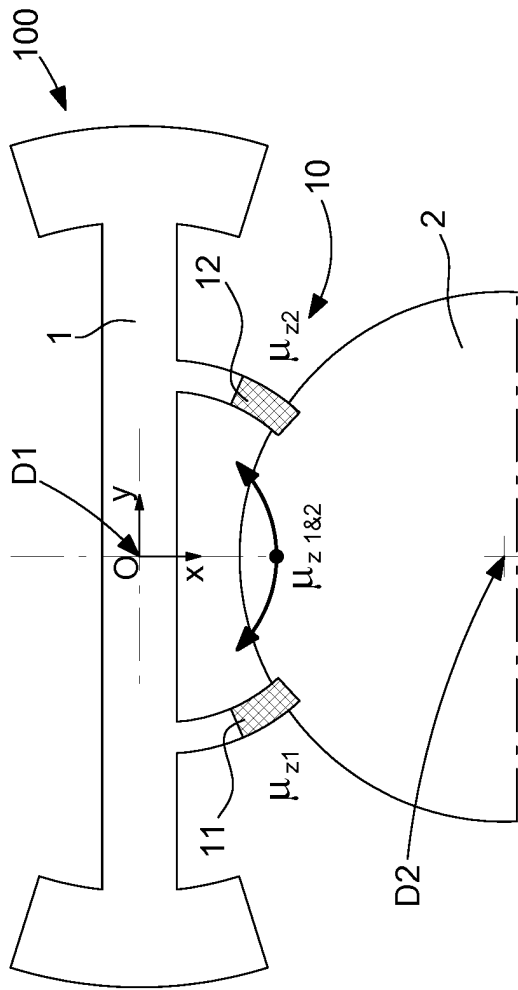
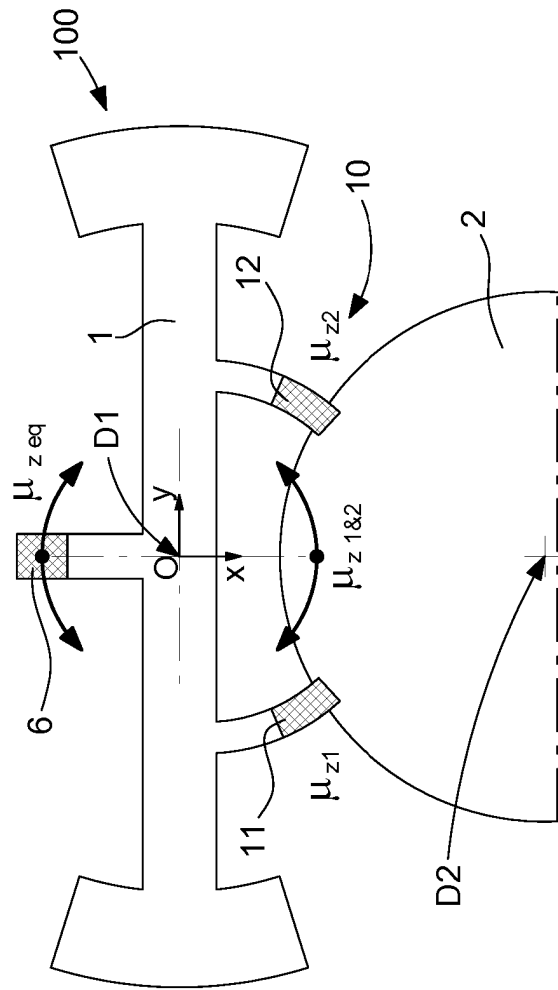


Fig. 14



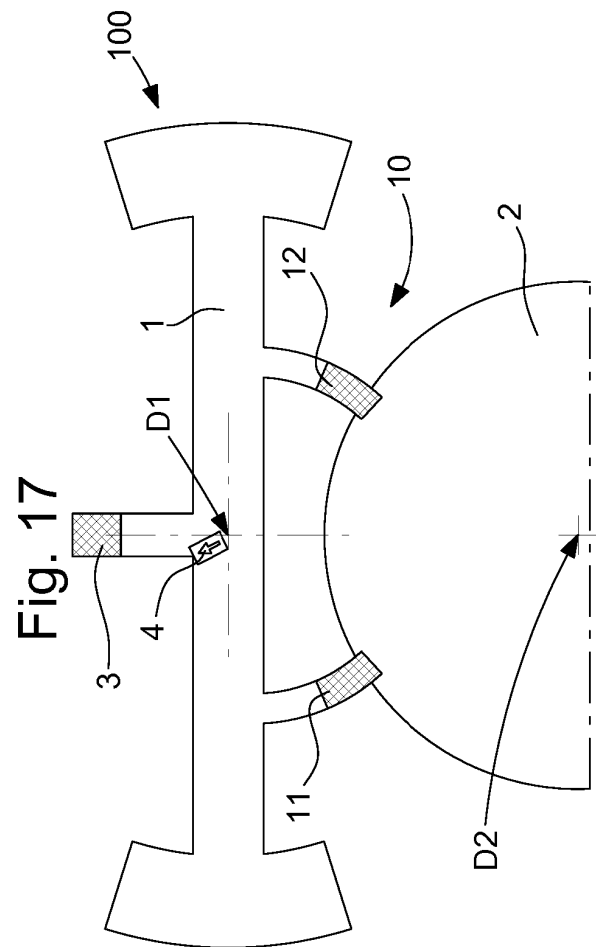
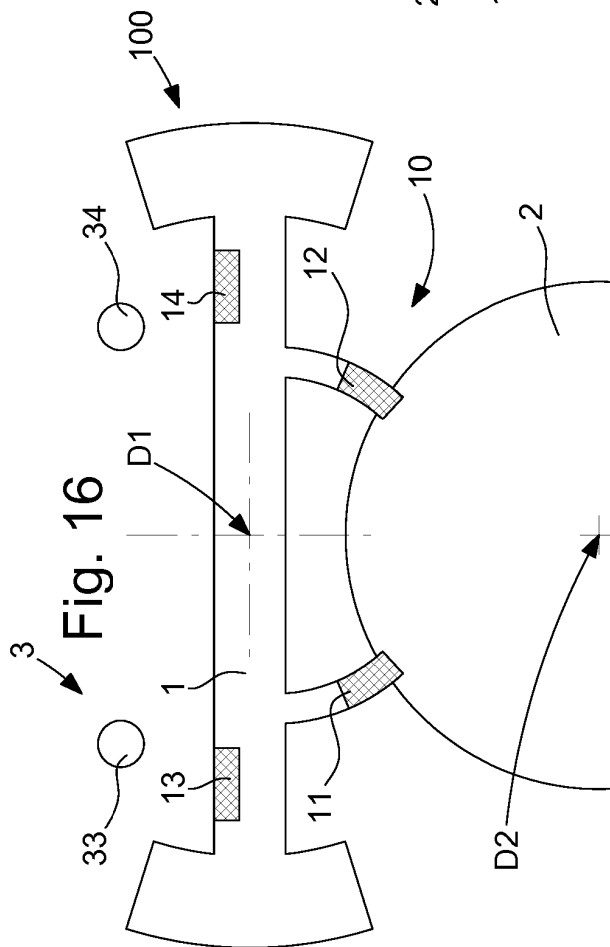
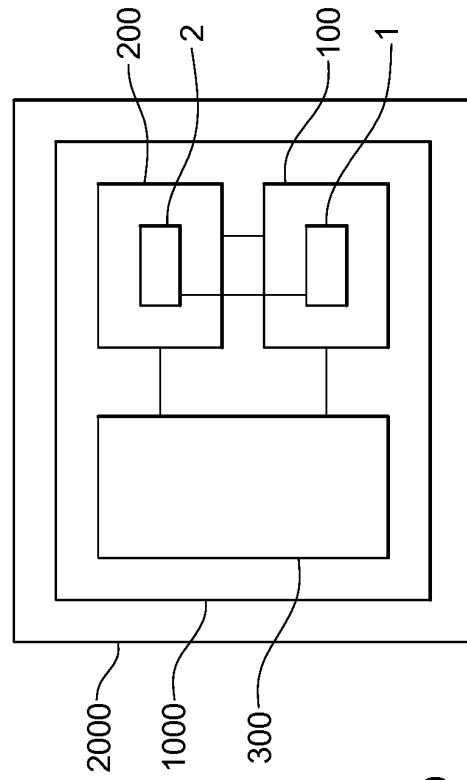


Fig. 18



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 1113932 [0006]
- FR 2132162 [0006]
- US 2946183 A [0006]
- EP 2887156 A [0006]
- EP 3316046 A [0006]
- EP 3273309 A [0008]
- EP 2891930 A [0009]
- EP 3299907 A [0010]