(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 887 157 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
07.02.2018 Bulletin 2018/06

(21) Numéro de dépôt: **13199427.9**

(22) Date de dépôt: **23.12.2013**

(51) Int Cl.:
G04C 3/10 *(2006.01)* ***G04C 5/00*** *(2006.01)*
G04B 17/06 *(2006.01)* ***G04B 17/32*** *(2006.01)*

(54) **ECHAPPEMENT OPTIMISÉ**

OPTIMIERTE UHRHEMMUNG

OPTIMISED ESCAPEMENT

(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

(43) Date de publication de la demande:
24.06.2015 Bulletin 2015/26

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

(72) Inventeurs:
- **DI, Domenico**
  2000 Neuchâtel (CH)
- **FAVRE, Jérôme**
  2000 Neuchâtel (CH)

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

(56) Documents cités:
DE-U- 1 935 486 **US-A- 3 183 426**
US-A- 3 518 464

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 2 887 157 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie comportant un arrêtoir entre un résonateur et un mobile d'échappement.

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

[0003] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel mouvement ou/et comportant au moins un tel mécanisme d'échappement.

[0004] L'invention concerne le domaine des mécanismes d'horlogerie pour la transmission de mouvement, et plus particulièrement le domaine des mécanismes d'échappement.

Arrière-plan de l'invention

[0005] L'échappement à ancre suisse est un dispositif très répandu qui fait partie de l'organe régulateur des montres mécaniques. Ce mécanisme permet simultanément d'entretenir le mouvement d'un résonateur à balancier-spiral et de synchroniser la rotation du rouage d'entraînement au résonateur.

[0006] Pour remplir ces fonctions, la roue d'échappement interagit avec l'ancre à l'aide de forces de contact mécaniques, et l'échappement à ancre suisse utilise ce contact mécanique entre la roue d'échappement et l'ancre suisse de sorte à remplir une première fonction de transmission de l'énergie de la roue d'échappement au balancier-spiral d'une part, et à remplir d'autre part une deuxième fonction qui consiste à libérer et bloquer la roue d'échappement par saccades pour qu'elle avance d'un pas à chaque alternance du balancier.

[0007] Les contacts mécaniques nécessaires à l'accomplissement de ces premières et deuxième fonction altèrent le rendement, l'isochronisme, la réserve de marche, et la durée de vie de la montre.

[0008] Différentes études ont proposé de synchroniser la rotation d'une roue d'entraînement à un résonateur mécanique en utilisant une force sans contact, tels les échappements de type « Clifford ». Ces systèmes utilisent tous une force d'interaction d'origine magnétique qui permet de transférer de l'énergie de la roue d'entraînement au résonateur à un rythme imposé par la fréquence propre du résonateur. Toutefois, ils souffrent tous du désavantage de ne pas remplir la deuxième fonction de libération et blocage saccadés de la roue d'échappement avec certitude. Plus précisément, suite à un choc la roue peut se désynchroniser du résonateur mécanique, et par conséquent les fonctions du régulateur ne sont plus assurées.

[0009] Le document US 3518464 au nom de KAWAKAMI TSUNETA décrit un mécanisme d'entraînement électromagnétique d'une roue par un résonateur. Ce document mentionne que l'utilisation d'un mécanisme d'entraînement magnétique comme échappement a un effet défavorable sur la fréquence. Ce mécanisme comporte une lame vibrante, mais pas d'arrêtoir, et encore moins un arrêtoir multistable. Lors de la rotation de la roue et pour une position fixe du résonateur, L'effort entre la roue et le résonateur varie progressivement entre un minimum (négatif) et un maximum (positif) sur une période angulaire.

[0010] Le document DE 1935486U au nom de JUNGHANS décrit un mécanisme d'entraînement à cliquets magnétiques. Ce mécanisme comporte aussi une lame vibrante, mais pas d'arrêtoir, et encore moins un arrêtoir multistable. Ce mécanisme comporte des rampes et des barrières qui mettent en jeu les mouvements combinés et simultanés de la roue et du résonateur.

[0011] Le document US 3183426A au nom de HAYDON ARTHUR décrit un échappement tout magnétique comportant une roue d'échappement magnétique, dans lequel l'énergie varie continûment et progressivement entre un minimum et un maximum lorsque la roue tourne sur une demi-période puis l'énergie revient à sa valeur minimale sur la demi-période suivante. Autrement dit, l'effort magnétique sur la roue varie progressivement entre un minimum (négatif) et un maximum (positif) sur une période angulaire.

Résumé de l'invention

[0012] La présente invention se propose de remplacer la force de contact mécanique entre l'ancre et la roue d'échappement par une force sans contact d'origine magnétique ou électrostatique, avec un agencement qui permette d'assurer avec certitude et en toute sécurité la deuxième fonction de libération et blocage saccadés de la roue d'échappement.

[0013] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie comportant un arrêtoir entre un résonateur et un mobile d'échappement, caractérisé en ce que ledit mobile d'échappement comporte au moins une piste magnétisée ou ferromagnétique, respectivement électrisée ou conductrice électrostatiquement, avec une période de défilement selon laquelle ses caractéristiques magnétiques, respectivement électrostatiques, se répètent, ledit arrêtoir comportant au moins une masse polaire magnétisée ou ferromagnétique, respectivement électrisée ou conductrice électrostatiquement, ladite masse polaire étant mobile selon une direction transversale par rapport à la direction de défilement d'au moins un élément d'une surface de ladite piste, et au moins ladite masse polaire ou ladite piste créant un champ magnétique ou électrostatique dans un entrefer entre ladite au moins une masse polaire et ladite au moins une surface, et encore caractérisé en ce que ladite masse polaire est opposée à une barrière de champ magnétique ou électrostatique sur ladite piste juste avant chaque mouvement transversal dudit arrêtoir commandé par l'action périodique dudit résonateur.

[0014] Selon une caractéristique de l'invention, ledit

échappement accumule de l'énergie potentielle reçue dudit mobile pendant chaque moitié de ladite période, et la restitue audit résonateur entre lesdites moitiés de période lors dudit mouvement transversal dudit arrêtoir commandé par l'action périodique dudit résonateur, où ladite masse polaire passe d'une première demi-course transversale relative par rapport audit mobile d'échappement à une deuxième demi-course transversale relative par rapport audit mobile d'échappement, ou inversement.

[0015] Selon une caractéristique de l'invention, au moins ladite masse polaire ou ladite piste crée ledit champ magnétique ou électrostatique d'intensité plus grande dans ladite première demi-course que dans ladite deuxième demi-course pendant une première moitié de période, et inversement pendant une deuxième moitié de période.

[0016] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme d'échappement.

[0017] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel mouvement ou/et comportant au moins un tel mécanisme d'échappement.

Description sommaire des dessins

[0018] 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, un premier mode de réalisation d'un mécanisme d'échappement selon l'invention, comportant un arrêtoir sous la forme d'une ancre-baguette avec une masse polaire magnétique unique, au niveau d'une baguette d'ancre, et qui coopère avec une roue d'échappement laquelle est magnétisée avec plusieurs pistes secondaires concentriques, chacune de ces pistes comportant une succession de zones magnétisées avec des intensités différentes, et exerçant des efforts de répulsion différents en interaction avec la masse polaire de l'ancre-baguette quand cette dernière est dans leur voisinage immédiat, les zones immédiatement voisines de deux pistes concentriques voisines étant aussi de niveau de magnétisation différent. Cette figure 1 représente une version simplifiée à deux pistes, intérieure et extérieure ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée et en vue de dessus, la répartition d'énergie potentielle d'interaction magnétique vue par la masse polaire de l'ancre-baguette de la figure 1 en fonction de sa position par rapport à la roue d'échappement, et la ligne brisée crénelée illustre la trajectoire de la masse polaire de l'ancre lors de son fonctionnement, en regard alternativement de la piste intérieure et de la piste extérieure de la figure 1 ;
- la figure 3 est un diagramme illustrant, toujours pour le premier mode de réalisation des figures 1 et 2, la variation de l'énergie potentielle, en ordonnée, le long des pistes magnétisées, en fonction de l'angle au centre en abscisse, pour chacune des deux pistes de la figure 1 : piste intérieure en trait plein, et piste extérieure en trait interrompu, ce diagramme montrant l'accumulation d'énergie potentielle prélevée de la roue d'échappement sur les tronçons P1-P2 et P3-P4 correspondant chacun à une demi-période, et sa restitution par l'ancre au balancier lors du changement de piste de la masse polaire P2-P3 et P4-P5 ;
- la figure 4 représente, de façon schématisée et en perspective, un deuxième mode de réalisation d'un mécanisme d'échappement selon l'invention, comportant une ancre comportant une pluralité de masses polaires magnétiques, ici sous la forme de deux fourches avec chacune deux masses polaires de part et d'autre du plan d'une roue d'échappement, les deux fourches étant réparties de part et d'autre du point de pivotement de l'ancre, de façon similaire aux palettes d'une ancre suisse classique. La roue d'échappement est munie d'une succession de rampes chacune formée d'une séquence d'aimants d'intensité variable et croissante, chaque rampe étant limitée par une barrière d'aimants, ces différents aimants étant agencés pour interagir successivement avec les deux fourches de l'ancre ;
- la figure 5 est une vue en coupe d'une fourche de l'ancre de la figure 4, et le sens des champs des différents secteurs magnétisés de l'ancre et de la roue d'échappement ;
- la figure 6 représente, en section dans un plan transversal dans lequel coopèrent un mobile d'échappement et un arrêtoir selon l'invention, différentes variantes d'agencement d'aimants en coopération pour concentrer un champ magnétique dans une zone d'entrefer ;
- les figures 7 à 10 illustrent, en vue en coupe dans un plan passant par l'axe d'un mobile d'échappement et par une masse polaire antagoniste d'un arrêtoir en position de coopération, leurs composition respective dans différentes variantes d'exécution :
- la figure 7 illustre une structure magnétisée d'épaisseur ou intensité variable déposée sur une roue d'échappement, en interaction avec un champ magnétique créé par un circuit magnétique solidaire d'une ancre, l'interaction pouvant alors être répulsive ou attractive ;
- la figure 8 illustre une structure ferromagnétique d'épaisseur variable au niveau d'une piste de roue d'échappement, créant un entrefer variable en interaction avec le champ magnétique créé par un circuit magnétique solidaire d'une ancre ;
- la figure 9 représente une roue d'échappement avec deux disques constitués de structures magnétisées d'épaisseur ou intensité variable déposées sur deux surfaces d'une roue d'échappement en interaction

avec le champ magnétique créé par un aimant solidaire d'une ancre, qu'encadrent ces deux surfaces, l'interaction pouvant être répulsive ou attractive ;

- la figure 10 représente une structure mécaniquement similaire à la figure 9, avec, sur les deux surfaces de la roue d'échappement se faisant face, des structures ferromagnétiques d'épaisseur variable créant un entrefer variable en interaction avec le champ magnétique créé par un aimant solidaire de l'ancre ;
- les figures 11 à 14 représentent, de façon schématisée, la répartition de champ magnétique dans un plan transversal, passant par l'axe de pivotement de la roue d'échappement du mécanisme de la figure 1, sur les deux pistes secondaires, interne et externe, en corrélation avec les positions illustrées aux figures 2 et 3 : figure 11 : point P1 (et équivalente au point P5 décalé d'une période entière), figure 12 : point P2, figure 13 : point P3, figure 14 : point P4 ;
- la figure 15 représente, sous forme d'un schéma-blocs, une pièce d'horlogerie comportant un mouvement lequel incorpore un mécanisme d'échappement selon l'invention ;
- la figure 16 illustre une variante où le mobile d'échappement est un cylindre, l'arrêtoir comportant une masse polaire mobile à proximité d'une génératrice de ce cylindre ;
- la figure 17 illustre une autre variante où le mobile d'échappement est une bande continue ;
- la figure 18 illustre le débattement d'une masse polaire en regard d'une surface d'une piste d'un mobile d'échappement gauche ;
- la figure 19 montre la périodicité de déplacement d'une masse polaire le long d'une piste comportant deux pistes secondaires parallèles ;
- les figures 20 à 25 illustrent des profils de rampe et de barrière, et l'énergie transmise correspondant à chacun de ces profils ;
- la figure 26 illustre, de façon partielle, une réalisation similaire à celle de la figure 4, mais comportant deux rangées concentriques d'aimants de magnétisation croissante, ceux de la piste intérieure étant polarisés vers le haut, et ceux de la piste extérieure étant polarisés vers le bas ;
- la figure 27 illustre schématiquement l'orientation des lignes de champ dans une section transversale correspondant à la réalisation de la figure 26 ;
- la figure 28 illustre la répartition de potentiel dans ce même exemple, avec en trait interrompu un centrage sur la piste, et en trait plein un tirage.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0019] L'invention se propose de remplacer la force de contact mécanique usuelle entre un arrêtoir et une roue d'échappement par une force sans contact d'origine magnétique ou électrostatique.

[0020] L'invention concerne un mécanisme d'échappement 10 d'horlogerie comportant un arrêtoir 30 entre un résonateur 20 et un mobile d'échappement 40.

[0021] Selon l'invention, ce mobile d'échappement 40 comporte au moins une piste 50 magnétisée ou ferromagnétique, respectivement électrisée ou conductrice électrostatiquement, avec une période de défilement PD selon laquelle ses caractéristiques magnétiques, respectivement électrostatiques, se répètent. Selon cette période de défilement PD cette piste 50 présente des caractéristiques identiques, géométriques et physiques, notamment sa constitution (matériaux), son relief, son revêtement éventuel, sa magnétisation ou son électrisation éventuelle.

[0022] Cet arrêtoir 30 comporte au moins une masse polaire 3 magnétisée ou ferromagnétique, respectivement électrisée ou conductrice électrostatiquement. Cette masse polaire 3 est mobile selon une direction transversale DT par rapport à la direction de défilement DD d'au moins un élément d'une surface 4 de la piste 50. Cette mobilité transversale n'implique pas une sortie totale de la piste concernée, l'agencement est variable selon les modes de réalisation, et, dans certains d'entre eux, la masse polaire sort de la piste pendant une partie du mouvement.

[0023] Au moins la masse polaire 3 ou la piste 50 crée un champ magnétique ou électrostatique dans un entrefer 5 entre cette au moins une masse polaire 3 et cette au moins une surface 4.

[0024] La masse polaire 3 est opposée à une barrière 46 de champ magnétique ou électrostatique sur la piste 50 juste avant chaque mouvement transversal de l'arrêtoir 30, lequel mouvement transversal est commandé par l'action périodique du résonateur 20.

[0025] Dans une réalisation particulière, ce mécanisme d'échappement 10 accumule de l'énergie reçue du mobile d'échappement 40 pendant chaque moitié de la période PD, en stocke une partie sous forme d'énergie potentielle, et la restitue de façon périodique au résonateur 20. Par analogie, cette fonction d'accumulation est équivalente à l'armage progressif d'un ressort dans un mécanisme. Cette restitution d'énergie a lieu entre ces moitiés de période, lors du mouvement transversal de l'arrêtoir 30 commandé par l'action périodique du résonateur 20. La masse polaire 3 passe alors d'une première demi-course PDC transversale relative par rapport au mobile d'échappement 40 à une deuxième demi-course DDC transversale relative par rapport au mobile d'échappement 40, ou inversement. Cette masse polaire 3 est face à une telle barrière 46 de champ magnétique ou électrostatique sur la piste 50 juste avant chaque mouvement transversal de l'arrêtoir 30 commandé par le résonateur 20 par basculement d'une demi-course à l'autre.

[0026] Dans une réalisation particulière, le champ magnétique ou électrostatique, généré par la masse polaire 3 ou/et la piste 50, est d'une intensité plus grande dans la première demi-course PDC que dans la deuxième demi-course DDC pendant une première moitié de ladite

période de défilement PD, et d'une intensité plus grande dans la deuxième demi-course DDC que dans la première demi-course PDC pendant une deuxième moitié de la période de défilement PD.

[0027] Plus particulièrement, le résonateur 20 comporte au moins un oscillateur 2 à mouvement périodique. Le mobile d'échappement 40 est alimenté par une source d'énergie telle qu'un barillet ou similaire. L'arrêtoir 30 assure d'une part une première fonction de transmission de l'énergie du mobile d'échappement 40 au résonateur 20, et d'autre part une deuxième fonction de libération et de blocage par saccades du mobile d'échappement 40 pour son avance d'un pas lors d'un mouvement de l'arrêtoir 30 commandé par le résonateur 20 à chaque alternance de l'oscillateur 2. La au moins une piste 50 est animée d'un mouvement de défilement selon une trajectoire de défilement TD.

[0028] De préférence chaque masse polaire 3 est mobile selon une direction transversale DT par rapport à la piste 50, selon une première demi-course PDD et une deuxième demi-course DDC de part et d'autre d'une position médiane PM fixe, selon une trajectoire transversale TT, de préférence sensiblement orthogonale à la trajectoire de défilement TD de la piste 50.

[0029] C'est au niveau d'un entrefer 5 compris entre une telle masse polaire 3 et une surface 4 que comporte une telle piste 50 et qui fait face à cette masse polaire 3, que cette piste 50 ou/et cette masse polaire 3 crée ce champ magnétique ou électrostatique qui permet de créer un système de forces magnétiques ou électrostatiques sur l'arrêtoir 30 et sur le mobile d'échappement 40, en lieu et place des forces mécaniques de l'art antérieur.

[0030] Le mécanisme d'échappement 10 selon l'invention accumule de l'énergie potentielle transmise depuis la source d'énergie par l'intermédiaire du mobile d'échappement 40 pendant chaque première moitié ou deuxième moitié de la période de défilement PD. En fin de chaque demi-période, a masse polaire 3 est alors face à une barrière 46 de champ magnétique ou électrostatique au niveau de la partie de la piste 50 face à laquelle elle évolue, juste avant le mouvement transversal de l'arrêtoir 30 commandé par le résonateur 20. C'est alors que le mécanisme d'échappement 10 restitue l'énergie correspondante à l'oscillateur 2 lors du mouvement transversal de l'arrêtoir 30 commandé périodiquement par le résonateur 20 entre les première moitié et deuxième moitié de la période de défilement PD. Lors de ce mouvement transversal, cette masse polaire 3 passe de la première demi-course PDC à la deuxième demi-course DDC, ou inversement.

[0031] Le mobile d'échappement 4 peut être constitué de différentes manières : sous la forme classique d'une roue d'échappement 400 comme sur les figures 1 et 4, d'une double roue comme sur les figures 9 et 10, ou sous la forme d'un cylindre tel que visible sur la figure 16, ou encore d'une bande continue tel que visible sur la figure 17, ou autre. Le présent exposé concerne le cas général d'un mobile (non nécessairement pivotant), et l'horloger saura l'appliquer au composant qui l'intéresse, notamment une roue simple ou multiple.

[0032] De préférence, les caractéristiques du champ magnétique ou électrostatique sont alternées entre la première demi-course PDC et la deuxième demi-course DDC, avec un déphasage d'une moitié de la période de défilement PD de la piste 50 par rapport à la masse polaire 3. Mais il est également possible de faire fonctionner le dispositif avec, par exemple, des intensités de champ différentes, tout en respectant l'allure de répartition différentielle du champ entre différents secteurs. Ce peut être le cas par exemple dans la réalisation de la figure 1, où des secteurs angulaires délimités par des rayons différents n'auront nécessairement pas exactement les mêmes caractéristiques.

[0033] On appelle ici direction transversale DT une direction qui est sensiblement parallèle à la trajectoire transversale TT de la masse polaire 3, ou qui la tangente en sa position médiane PM, tel que visible sur la figure 18.

[0034] On appelle ici direction axiale DA une direction qui est orthogonale à la fois à une direction transversale DT sensiblement parallèle à la trajectoire transversale TT de la masse polaire, et à la direction de défilement DF de la piste 50, tangente à la trajectoire de défilement TD au niveau de la position médiane PM.

[0035] On appelle plan de piste PP le plan défini par la position médiane PM, la direction transversale DT et par la direction de défilement DF.

[0036] De préférence, au moins l'un des deux composants antagonistes (on entend ici par « antagonistes » que ces composants se font face, sans pour autant qu'il y ait entre eux une répulsion, une contrariété, ou une autre interaction), constitués par la masse polaire 3 et la piste 50 porteuse de la surface 4 qui lui fait face au niveau de l'entrefer 5 au moins sur une partie de leur course relative, comporte des moyens actifs magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer ce champ magnétique, respectivement électrostatique.

[0037] On entend ici par « actif » un moyen qui crée un champ, et par « passif » un moyen qui subit un champ. Le terme « actif » n'implique pas ici qu'un composant soit parcouru par un courant.

[0038] Dans une variante particulière, la composante de ce champ selon la direction axiale DA, est supérieure à sa composante dans ce plan de piste PP, au niveau de leur interface dans l'entrefer 5 entre la masse polaire 3 et la surface 4 qui lui fait face.

[0039] Dans une variante particulière, la direction de ce champ magnétique ou électrostatique est sensiblement parallèle à cette direction axiale DA du mobile d'échappement 40. On entend par « sensiblement parallèle » un champ dont la composante selon la direction axiale DA est au moins quatre fois supérieure à sa composante dans le plan PP.

[0040] L'autre composant antagoniste au niveau de l'entrefer 5 comporte alors, ou bien des moyens passifs

magnétiques, respectivement électrostatiques, pour coopérer avec le champ ainsi créé, ou bien également des moyens actifs magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer un champ magnétique, respectivement électrostatique au niveau de l'entrefer 5, ce champ pouvant, selon le cas, être en concordance ou en opposition avec le champ émis par le premier composant, de façon à générer une répulsion ou au contraire une attraction au niveau de l'entrefer 5.

[0041] Dans une réalisation particulière, visible dans le premier mode de réalisation à la figure 1 et dans un deuxième mode de réalisation à la figure 4, l'arrêtoir 30 est disposé entre un résonateur 20 à balancier-spiral 2 d'axe de pivotement A, et au moins une roue d'échappement 400 qui pivote autour d'un axe de pivotement D (lequel définit avec l'axe de pivotement du balancier-spiral A une direction de référence angulaire DREF). Cet arrêtoir 30 assure la deuxième fonction de libération et de blocage par saccades du mobile d'échappement 40 pour son avance d'un pas à chaque alternance du balancier-spiral 2.

[0042] La masse polaire 3 est agencée pour se mouvoir, sur au moins une partie de sa course transversale, en regard d'au moins un élément d'une surface 4 du mobile d'échappement 40. Dans le premier mode de la figure 1, la masse polaire est toujours en regard d'une telle surface 4 ; dans le deuxième mode de la figure 4, l'arrêtoir 30 comporte deux masses polaires 3A, 3B, et chacune d'elle est, pendant une demi-période face à une telle surface 4, et pendant l'autre demi-période éloignée de cette surface 4, dans une position où l'interaction magnétique ou électrostatique entre elles est négligeable.

[0043] Dans une variante, chacun des deux composants antagonistes de part et d'autre de l'entrefer 5, constitués par la masse polaire 3 et la piste 50 porteuse de la surface 4 qui lui fait face au moins sur une partie de leur course relative, comporte des moyens actifs magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer un champ magnétique, respectivement électrostatique, de direction sensiblement parallèle à la direction axiale DA, au niveau de leur interface dans l'entrefer 5.

[0044] Dans une réalisation avantageuse, la masse polaire 3 ou/et la piste 50 porteuse de la surface 4 qui lui fait face au niveau de cet entrefer 5 comporte des moyens magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer dans l'entrefer 5, dans au moins un plan transversal PT défini par la position médiane PM de la masse polaire 3, par la direction transversale DT et la direction axiale DA, et sur la plage transversale, selon ladite direction transversale, de déplacement relatif de la masse polaire 3 et de la surface 4, un champ magnétique, respectivement électrostatique, d'intensité variable et non nulle à la fois en fonction de la position transversale de la masse polaire 3 selon la direction transversale DT, et en fonction périodique du temps.

[0045] Dans une réalisation particulière, chaque telle masse polaire 3 et chaque telle piste 50 porteuse de la surface 4 qui lui fait face comportent de tels moyens magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer un champ magnétique, respectivement électrostatique, entre au moins une telle masse polaire 3 et au moins une surface 4, dans au moins ce plan transversal PT. Ce champ magnétique, respectivement électrostatique, créé par ces composants antagonistes, est d'intensité variable et non nulle à la fois en fonction de la position radiale de la masse polaire 3 selon la direction transversale DT, et en fonction périodique du temps.

[0046] On comprend qu'il s'agit de créer les conditions de création d'une force d'origine magnétique ou électrostatique entre l'arrêtoir 30 et le mobile d'échappement 40, de façon à permettre un entraînement, ou a contrario un freinage, entre ces deux composants, sans contact mécanique direct entre eux.

[0047] Les conditions de création d'un champ magnétique ou électrostatique par un des composants, et de la réception de ce champ par le composant antagoniste, lequel est susceptible d'émettre lui-même un champ magnétique ou électrostatique, permettent d'envisager différents types de fonctionnement, en répulsion ou en attraction relative de ces composants antagonistes. En particulier, des architectures multi-niveaux permettent un équilibrage des efforts selon une direction de pivotement du mobile d'échappement 40 (notamment la direction de l'axe de pivotement si le mobile 40 pivote autour d'un axe unique), et un maintien relatif en position selon la direction axiale DA entre l'arrêtoir 30 et le mobile d'échappement 40, comme il sera exposé plus loin.

[0048] Dans une réalisation particulière, la composante du champ magnétique, respectivement électrostatique, selon la direction axiale DA, est de même sens sur toute la plage du déplacement relatif de la masse polaire 3 et de la surface 4 qui lui fait face.

[0049] Différentes configurations sont réalisables, selon la nature du champ, et selon que l'arrêtoir 30, ou/et le mobile d'échappement 40, joue un rôle actif ou passif en ce qui concerne l'établissement d'un champ magnétique ou électrostatique dans au moins un entrefer entre cet arrêtoir 30, et ce mobile d'échappement 40, en effet, il peut exister plusieurs entrefers 5 entre différentes masses polaires 3 de l'arrêtoir 30 et différentes pistes du mobile d'échappement 40. De façon non limitative, différentes variantes avantageuses sont décrites ci-après.

[0050] Ainsi, dans une variante, chaque masse polaire 3 que porte l'arrêtoir 30 est magnétisée, respectivement électrisée, de façon permanente, et génère un champ magnétique, respectivement électrostatique, constant, et chaque surface 4 coopérant avec chaque masse polaire 3 définit avec la telle masse polaire 3 concernée un entrefer 5 dans lequel le champ magnétique, respectivement électrostatique, est variable selon l'avance du mobile d'échappement 40 sur sa trajectoire et est variable selon la position transversale relative de la masse polaire 3 concernée par rapport au mobile d'échappement 40 et qui est liée au débattement angulaire de l'arrêtoir 30 s'il

est pivotant comme dans le cas d'une ancre, ou à son débattement transversal s'il est entraîné autrement par le résonateur 20.

[0051] Dans une autre variante, chaque masse polaire 3 que porte l'arrêtoir 30 est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon permanente, et chaque surface 4 coopérant avec chaque masse polaire 3 définit avec la masse polaire 3 concernée un entrefer 5 dans lequel le champ magnétique, respectivement électrostatique, est variable selon l'avance du mobile d'échappement 40 sur sa trajectoire et est variable selon la position transversale relative de la masse polaire 3 concernée par rapport au mobile d'échappement 40 et qui est liée au débattement angulaire de l'arrêtoir 30 s'il est pivotant comme dans le cas d'une ancre, ou à son débattement transversal s'il est entraîné autrement par le résonateur 20.

[0052] Dans une autre variante, chaque piste 50 porteuse d'une telle surface 4 antagoniste est magnétisée, respectivement électrisée, de façon permanente et uniforme, et génère un champ magnétique, respectivement électrostatique, constant à sa surface tournée vers la masse polaire 3 concernée, et comporte un relief agencé pour générer une hauteur d'entrefer variable dans l'entrefer 5, laquelle hauteur d'entrefer varie selon l'avance du mobile d'échappement 40 sur sa trajectoire, et varie selon la position angulaire relative de la masse polaire 3 concernée par rapport au mobile d'échappement 40.

[0053] Dans une autre variante, chaque piste 50 porteuse d'une telle surface 4 est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon permanente, et comporte un relief agencé pour générer une hauteur d'entrefer dans l'entrefer 5, laquelle hauteur d'entrefer est variable selon l'avance du mobile d'échappement 40 sur sa trajectoire, et est variable selon la position transversale relative de la masse polaire 3 concernée par rapport au mobile d'échappement 40.

[0054] Dans une autre variante, chaque piste 50 porteuse d'une telle surface 4 est magnétisée, respectivement électrisée, de façon permanente et variable selon la position locale sur cette piste, et génère un champ magnétique, respectivement électrostatique, qui est variable selon l'avance du mobile d'échappement 40 sur sa trajectoire, et est variable selon la position transversale relative de la masse polaire 3 concernée par rapport au mobile d'échappement 40, au niveau de sa surface tournée vers la masse polaire 3 concernée.

[0055] Dans une autre variante, chaque piste 50 porteuse d'une telle surface 4 est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon permanente et variable selon la position locale sur cette piste, de façon à faire varier la force magnétique, respectivement électrostatique, exercée entre l'arrêtoir 3 et le mobile d'échappement 40 sous l'effet de leur mouvement relatif, laquelle force est variable selon l'avance du mobile d'échappement 40 sur sa trajectoire et est variable selon la position transversale relative de la masse polaire 3 concernée par rapport au mobile d'échappement 40, au niveau de sa surface tournée vers la masse polaire 3 concernée.

[0056] Dans une autre variante, chaque masse polaire 3 circule entre deux surfaces 4 du mobile d'échappement 40, et un tel champ magnétique, respectivement électrostatique, s'exerce sur chaque côté de la masse polaire 3 selon la direction axiale DA de façon symétrique de part et d'autre de la masse polaire 3 de façon à exercer des efforts égaux et opposés sur la masse polaire 3 dans la direction axiale DA. On obtient ainsi un équilibrage axial et un effort minime sur les pivots éventuels, et donc des pertes par frottement minimales.

[0057] Dans une autre variante, chaque surface 4 du mobile d'échappement 40 circule entre deux surfaces 31 , 32, de chaque masse polaire 3, et un tel champ magnétique, respectivement électrostatique, s'exerce sur chaque côté de la surface 4 selon la direction axiale DA de façon symétrique de part et d'autre de la surface 4, de façon à exercer des efforts égaux et opposés sur la piste 50 porteuse de la surface 4 dans la direction axiale DA.

[0058] Dans une autre variante, la piste 50 du mobile d'échappement 40 comporte, sur l'une de ses deux surfaces latérales 41, 42, une pluralité de pistes secondaires 43 voisines les unes des autres.

[0059] Dans l'application particulière où le mobile d'échappement 40 est une roue d'échappement 400, ces pistes sont concentriques les unes aux autres par rapport à l'axe de pivotement D de a roue d'échappement 400, tel que visible sur les figures 1 et 2 qui montrent deux telle pistes secondaires, interne 43 INT et externe 43 EXT, et où chaque piste secondaire 43 comporte une succession angulaire de zones primaires élémentaires 44, chaque zone primaire 44 présentant un comportement magnétique, respectivement électrostatique, qui est différent, d'une part de celui de chaque autre zone primaire 44 adjacente sur la piste secondaire 43 à laquelle elle appartient, et d'autre part de celui de chaque autre zone primaire 44 qui lui est adjacente et qui est située sur une autre piste secondaire 43 adjacente à la sienne.

[0060] Dans d'autres variantes de réalisation où la piste 50 n'est pas assimilable à un disque, par exemple sur les exemples des figures 16 et 17, les pistes secondaires 43 ne sont pas concentriques, mais voisines et de préférence sensiblement parallèles les unes aux autres. Mais la différence de comportement magnétique, respectivement électrostatique, de deux zones primaires 44 immédiatement voisines, s'applique de la même façon. Les figures 18 et 19 montrent le débattement d'une masse polaire 3 dans une variante comportant deux pistes secondaires 43A et 43B, adjacentes et parallèles, déphasées d'une demi-période.

[0061] Plus particulièrement, la succession de ces zones primaires 44 sur chaque telle piste secondaire 43 donnée est périodique selon une période spatiale T, angulaire ou linéaire selon le cas, constituant un sous-multiple entier d'une révolution du mobile d'échappement

40. Cette période spatiale T correspond à la période de défilement PD de la piste 50.

[0062] Dans une réalisation avantageuse, chaque telle piste secondaire 43 comporte, sur chaque telle période spatiale T, une rampe 45 comportant une succession, notamment monotone, de telles zones primaires 44 interagissant de façon croissante avec une telle masse polaire 3 avec un champ magnétique, respectivement électrostatique, dont l'intensité varie de façon à produire une énergie potentielle croissante depuis une zone d'interaction minimale 4MIN vers une zone d'interaction maximale 4MAX, la rampe 45 prélevant de l'énergie au mobile d'échappement 40.

[0063] De façon particulière et propre à l'invention, le mobile d'échappement 40 comporte, entre deux telles rampes 45 successives et de même sens, une telle barrière 46 de potentiel de champ magnétique, respectivement électrostatique, pour déclencher un arrêt momentané du mobile d'échappement 40 préalable à un basculement de l'arrêtoir 30 sous l'action du résonateur 20, notamment d'un balancier-spiral 2.

[0064] De préférence, chaque telle barrière 46 de potentiel est plus raide que chaque telle rampe 45, en ce qui concerne son gradient de potentiel.

[0065] Il s'agit de créer des barrières d'énergie : dans les modes de réalisation présentés, ces barrières sont constituées par des barrières de champ. Les variantes illustrées correspondent ainsi à des rampes de champ magnétique, respectivement électrostatique, de champ, et à des barrières de champ.

[0066] Plus précisément, le mobile d'échappement 40 s'immobilise dans une position où le gradient de potentiel est équivalent au couple d'entraînement.

[0067] Cette immobilisation n'est pas instantanée, il existe en effet un phénomène de rebond, qui est amorti, soit par les frottements naturels, notamment de pivotement, dans le mécanisme, soit par des frottements créées à cet effet, de type visqueux comme des frottements par courants de Foucault (par exemple sur une surface en cuivre ou similaire solidaire du mobile d'échappement 40) ou des frottements aérodynamiques ou autres, ou encore de type frottements secs de type ressort sautoir ou autre. Typiquement, le mobile d'échappement 40 est tendu par un mécanisme en amont à couple constant ou à force constante, typiquement un barillet. Le mobile d'échappement 4 oscille donc, avant de s'arrêter en position, avant le basculement transversal de la masse polaire 3, et les pertes sont nécessaires pour cesser l'oscillation dans un intervalle de temps compatible avec la cinématique.

[0068] La transition entre la rampe et la barrière peut être conçue et ajustée de sorte à obtenir une dépendance particulière de l'énergie transmise au résonateur en fonction du couple d'entraînement.

[0069] Si une rampe sans rupture de pente permet de faire fonctionner l'invention, il est plus avantageux de combiner une rampe 45 avec un certain gradient, et une barrière 46 avec un autre gradient, la forme de la zone de transition entre la rampe 45 et la barrière 46 ayant une influence notable sur le fonctionnement.

[0070] On comprend que, selon l'invention, le système accumule de l'énergie lors du gravissement de la rampe, et restitue de l'énergie au résonateur lors du mouvement transversal de la masse polaire. Le point d'arrêt définit la quantité d'énergie ainsi restituée, ce qui dépend de la forme de cette zone de transition entre rampe et barrière.

[0071] Les figures 20, 22, et 24 illustrent des exemples non limitatifs de profil de rampe et de barrière, avec en abscisse le défilement, ici un angle de pivotement e, et ordonnée l'énergie Ui exprimée en mJ. Les figures 21, 23, et 25 illustrent l'énergie transmise, en corrélation avec chaque profil de rampe et de barrière, avec la même abscisse, et, en ordonnée, le coupe CM en mN.m.

[0072] Les figures 20 et 21 illustrent une transition douce avec un rayon entre la rampe et la barrière, le point d'arrêt du système dépend du couple appliqué, et l'énergie transmise au résonateur dépend aussi de ce couple appliqué.

[0073] Les figures 22 et 23 montrent une transition avec cassure de pente entre rampe et barrière, le point où le système s'arrête ne dépend alors pas du couple appliqué, et l'énergie transmise au résonateur est constante.

[0074] Les figures 24 et 25 concernent une transition de forme exponentielle entre rampe et barrière, choisie pour que l'énergie transmise au résonateur, qui est approximativement proportionnelle au couple appliqué, et notamment dans une variante particulière, soit sensiblement égale au couple d'entraînement. Cet exemple est intéressant car il s'approche au plus près d'un échappement à ancre suisse et permet donc d'incorporer la présente invention dans un mouvement existant avec le minimum de changements.

[0075] Dans une variante avantageuse de l'invention, le mobile d'échappement 40 comporte encore, en fin de chaque telle rampe 45 et juste avant chaque barrière 46, une variation transversale de répartition de champ magnétique ou électrostatique quand la surface 4 est magnétisée, respectivement électrisée, ou une variation de profil quand la surface 4 est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon à provoquer un tirage sur la masse polaire 3.

[0076] Avantageusement le mobile d'échappement 40 comporte, après chaque telle barrière 46 de potentiel de champ magnétique ou électrostatique, une butée mécanique anti-choc.

[0077] Dans une variante, quand le mobile d'échappement 40 comporte plusieurs pistes secondaires 43, au moins deux telles pistes secondaires 43 adjacentes comportent, l'une par rapport à l'autre, une alternance de telles zones d'interaction minimale 4MIN et de telles zones d'interaction maximale 4MAX avec un déphasage angulaire correspondant à la moitié de la période spatiale T.

[0078] Dans une variante de l'invention, l'arrêtoir 30 comporte une pluralité de telles masses polaires 3 agen-

cées pour coopérer simultanément avec des telles pistes secondaires 43 distinctes, tel que visible notamment dans le deuxième mode de réalisation de l'invention de la figure 4, avec des masses polaires 3A et 3B distinctes, comportant chacune deux aimants 31 et 32 de part et d'autre de la roue d'échappement 400.

[0079] Notamment, dans une réalisation particulière non illustrée, l'arrêtoir 30 peut comporter un peigne s'étendant parallèlement à la surface 4 du mobile d'échappement 40 et comportant des telles masses polaires 3 disposées côte à côte.

[0080] Dans une variante de l'invention, l'arrêtoir 30 est pivotant autour d'un pivot 35 réel ou virtuel, et comporte une telle masse polaire 3 unique agencée pour coopérer avec des zones primaires 44 que comportent des telles surfaces 4 situées sur des plages différentes du mobile d'échappement 40 (ou respectivement des diamètres différents dans le cas d'une roue d'échappement 400), avec lesquelles la masse polaire 3 a une interaction variable lors de l'avance (ou respectivement de la révolution) du mobile d'échappement 40. Ces zones primaires 44 sont disposées en alternance sur le pourtour (ou respectivement la périphérie) du mobile d'échappement 40 pour contraindre la masse polaire 3 à un mouvement transversal par rapport au mobile d'échappement 40 lors de la recherche de position d'équilibre de la masse polaire 3.

[0081] Dans une autre variante de l'invention, l'arrêtoir 30 est pivotant autour d'un pivot 35 réel ou virtuel et comporte une pluralité de telles masses polaires 3 agencées pour coopérer chacune avec des zones primaires 44 que comporte au moins une telle surface 4 située sur au moins une plage (respectivement un diamètre) du mobile d'échappement 40, avec lesquelles chaque telle masse polaire 3 a une interaction variable lors de l'avance (ou respectivement de la révolution) du mobile d'échappement 40. Ces zones primaires 44 sont disposées en alternance sur le pourtour ou la périphérie du mobile d'échappement 40 pour contraindre la masse polaire 3 à un mouvement transversal par rapport au mobile d'échappement 40 lors de la recherche de position d'équilibre de la masse polaire 3.

[0082] Dans une réalisation particulière, à chaque instant au moins une telle masse polaire 3 de l'arrêtoir 30 est en interaction avec au moins une telle surface 4 du mobile d'échappement 40.

[0083] Dans une réalisation particulière, l'arrêtoir 30 coopère, de part et d'autre, avec un premier mobile d'échappement et un deuxième mobile d'échappement.

[0084] Dans une réalisation particulière, ces premier et deuxième mobiles d'échappement pivotent de façon solidaire.

[0085] Dans une réalisation particulière, ces premier et deuxième mobiles d'échappement pivotent indépendamment l'un de l'autre.

[0086] Dans une réalisation particulière, ces premier et deuxième mobiles d'échappement sont coaxiaux.

[0087] Dans une réalisation particulière, l'arrêtoir 30 coopère, de part et d'autre, avec une première roue d'échappement 401 et une deuxième roue d'échappement 402, formant chacune un tel mobile d'échappement 40.

[0088] Dans une réalisation particulière, ces première 401 et deuxième 402 roues d'échappement pivotent de façon solidaire.

[0089] Dans une réalisation particulière, ces première 401 et deuxième 402 roues d'échappement pivotent indépendamment l'une de l'autre.

[0090] Dans une réalisation particulière, ces première 401 et deuxième 402 roues d'échappement sont coaxiales.

[0091] Dans une variante illustrée par la figure 16, le mobile d'échappement 40 comporte au moins une surface 4 cylindrique autour d'un axe de pivotement D parallèle à la direction transversale DT, et qui est porteuse de pistes magnétiques, respectivement électrostatiques, et la au moins une masse polaire 3 de l'arrêtoir 30 est mobile parallèlement à cet axe de pivotement D.

[0092] La figure 17 montre une généralisation selon laquelle le mobile d'échappement 40 est un mécanisme s'étendant selon une direction D, représenté ici par une bande sans fin circulant sur deux rouleaux d'axes parallèles à la direction transversale T, cette bande étant porteuse d'au moins une surface 4.

[0093] Naturellement d'autres configurations sont imaginables pour assurer une périodicité spatiale de surfaces 4 sur la ou les pistes 50, par exemple sur une chaîne, un anneau, une hélice, ou autre.

[0094] Selon l'invention, et non limitativement, la surface 4 peut comporter une couche magnétisée d'épaisseur variable, ou respectivement une couche électrisée d'épaisseur variable, ou une couche magnétisée d'épaisseur constante mais de magnétisation variable, ou respectivement une couche électrisée d'épaisseur constante mais d'électrisation variable, ou une densité surfacique variable de micro-aimants, ou respectivement une densité surfacique variable d'électrets, ou une couche ferromagnétique d'épaisseur variable, ou une respectivement une couche conductrice électrostatiquement d'épaisseur variable, ou une couche ferromagnétique de forme variable, ou respectivement une couche conductrice électrostatiquement de forme variable, ou une couche ferromagnétique avec une densité surfacique de trous variable, ou respectivement une couche conductrice électrostatiquement avec une densité surfacique de trous variable.

[0095] Dans une réalisation particulière, l'arrêtoir 30 est une ancre.

[0096] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 100 comportant au moins un tel mécanisme d'échappement 10 .

[0097] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 200, notamment une montre, comportant au moins un tel mouvement 100 ou/et comportant au moins un tel mécanisme d'échappement 10.

[0098] L'invention est applicable à différentes échelles

de pièces d'horlogerie, notamment des montres. Elle est intéressante pour des pièces statiques telles qu'horloges, pendules de salon, morbiers, et similaires ; le caractère spectaculaire et innovant du fonctionnement du mécanisme selon l'invention apporte un intérêt nouveau supplémentaire à la mise en évidence du mécanisme, et un attrait pour l'utilisateur ou le spectateur.

[0099] Les figures illustrent une réalisation particulière, non limitative, où l'arrêtoir 30 est une ancre, et montrent comment l'invention permet de remplacer la force de contact mécanique usuelle entre une ancre et une roue d'échappement par une force sans contact d'origine magnétique ou électrostatique.

[0100] Deux modes de réalisation, non limitatifs, sont proposés: un premier mode à masse polaire unique et un deuxième mode avec plusieurs masses polaires.

[0101] Le premier mode est illustré, dans une version magnétique seulement, par les figures 1 à 3.

[0102] La figure 1 représente, de façon schématisée, un mécanisme d'échappement 10 à arrêtoir 30 magnétique, où cet arrêtoir 30 est une ancre. Le dispositif régulateur comprend un résonateur 20 à balancier-spiral 2, une ancre 30 magnétique, et un mobile d'échappement 40 formé par une roue d'échappement 400 magnétisée. L'aimant 3 de l'ancre interagit de façon répulsive avec des pistes secondaires magnétisées concentriques 43 INT, 43 EXT, du mobile d'échappement 40.

[0103] Les symboles --/-/+/++, sur les pistes secondaires 43 sont représentatifs de l'intensité de la magnétisation, croissante de - à ++ : une zone -- repousse faiblement l'aimant 3 de l'ancre 30 alors qu'une zone ++ le repousse fortement.

[0104] Dans ce schéma de principe de la figure 1, la force d'interaction entre l'arrêtoir 30, , et le mobile d'échappement 40 résulte de l'interaction entre une masse polaire 3, notamment un aimant, placée sur l'ancre 30 et une structure magnétisée placée sur le mobile d'échappement 40. Cette structure magnétisée est composée de deux pistes secondaires 43 (intérieure 43 INT et extérieure 43 EXT) dont l'intensité de magnétisation varie en fonction de la position angulaire de sorte à produire le potentiel d'interaction magnétique représenté sur la figure 2. Le long de chaque piste secondaire 43, on observe une succession de rampes 45 et de barrières 46 de potentiel comme indiqué sur la figure 3. Les rampes 45 ont pour effet de prélever de l'énergie au mobile d'échappement 40, et les barrières 46 ont pour effet de bloquer l'avancement du mobile 40. L'énergie prélevée par une rampe 45 est ensuite restituée au résonateur 20 à balancier-spiral lorsque l'ancre 30 bascule d'une position à l'autre.

[0105] La figure 2 représente, de façon schématisée, l'énergie potentielle d'interaction magnétique vue par l'aimant 3 de l'ancre 30 en fonction de sa position sur le mobile d'échappement 40. La ligne en trait interrompu montre la trajectoire d'un point de référence M de l'aimant 3 de l'ancre 30 en fonctionnement.

[0106] La figure 3 représente, de façon schématisée, la variation de l'énergie potentielle le long des pistes secondaires magnétisées 43 du mobile 40. Lorsque la masse polaire 3 de l'ancre passe du point P1 au point P2 sur la piste secondaire interne 43 INT, le système prélève l'énergie du mobile d'échappement 40 pour la stocker sous forme d'énergie potentielle. Le système s'arrête alors en P2 sous l'effet conjugué de la barrière de potentiel 46 et du frottement du mobile 40. Finalement, lorsque l'ancre 30 bascule sous l'action du balancier-spiral 2 sur l'extrémité opposée de l'ancre 30, l'énergie précédemment stockée est restituée au résonateur 20 à balancier-spiral 2, pendant que le système passe de P2 à P3, ce qui correspond au changement de piste, la masse polaire 3 venant en P3 sur la piste secondaire externe 43 EXT. Le même cycle recommence ensuite sur l'autre piste secondaire 43 EXT en passant de P3 à P4 et de P4 à P5 avec le retour en P5 sur la piste interne 43 INT.

[0107] Dans cette variante magnétique de ce premier mode de réalisation, la forme du potentiel d'interaction magnétique est de préférence telle que :

- les rampes 45 de potentiel sont conçues de sorte que l'énergie fournie au résonateur 20 à balancier-spiral soit suffisante pour entretenir son mouvement ;
- la hauteur des barrières 46 de potentiel est suffisante pour bloquer le système.

[0108] Le frottement du mobile 40 permet l'immobilisation du système au pied de la barrière 46 de potentiel.

[0109] Pour conserver la sécurité de l'ancre en cas de choc, il est avantageux de disposer des butées mécaniques juste après chaque barrière 46 de potentiel magnétique (ces butées mécaniques ne sont pas représentées sur la figure 1 pour éviter sa surcharge). En fonctionnement normal, l'ancre 30 magnétique ne touche jamais ces butées mécaniques. Toutefois, en cas de choc suffisamment grand pour que le système vienne à traverser une barrière 46 de potentiel, ces butées mécaniques permettent de le bloquer pour ne pas perdre de pas.

[0110] Dans cette variante, la quantité d'énergie transmise au résonateur 20 à balancier-spiral est toujours quasiment la même, à condition que les barrières 46 de potentiel soient beaucoup plus raides que les rampes 45 d'énergie. Cette condition est facile à réaliser en pratique.

[0111] Le basculement de l'ancre 30 est découplé du mouvement du mobile d'échappement 40. Plus précisément, lorsque l'ancre 30 bascule, l'énergie potentielle peut être restituée au résonateur 20 à balancier-spiral 2, même si le mobile d'échappement 40 reste immobile. La rapidité de l'impulsion n'est ainsi pas limitée par l'inertie du mobile d'échappement 40.

[0112] Plusieurs solutions sont envisageables pour créer le potentiel proposé dans la figure 1. La structure magnétisée placée sur la roue d'échappement peut être, non limitativement, réalisée avec :

- une couche magnétisée d'épaisseur variable ;

- une couche magnétisée d'épaisseur constante mais de magnétisation variable ;
- une densité surfacique variable de micro-aimants ;
- une couche ferromagnétique d'épaisseur variable (dans ce cas la force est toujours attractive) ;
- une couche ferromagnétique de profil ou/et de forme variable (emboutissage, découpage) ;
- une couche ferromagnétique avec une densité surfacique de trous variable,

ces agencements étant cumulables entre eux.

[0113] Le deuxième mode de réalisation est illustré par les figures 4 à 10. Ce deuxième mode de réalisation fonctionne de la même façon que le premier mode de réalisation. Les principales différences sont les suivantes :

- il y a une seule piste 50 magnétisée sur le mobile d'échappement 40, comportant une succession d'aimants 49, mais l'ancre 30 porte deux structures magnétisées 3A, 3B, de sorte à reproduire le même potentiel d'interaction avec rampes et barrières alternées que celui présenté dans les figures 2 et 3 du premier mode ;
- les aimants 49 de la roue d'échappement 400 sont pris en sandwich entre les aimants 31 et 32 de l'ancre 30, de sorte que les forces de répulsion axiales se compensent. Il ne reste alors plus que la composante de force dans le plan du mobile d'échappement 40 qui est utile au fonctionnement de l'échappement.

[0114] Avantageusement, une masse polaire 3, au lieu d'être exactement au-dessus d'une piste 50 (ou 43 selon le cas), est légèrement décalée selon une direction transversale DT par rapport à l'axe de la piste concernée, de façon à ce que l'interaction entre le mobile 40 et la masse polaire 3 produise en permanence une petite composante transverse de force, qui maintient l'arrêtoir 30 en position. La valeur du décalage est alors ajustée pour que la force produite maintienne de façon stable la masse polaire 3 dans chacune de ses positions extrêmes, en première demi-course et deuxième demi-course.

[0115] La figure 4 illustre ainsi un dispositif régulateur constitué d'un résonateur 20 à balancier-spiral 2, une ancre magnétique 30, et une roue d'échappement 40 magnétisée. Le mobile d'échappement 40 est muni d'une piste d'aimants 49 d'intensité variable qui interagissent avec les deux aimants 31 et 32 de l'ancre 30. Cette figure 4 montre la disposition d'aimants 49 de magnétisation croissante (notamment par des dimensions croissantes) de façon à former des rampes 45 (de P11 à P18) avant l'arrêt sur des barrières 46 formées par exemple de plusieurs aimants P20.

[0116] Une majeure partie du tirage est produite par un ajustement fin de la position transverse de la masse polaire 3 par rapport à la piste 50 avec laquelle elle interagit. Plus précisément, lorsque l'arrêtoir 30 est positionné à l'extrémité de la première demi-course (PDC) ou à l'extrémité de la deuxième demi-course (DDC), la position transverse de la masse polaire 3 qui interagit avec la piste 50 est ajustée (par un petit décalage transverse) de sorte à ce que la masse polaire 3 subisse une force transverse, dite force de tirage, suffisamment grande pour maintenir la masse polaire 3 dans sa position extrême de façon stable. Au moment où le résonateur 20 déclenche le basculement de l'arrêtoir 30, il doit vaincre cette force de tirage avant que la force magnétique ou électrostatique ne prenne le relais pour entraîner l'arrêtoir 30 dans la suite du basculement, et ainsi transmettre l'énergie potentielle accumulée au résonateur 20. L'effet d'un tirage obtenu par un décalage transversal de 2mm est illustré sur la figure 28, sur la réalisation particulière des figures 26 et 27.

[0117] On comprend que, sur un mécanisme d'échappement selon l'invention, le résonateur 20, notamment le balancier 2, donne l'impulsion initiale à l'arrêtoir 30. Mais, dès que le tirage est vaincu, les forces d'origine magnétique ou électrostatiques prennent le relais et font leur travail pour mouvoir selon une direction transversale DT la masse polaire 3 jusqu'à sa nouvelle position.

[0118] Avantageusement au moins un aimant 48 en retrait (ici placé sur un rayon supérieur de positionnement), par rapport au centrage d'une rampe 45 le long d'un rayon donné, renforce l'effet de tirage juste avant la barrière 46. L'effet des rampes 45 et barrières 46 est similaire à celui du premier mode, la répartition relative est similaire à la figure 2.

[0119] La figure 5 montre le détail de leur agencement des aimants 31 et 32 de l'ancre par rapport aux aimants 49 du mobile d'échappement 40.

[0120] La figure 26 illustre une réalisation similaire à celle de la figure 4, mais comportant deux rangées concentriques d'aimants de magnétisation croissante, ceux de la piste intérieure 431NT étant polarisés vers le haut, et ceux de la piste extérieure 43 EXT étant polarisés vers le bas. Les masses polaires 3 ont les configurations inverses : une masse polaire supérieure intérieure 3SINT est polarisée vers le bas, une masse polaire supérieure extérieure 3SEXT est polarisée vers le haut, une masse polaire inférieure intérieure 3IINT est polarisée vers le bas, et une masse polaire inférieure extérieure 3IEXT est polarisée vers le haut. La figure 27 illustre schématiquement l'orientation des lignes de champ dans une section transversale correspondant à cette réalisation, où les lignes de champ sont sensiblement normales au plan PP de la roue 40 dans les aimants, et sensiblement parallèles à ce plan dans chaque entrefer 5. Le potentiel qui en résulte, visible sur la figure 28, possède des rampes et des barrières alternées.

[0121] Dans ce deuxième mode, l'ancre 30 est basculante. De préférence, à un instant donné, au plus une seule masse polaire 3A ou 3B est en regard avec la surface 4 d'aimants 49 du mobile d'échappement 40.

- La figure 6 montre comment renforcer la concentration du champ dans un entrefer 5, dans un exemple magnétique :

- en A des aimants de polarités opposées sont disposés tête-bêche de chaque côté de l'entrefer 5, lequel ne voit localement que des polarités opposées les unes aux autres ;
- en B l'efficacité d'au moins un aimant, ici l'aimant supérieur, est renforcée par au moins un aimant disposé selon une direction transversale DT à son champ ;
- en C, deux entrefers de part et d'autre d'un aimant (comme aussi en figure 5) sont bordés de part et d'autre par deux assemblages d'aimants selon l'exemple B ci-dessus ;
- en D, le champ est circulant par une barre de couplage ferromagnétique ou magnétisée, qui joint les aimants transversaux, dans la continuité de leur sens d'aimantation dans sa variante magnétisée.

[0122] Toujours dans cet exemple purement magnétique, on peut envisager plusieurs façons de créer l'interaction magnétique entre un arrêtoir 30 (notamment ancre) et un mobile d'échappement 40 (notamment roue d'échappement). Quatre configurations possibles sont présentées aux figures 7 à 10, et ne sont nullement limitatives. Les configurations des figures 9 et 10 ont l'avantage de mieux confiner les lignes de champ magnétique, ce qui est important pour réduire la sensibilité du système aux champs magnétiques extérieurs.

[0123] Selon la figure 7, une structure magnétisée d'épaisseur ou intensité variable déposée sur une roue d'échappement vient en interaction avec un champ magnétique créé par un circuit magnétique solidaire d'une ancre. L'interaction peut être répulsive ou attractive.

[0124] En figure 8, une structure ferromagnétique d'épaisseur variable (ou avec un entrefer variable) vient en interaction avec un champ magnétique créé par un circuit magnétique solidaire d'une ancre.

[0125] La figure 9 montre deux structures magnétisées d'épaisseur ou intensité variable déposées sur deux faces d'une roue d'échappement, en interaction avec un champ magnétique créé par un aimant solidaire d'une ancre, ou avec un circuit magnétique sans source de champ solidaire d'une ancre. L'interaction peut être répulsive ou attractive.

[0126] La figure 10 illustre deux structures ferromagnétiques d'épaisseur variable (ou avec un entrefer variable) sur deux faces d'une roue d'échappement, qui sont en interaction avec un champ magnétique créé par un aimant ou un circuit magnétique avec source de champ solidaire d'une ancre.

[0127] Du côté opposé à la masse polaire 3, ou aux masses polaires 3 si l'arrêtoir en comporte plusieurs, l'arrêtoir 30, notamment une ancre, comporte des moyens de coopération avec le résonateur 20 (notamment un balancier-spiral 2), qui interagissent avec ce résonateur pour déclencher le mouvement transversal de la masse polaire 3. De façon connue, ces moyens de coopération peuvent utiliser un contact mécanique, tels qu'une fourchette d'ancre coopérant avec une cheville de balancier. L'extrapolation de la coopération arrêtoir-mobile d'échappement proposée par l'invention est envisageable à la coopération résonateur-arrêtoir, ce qui permet alors d'utiliser là aussi une force d'origine magnétique ou électrostatique dans le but de minimiser encore les frottements. Un avantage supplémentaire du fait de la suppression d'une cheville de plateau est d'autoriser des coopérations sur des plages angulaires supérieures à 360°, par exemple avec une piste en hélice.

[0128] Dans une variante particulière de l'invention, la masse polaire 3 est symétrique selon la direction transversale.

[0129] Dans un exemple de réalisation sur la base du deuxième mode de réalisation de la figure 4, des résultats satisfaisants sont obtenus avec les valeurs suivantes :

- Inertie de la roue d'échappement : $2*10^{-5}$ kg*m^2
- Couple d'entraînement : $1*10^{-2}$ Nm
- Inertie du balancier : $2*10^{-4}$ kg*m^2
- Constante élastique du spiral : $7*10^{-4}$ Nm
- Fréquence du résonateur : 0.3 Hz
- Facteur de qualité du résonateur : 20
- Hauteur de la rampe d'énergie : $2*10^{-3}$ Joule
- Hauteur de la barrière d'énergie : $8*10^{-3}$ Joule
- Aimants :
  - Les masses polaires de l'ancre sont constituées de quatre aimants rectangulaire de dimensions 5mm x 5mm x 2.5mm en NdFeB (néodyme-fer-bore).
  - La piste est constituée de rampes et de barrières comme suit. Les rampes de champ sont produites par des aimants cylindriques en NdFeB de diamètre 1.5mm et de hauteur variant entre 0 et 4mm. Chaque barrière est constituée de quatre aimants cylindriques en NdFeB de diamètre 2mm et hauteur 4mm.

[0130] En résumé, le potentiel d'interaction magnétique, ou/et électrostatique, composé de rampes alternées avec des barrières fournit un comportement aussi proche que possible de l'échappement à ancre Suisse traditionnel. L'optimisation de la forme des gradients de potentiel permet l'augmentation du rendement de l'échappement.

[0131] Le remplacement de la force de contact mécanique par une force sans contact d'origine magnétique ou électrostatique, selon l'invention, procure donc de nombreux avantages, car il permet de:

- éliminer les frottements et par conséquent réduire l'usure, donc augmenter la durée de vie ;
- augmenter le rendement de l'échappement, et par conséquent augmenter la réserve de marche ;
- concevoir la transition entre les rampes et les barrières de potentiel afin d'obtenir une dépendance particulière désirée entre le couple d'entraînement et l'énergie transmise au résonateur, En particulier et de façon avantageuse, on peut rendre la quantité

d'énergie transmise à l'oscillateur à chaque alternance quasiment constante et indépendante du couple d'entraînement ;

- découpler le basculement de l'arrêtoir du mouvement du mobile d'échappement de sorte que la rapidité de l'impulsion ne soit pas limitée par l'inertie du mobile d'échappement.

Revendications

1. Mécanisme d'échappement (10) d'horlogerie comportant un arrêtoir (30) entre un résonateur (20) et un mobile d'échappement (40), ledit mobile d'échappement (40) comportant au moins une piste (50) magnétisée ou ferromagnétique, respectivement électrisée ou conductrice électrostatiquement, avec une période de défilement (PD) selon laquelle ses caractéristiques magnétiques, respectivement électrostatiques, se répètent, ledit arrêtoir (30) comportant au moins une masse polaire (3) magnétisée ou ferromagnétique, respectivement électrisée ou conductrice électrostatiquement, ladite masse polaire (3) étant mobile selon une direction transversale (DT) par rapport à la direction de défilement (DD) d'au moins un élément d'une surface (4) de ladite piste (50), et au moins ladite masse polaire (3) ou ladite piste (50) créant un champ magnétique ou électrostatique dans un entrefer (5) entre ladite au moins une masse polaire (3) et ladite au moins une surface (4), ladite masse polaire (3) étant opposée à une barrière (46) de champ magnétique ou électrostatique sur ladite piste (50) juste avant chaque mouvement transversal dudit arrêtoir (30) commandé par l'action périodique dudit résonateur (20), **caractérisé en ce que** chaque dite piste (50) comporte, avant chaque dite barrière (46) de champ magnétique ou électrostatique, une rampe (45) de champ magnétique ou électrostatique interagissant de façon croissante avec une dite masse polaire (3) avec un champ magnétique, respectivement électrostatique, dont l'intensité varie de façon à produire une énergie potentielle croissante, ladite rampe (45) prélevant de l'énergie audit mobile d'échappement (40), et encore **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (40) comporte, entre deux dites rampes (45) successives d'une même dite piste (50) ou de deux dites pistes (50) voisines selon ladite direction de défilement (DD), une dite barrière (46) de potentiel de champ magnétique, respectivement électrostatique, pour déclencher un arrêt momentané dudit mobile d'échappement (40) préalable à un basculement dudit arrêtoir (30) sous l'action périodique dudit oscillateur (20).

2. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** au moins une dite masse polaire (3) est légèrement décalée selon une direction transversale (DT) par rapport à l'axe de la dite piste (50) face à laquelle elle évolue, de façon à ce que l'interaction entre ledit mobile (40) et ladite masse polaire (3) produise en permanence une petite composante transverse de force, qui maintient ledit arrêtoir (30) en position, la valeur du décalage étant ajustée pour que la force produite maintienne de façon stable ladite masse polaire (3) dans chacune de ses positions extrêmes.

3. Mécanisme d'échappement (10) d'horlogerie selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ledit échappement (10) accumule de l'énergie potentielle reçue dudit mobile (40) pendant chaque moitié de ladite période (PD), et la restitue audit résonateur (20) entre lesdites moitiés de période lors dudit mouvement transversal dudit arrêtoir (30) commandé par l'action périodique dudit résonateur (20), où ladite masse polaire (3) passe d'une première demi-course (PDC) transversale relative par rapport audit mobile d'échappement (40) à une deuxième demi-course (DDC) transversale relative par rapport audit mobile d'échappement (40), ou inversement.

4. Mécanisme d'échappement (10) d'horlogerie selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** au moins ladite masse polaire (3) ou ladite piste (50) crée ledit champ magnétique ou électrostatique d'intensité plus grande dans ladite première demi-course (PDC) que dans ladite deuxième demi-course (DDC) pendant une première moitié de période, et inversement pendant une deuxième moitié de période.

5. Mécanisme d'échappement (10) d'horlogerie selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** ledit résonateur (20) comporte au moins un oscillateur (2) à mouvement périodique, **en ce que** ledit mobile d'échappement (40) est alimenté par une source d'énergie, **en ce que** ladite au moins une piste (50) est animée d'un mouvement de défilement selon une trajectoire de défilement (TD) et comporte des caractéristiques physiques reproduites selon ladite période de défilement (PD), et **en ce que** ladite masse polaire (3) est mobile selon une direction transversale DT par rapport à la direction de défilement (DD) de ladite piste (50) selon une trajectoire transversale (TT) sensiblement orthogonale à ladite trajectoire de défilement (TD) et effectuant ladite première demi-course (PDC) d'un premier côté d'une position médiane (PM) fixe et ladite deuxième demi-course (DDC) d'un deuxième côté de ladite position médiane (PM), et où, dans ledit entrefer (5), ladite piste (50) ou/et ladite masse polaire (3) crée ledit champ magnétique ou électrostatique dont l'intensité est plus grande dans ladite première demi-course (PDC) que dans ladite deuxième demi-course (DDC) pendant une première moitié de ladite période de défilement (PD), et dont l'intensité est plus grande

dans ladite deuxième demi-course (DDC) que dans ladite première demi-course (PDC) pendant une deuxième moitié de ladite période de défilement (PD), et **en ce que** ledit mécanisme d'échappement (10) accumule de l'énergie potentielle transmise de ladite source d'énergie par l'intermédiaire dudit mobile d'échappement (40) pendant chaque dite première moitié ou deuxième moitié de ladite période de défilement (PD), et **en ce que** ledit mécanisme d'échappement (10) restitue cette énergie audit oscillateur (2) lors dudit mouvement transversal dudit arrêtoir (30) commandé par ledit résonateur (20) entre lesdites première moitié et deuxième moitié de ladite période de défilement (PD) lors duquel mouvement transversal ladite masse polaire (3) passe de ladite première demi-course (PDC) à ladite deuxième demi-course (DDC) ou inversement sous l'effet de l'action périodique dudit oscillateur (2) sur ledit arrêtoir (30), ladite masse polaire (3) étant alors face à une dite barrière (46) de champ magnétique ou électrostatique au niveau de la partie de ladite piste (50) face à laquelle elle évolue juste avant ledit mouvement transversal.

6. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** les caractéristiques dudit champ magnétique ou électrostatique sont alternées entre ladite première demi-course (PDC) et ladite deuxième demi-course (DDC) avec un déphasage d'une moitié de ladite période de défilement (PD) de ladite piste (50) par rapport à ladite masse polaire (3).

7. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 3 à 6, **caractérisé en ce que** au moins l'un des deux composants antagonistes, constitués par ladite masse polaire (3) et ladite piste (50) porteuse de ladite surface (4) qui lui fait face au niveau dudit entrefer (5) au moins sur une partie de leur course relative, comporte des moyens actifs magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer ledit champ magnétique, respectivement électrostatique, dont la composante selon une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) tangente à ladite trajectoire de défilement de ladite piste (50) au niveau d'une position médiane (PM) entre ladite première demi-course (PDC) et de ladite deuxième demi-course (DDC), est supérieure à sa composante dans un plan (PP) perpendiculaire à ladite direction axiale (DA), au niveau de leur interface dans un entrefer (5) entre ladite masse polaire (3) et ladite surface (4) qui lui fait face.

8. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** chacun des deux composants antagonistes, constitués par ladite masse polaire (3) et ladite piste (50) porteuse de ladite surface (4) qui lui fait face au moins sur une partie de leur course relative, comporte des moyens actifs magnétiques, respectivement électrostatiques, qui sont agencés pour créer un champ magnétique, respectivement électrostatique, de direction sensiblement parallèle à ladite direction axiale (DA), au niveau de leur interface dans ledit entrefer (5) entre ladite masse polaire (3) et ladite surface (4) qui lui fait face.

9. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** ledit échappement (10) accumule de l'énergie potentielle reçue dudit mobile (40) pendant chaque moitié de ladite période (PD), et la restitue audit résonateur (20) entre lesdites moitiés de période lors dudit mouvement transversal dudit arrêtoir (30) commandé par l'action périodique dudit résonateur (20), où ladite masse polaire (3) passe d'une première demi-course (PDC) transversale relative de ladite masse polaire (3) par rapport audit mobile d'échappement (40) à une deuxième demi-course (DDC) transversale relative de ladite masse polaire (3) par rapport audit mobile d'échappement (40), ou inversement, et **en ce que** ledit champ magnétique, respectivement électrostatique, est d'intensité variable et non nulle dans à la fois dans ladite première demi-course (PDC) et ladite deuxième demi-course (DDC).

10. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ledit échappement (10) accumule de l'énergie potentielle reçue dudit mobile (40) pendant chaque moitié de ladite période (PD), et la restitue audit résonateur (20) entre lesdites moitiés de période lors dudit mouvement transversal dudit arrêtoir (30) commandé par l'action périodique dudit résonateur (20), où ladite masse polaire (3) passe d'une première demi-course (PDC) transversale relative de ladite masse polaire (3) par rapport audit mobile d'échappement (40) à une deuxième demi-course (DDC) transversale relative de ladite masse polaire (3) par rapport audit mobile d'échappement (40), ou inversement, et **caractérisé en ce que** la composante dudit champ magnétique, respectivement électrostatique, selon une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) de ladite piste (50), est de même sens sur ladite première demi-course (PDC) et sur ladite deuxième demi-course (DDC).

11. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** chaque dite masse polaire (3) que porte ledit arrêtoir (30) est magnétisée, respectivement électrisée, de façon

permanente, et génère un champ magnétique, respectivement électrostatique, constant, et **en ce que** chaque dite surface (4) coopérant avec chaque dite masse polaire (3) définit avec la dite masse polaire (3) concernée un entrefer (5) dans lequel le champ magnétique, respectivement électrostatique, est variable selon l'avance dudit mobile d'échappement (40) sur sa trajectoire et est variable selon la position angulaire relative de ladite masse polaire (3) concernée par rapport audit mobile d'échappement (40) et qui est liée au débattement angulaire dudit arrêtoir (30).

12. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** chaque dite masse polaire (3) que porte ledit arrêtoir (30) est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon permanente, et **en ce que** chaque dite surface (4) coopérant avec chaque dite masse polaire (3) définit avec la dite masse polaire (3) concernée un entrefer (5) dans lequel le champ magnétique, respectivement électrostatique, est variable selon l'avance dudit mobile d'échappement (40) sur sa trajectoire et est variable selon la position angulaire relative de ladite masse polaire (3) concernée par rapport audit mobile d'échappement (40) et qui est liée au débattement angulaire dudit arrêtoir (30).

13. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** chaque dite piste (50) porteuse de ladite surface (4) est magnétisée, respectivement électrisée, de façon permanente et uniforme, et génère un champ magnétique, respectivement électrostatique, constant à sa surface tournée vers ladite masse polaire (3) concernée, et comporte un relief agencé pour générer une hauteur d'entrefer variable dans ledit entrefer (5), laquelle hauteur varie selon l'avance dudit mobile d'échappement (40) sur sa trajectoire, et varie selon la position angulaire relative de ladite masse polaire (3) concernée par rapport audit mobile d'échappement (40).

14. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** chaque dite piste (50) porteuse de ladite surface (4) est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon permanente, et comporte un relief agencé pour générer une hauteur d'entrefer dans ledit entrefer (5), laquelle hauteur d'entrefer est variable selon l'avance dudit mobile d'échappement (40) sur sa trajectoire, et est variable selon la position angulaire relative de ladite masse polaire (3) concernée par rapport audit mobile d'échappement (40).

15. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** chaque dite piste (50) porteuse de ladite surface (4) est magnétisée, respectivement électrisée, de façon permanente et variable selon la position angulaire par rapport une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à ladite trajectoire transversale (TT), sur ledit mobile d'échappement (40), et génère un champ magnétique, respectivement électrostatique, qui est variable selon l'avance dudit mobile d'échappement (40) sur sa trajectoire, et est variable selon la position angulaire relative de ladite masse polaire (3) concernée par rapport audit mobile d'échappement (40), au niveau de sa surface tournée vers ladite masse polaire (3) concernée.

16. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** chaque dite piste (50) porteuse de ladite surface (4) est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon permanente et variable selon la position angulaire par rapport à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à ladite trajectoire transversale (TT), sur ledit mobile d'échappement (40), de façon à faire varier la force magnétique, respectivement électrostatique, exercée entre ledit arrêtoir (3) et ledit mobile d'échappement (40) sous l'effet de leur mouvement relatif, laquelle force est variable selon l'avance dudit mobile d'échappement (40) sur sa trajectoire et est variable selon la position angulaire relative de ladite masse polaire (3) concernée par rapport audit mobile d'échappement (40), au niveau de sa surface tournée vers ladite masse polaire (3) concernée.

17. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** chaque dite masse polaire (3) circule entre deux dites surfaces (4) dudit mobile d'échappement (40), et **en ce qu'**un dit champ magnétique, respectivement électrostatique, s'exerce sur chaque côté de ladite masse polaire (3) selon une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) de ladite piste (50), de façon symétrique de part et d'autre de ladite masse polaire (3) de façon à exercer des efforts égaux et opposés sur ladite masse polaire (3) dans ladite direction axiale (DA).

18. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** chaque dite surface (4) dudit mobile d'échappement (40) circule entre deux surfaces (31 ; 32) de chaque dite masse polaire (3), et **en ce qu'**un dit champ magnétique, respectivement électrostatique, s'exerce sur chaque côté de ladite surface (4) selon une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la

trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) de ladite piste (50),de façon symétrique de part et d'autre de ladite surface (4) de façon à exercer des efforts égaux et opposés sur ladite surface (4) dans ladite direction axiale (DA).

19. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (40) comporte, sur l'une de ses deux surfaces latérales (41, 42), une pluralité de pistes secondaires (43) concentriques les unes aux autres par rapport à une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) de ladite piste (50), chaque dite piste secondaire (43) comportant une succession angulaire de zones primaires élémentaires (44), chaque dite zone primaire (44) présentant un comportement magnétique, respectivement électrostatique, qui est différent, d'une part de celui de chaque autre zone primaire (44) adjacente sur la dite piste secondaire (43) à laquelle elle appartient, et d'autre part de celui de chaque autre zone primaire (44) qui lui est adjacente et qui est située sur une autre dite piste secondaire (43) adjacente à la sienne.

20. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** ladite succession desdites zones primaires (44) sur chaque dite piste secondaire (43) donnée est périodique selon une période spatiale (T) constituant un sous-multiple entier d'une révolution dudit mobile d'échappement (40).

21. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** chaque dite piste secondaire (43) comporte, sur chaque dite période spatiale, une rampe (45) comportant une succession monotone de dites zones primaires (44) interagissant de façon croissante avec une dite masse polaire (3) avec un champ magnétique, respectivement électrostatique, dont l'intensité varie de façon à produire une énergie potentielle croissante depuis une zone d'interaction minimale (4MIN) vers une zone d'interaction maximale (4MAX), ladite rampe (45) prélevant de l'énergie audit mobile d'échappement (40).

22. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque dite barrière (46) de potentiel est plus raide que chaque dite rampe (45).

23. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 1 ou 22, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (40) comporte, en fin de chaque dite rampe (45) et juste avant chaque dite barrière (46), une variation radiale de répartition de champ magnétique ou électrostatique quand ladite surface (4) est magnétisée, respectivement électrisée, ou une variation de profil quand ladite surface (4) est ferromagnétique, respectivement conductrice électrostatiquement, de façon à provoquer un tirage sur ladite masse polaire (3).

24. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 ou 22 ou 23, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (40) comporte, après chaque dite barrière (46) de potentiel de champ magnétique ou électrostatique, une butée mécanique anti-choc.

25. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 19 à 23, **caractérisé en ce que** deux dites pistes secondaires (43) adjacentes comportent l'une avec l'autre une alternance de dites zones d'interaction minimale (4MIN) et de dites zones d'interaction maximale (4MAX) avec un déphasage angulaire correspondant à la moitié de ladite période spatiale (T).

26. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 21 à 25, **caractérisé en ce que** ledit arrêtoir (30) comporte une pluralité de dites masses polaires (3) agencées pour coopérer simultanément avec des dites pistes secondaires (43) distinctes.

27. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 26, **caractérisé en ce que** ledit arrêtoir (30) comporte un peigne s'étendant parallèlement à ladite surface (4) dudit mobile d'échappement (40) et comportant des dites masses polaires (3) disposées côte à côte.

28. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 27, **caractérisé en ce que** ledit arrêtoir (30) est pivotant autour d'un pivot (35) réel ou virtuel et comporte une dite masse polaire (3) unique agencée pour coopérer avec des zones primaires (44) que comportent des dites surfaces (4) situées sur des diamètres différents dudit mobile d'échappement (40) avec lesquelles ladite masse polaire (3) a une interaction variable lors de la révolution dudit mobile d'échappement (40), lesdites zones primaires (44) étant disposées en alternance sur la périphérie dudit mobile d'échappement (40) pour contraindre ladite masse polaire (3) à un mouvement radial, par rapport à une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) de ladite piste (50), dudit mobile d'échappement (40) lors de la recherche de position d'équilibre de ladite masse polaire (3).

29. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 27, **caractérisé en ce que** ledit arrêtoir (30) est pivotant autour d'un pivot (35) réel ou virtuel et comporte une pluralité de dites masses polaires (3) agencées pour coopérer chacune avec des zones primaires (44) que comporte au moins une dite surfaces (4) située sur une plage dudit mobile d'échappement (40) avec lesquelles chaque dite masse polaire (3) a une interaction variable lors de la révolution dudit mobile d'échappement (40), lesdites zones primaires (44) étant disposées en alternance sur la périphérie dudit mobile d'échappement (40) pour contraindre ladite masse polaire (3) à un mouvement radial par rapport à une direction axiale (DA) qui est orthogonale à la fois à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à la trajectoire transversale (TT) de ladite masse polaire (3), et à une direction de défilement (DF) de ladite piste (50), lors de la recherche de position d'équilibre de ladite masse polaire (3).

30. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 29, **caractérisé en ce que** à chaque instant au moins une dite masse polaire (3) est en interaction avec au moins une dite surface (4) dudit mobile d'échappement (40).

31. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 30, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (40) est une roue d'échappement (400).

32. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 31, **caractérisé en ce que** ledit arrêtoir (30) coopère, de part et d'autre, avec un dit mobile d'échappement (40) constitué, d'une part par une première roue d'échappement (401) et d'autre part par une deuxième roue d'échappement (402).

33. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 32, **caractérisé en ce que** lesdites première (401) et deuxième (402) roues d'échappement pivotent de façon solidaire.

34. Mécanisme d'échappement (10) selon la revendication 32, **caractérisé en ce que** lesdites première (401) et deuxième (402) roues d'échappement pivotent indépendamment l'une de l'autre.

35. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 32 à 34, **caractérisé en ce que** lesdites première (401) et deuxième (402) roues d'échappement sont coaxiales.

36. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 35, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (40) comporte au moins une surface cylindrique dont l'axe de pivotement (D) est parallèle à une direction transversale (DT) sensiblement parallèle à ladite trajectoire transversale (TT), et **en ce que** ladite au moins une masse polaire (3) dudit arrêtoir (30) est mobile parallèlement audit axe de pivotement (D).

37. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 36, **caractérisé en ce que** ladite surface (4) comporte une couche magnétisée d'épaisseur variable, ou respectivement une couche électrisée d'épaisseur variable, ou une couche magnétisée d'épaisseur constante mais de magnétisation variable, ou respectivement une couche électrisée d'épaisseur constante mais d'électrisation variable, ou une densité surfacique variable de microaimants, ou respectivement une densité surfacique variable d'électrets, ou une couche ferromagnétique d'épaisseur variable, ou une respectivement une couche conductrice électrostatiquement d'épaisseur variable, ou une couche ferromagnétique de forme variable, ou respectivement une couche conductrice électrostatiquement de forme variable, ou une couche ferromagnétique avec une densité surfacique de trous variable, ou respectivement une couche conductrice électrostatiquement avec une densité surfacique de trous variable.

38. Mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 37, **caractérisé en ce que** ledit arrêtoir (30) est une ancre.

39. Mouvement d'horlogerie (100) comportant au moins un mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 38.

40. Pièce d'horlogerie (200) comportant au moins un mouvement (100) selon la revendication précédente ou/et comportant au moins un mécanisme d'échappement (10) selon l'une des revendications 1 à 38.

Patentansprüche

1. Uhren-Hemmungsmechanismus (10), der zwischen einem Resonator (20) und einem Hemmungsdrehteil (40) eine Anhaltevorrichtung (30) umfasst, wobei das Hemmungsdrehteil (40) mindestens eine magnetisierte oder ferromagnetische oder entsprechend elektrisch geladene oder elektrostatisch leitende Bahn (50) mit einer Durchlaufperiode (PD), in der sich ihre magnetischen oder entsprechend elektrostatischen Eigenschaften wiederholen, aufweist, wobei die Anhaltevorrichtung (30) mindestens eine magnetisierte oder ferromagnetische oder entsprechend elektrisch geladene oder elektrostatisch leitende polare Masse (3) umfasst, wobei die polare Masse (3) in einer Querrichtung (DT) in Bezug auf die Durchlaufrichtung (DD) mindestens eines Ele-

ments einer Oberfläche (4) der Bahn (50) beweglich ist und wobei zumindest die polare Masse (3) oder die Bahn (50) in einem Spalt (5) zwischen der mindestens einen polaren Masse (3) und der mindestens einen Oberfläche (4) ein magnetisches oder elektrostatisches Feld erzeugt, wobei sich die polare Masse (3) direkt vor jeder Querbewegung der Anhaltevorrichtung (30), die durch die periodische Wirkung des Resonators (20) gesteuert wird, gegenüber einer Barriere (46) des magnetischen oder elektrostatischen Feldes auf der Bahn (50) befindet, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Bahn (50) vor jeder Barriere (46) des magnetischen oder elektrostatischen Feldes eine Rampe (45) des magnetischen oder elektrostatischen Feldes aufweist, die mit einer polaren Masse (3) mit einem magnetischen oder entsprechend elektrostatischen Feld, dessen Stärke sich in einer Weise verändert, dass eine zunehmende potentielle Energie erzeugt wird, zunehmend in Wechselwirkung tritt, wobei die Rampe (45) Energie von dem Hemmungsdrehteil (40) abzieht, und ferner **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (40) zwischen zwei aufeinander folgenden Rampen (45) derselben Bahn (50) oder zweier in der Durchlaufrichtung (DD) benachbarter Bahnen (50) eine Potentialbarriere (46) des magnetischen oder entsprechend elektrostatischen Feldes aufweist, um vor einem Schwenken der Anhaltevorrichtung (30) unter der periodischen Wirkung des Oszillators (20) ein sofortiges Anhalten des Hemmungsdrehteils (40) auszulösen.

2. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine polare Masse (3) in einer Querrichtung (DT) in Bezug auf die Achse der Bahn (50), gegenüber der sie sich bewegt, leicht versetzt ist, derart, dass die Wechselwirkung zwischen dem Drehteil (40) und der polaren Masse (3) ständig eine kleine transversale Kraftkomponente erzeugt, die die Anhaltevorrichtung (30) an ihrer Position hält, wobei der Versatzwert so eingestellt ist, dass die erzeugte Kraft die polare Masse (3) in jeder ihrer Extrempositionen stabil hält.

3. Uhren-Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hemmung (10) die von dem Drehteil (40) während jeder Hälfte der Periode (PD) empfangene potentielle Energie speichert und sie zwischen den Halbperioden bei der Querbewegung der Anhaltevorrichtung (30), die durch die periodische Einwirkung des Resonators (20) gesteuert wird, wieder an den Resonator (20) abgibt, wobei die polare Masse (3) von einer ersten transversalen Halbbahn (PDC) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) zu einer zweiten transversalen Halbbahn (DDC) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) übergeht oder umgekehrt.

4. Uhren-Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens die polare Masse (3) oder die Bahn (50) während einer ersten Halbperiode das magnetische oder elektrostatische Feld mit einer größeren Stärke auf der ersten Halbbahn (PDC) als auf der zweiten Halbbahn (DDC) erzeugt, und während einer zweiten Halbperiode umgekehrt.

5. Uhren-Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Resonator (20) mindestens einen Oszillator (2) mit periodischer Bewegung umfasst, dass das Hemmungsdrehteil (40) durch eine Energiequelle versorgt wird, dass die mindestens eine Bahn (50) zu einer Durchlaufbewegung entlang einer Durchlaufbahn (TD) angetrieben wird und physikalische Eigenschaften besitzt, die entsprechend der Durchlaufperiode (PD) reproduziert werden und dass die polare Masse (3) in einer Querrichtung DT in Bezug auf die Durchlaufbewegungsrichtung (DD) der Bahn (50) entlang einer transversalen Bahn (TT), die zu der Durchlaufbahn (TD) im Wesentlichen senkrecht ist, beweglich ist und die erste Halbbahn (PDC) von einer ersten Seite einer festen Mittelposition (PM) und die zweite Halbbahn (DDC) von einer zweiten Seite derselben Mittelposition (PM) ausführt und wobei in dem Spalt (5) die Bahn (50) und/oder die polare Masse (3) das magnetische oder elektrostatische Feld erzeugen, dessen Stärke auf der ersten Halbbahn (PDC) während einer ersten Hälfte der Durchlaufperiode (PD) größer als auf der zweiten Halbbahn (DDC) ist und deren Stärke auf der zweiten Halbbahn (DDC) während einer zweiten Hälfte der Durchlaufperiode (PD) größer als auf der ersten Halbbahn (PDC) ist, und dass der Hemmungsmechanismus (10) die potentielle Energie speichert, die von der Energiequelle über das Hemmungsdrehteil (40) während jeder ersten Hälfte oder jeder zweiten Hälfte der Durchlaufperiode (PD) übertragen wird, und dass der Hemmungsmechanismus (10) diese Energie bei der Querbewegung der Anhaltevorrichtung (30), die durch den Resonator (20) zwischen der ersten Hälfte und der zweiten Hälfte der Durchlaufperiode (PD) gesteuert wird, wieder an den Oszillator (2) abgibt, wobei während dieser Querbewegung die polare Masse (3) unter der periodischen Einwirkung des Oszillators (2) auf die Anhaltevorrichtung (30) von der ersten Halbbahn (PDC) zu der zweiten Halbbahn (DDC) übergeht, oder umgekehrt, wobei sich die polare Masse (3) dann direkt vor der Querbewegung gegenüber einer Barriere (46) des magnetischen oder elektrostatischen Feldes auf Höhe des Teils der Bahn (50), gegenüber der sie sich bewegt, befindet.

6. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Eigenschaften des magnetischen oder elektrostatischen Feldes zwischen der ersten Halbbahn (PDC) und der zweiten Halbbahn (DDC) mit einer Phasenverschiebung einer halben Durchlaufperiode (PD) der Bahn (50) in Bezug auf die polare Masse (3) abwechseln.

7. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der beiden entgegenwirkenden Komponenten, die durch die polare Masse (3) und die Bahn (50) gebildet sind, die die Oberfläche (4) trägt, die ihr auf Höhe des Spalts (5) zumindest auf einem Teil ihres relativen Laufs gegenüberliegt, aktive magnetische oder entsprechend elektrostatische Mittel umfasst, die dafür ausgelegt sind, das magnetische oder entsprechend elektrostatische Feld zu erzeugen, dessen Komponente in einer axialen Richtung (DA), die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu einer Durchlaufrichtung (DF) senkrecht ist, die zu der Durchlaufbahn der Bahn (50) auf Höhe einer Mittelposition (PM) zwischen der ersten Halbbahn (PDC) und der zweiten Halbbahn (DDC) tangential ist, größer ist als ihre Komponente in einer Ebene (PP) senkrecht zu der axialen Richtung (DA) auf Höhe ihrer Grenzfläche zwischen einem Spalt (5) zwischen der polaren Masse (3) und der Oberfläche (4), die ihr gegenüberliegt.

8. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der beiden entgegenwirkenden Komponenten, die durch die polare Masse (3) und die Bahn (50) gebildet sind, die die Oberfläche (4) trägt, die ihr zumindest auf einem Teil ihres relativen Laufs gegenüberliegt, aktive magnetische oder entsprechend elektrostatische Mittel umfasst, die dafür ausgelegt sind, ein magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Feld in einer zu der axialen Richtung (DA) im Wesentlichen parallelen Richtung auf Höhe ihrer Grenzfläche in dem Spalt (5) zwischen der polaren Masse (3) und der ihr gegenüberliegenden Fläche (4) zu erzeugen.

9. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hemmung (10) potentielle Energie, die von dem Drehteil (40) während jeder halben Periode (PD) empfangen wird, speichert und sie zwischen den Halbperioden bei der Querbewegung der Anhaltevorrichtung (30), die durch die periodische Wirkung des Resonators (20) gesteuert wird, wieder an den Resonator (20) abgibt, wobei die polare Masse (3) von einer ersten transversalen Halbbahn (PDC) relativ zu der polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) zu einer zweiten transversalen Halbbahn (DDC) relativ zu der polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) übergeht, oder umgekehrt, und dass das magnetische oder entsprechend elektrostatische Feld eine von null verschiedene veränderliche Stärke sowohl auf der ersten Halbbahn (PDC) als auch auf der zweiten Halbbahn (DDC) besitzt.

10. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hemmung (10) potentielle Energie, die von dem Drehteil (40) während jeder Hälfte der Periode (PD) empfangen wird, speichert und sie zwischen den Halbperioden bei der durch die periodische Wirkung des Resonators (20) gesteuerten Querbewegung der Anhaltevorrichtung (30) wieder an den Resonator (20) abgibt, wobei die polare Masse (3) von einer ersten transversalen Halbbahn (PDC) relativ zu der polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) zu einer zweiten transversalen Halbbahn (DDC) relativ zu der polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) übergeht, oder umgekehrt, und **dadurch gekennzeichnet, dass** die Komponente des magnetischen oder entsprechend elektrostatischen Feldes in einer axialen Richtung (DA), die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu einer Durchlaufrichtung (DF) der Bahn (50) senkrecht ist, auf der ersten Halbbahn (PDC) und auf der zweiten Halbbahn (DDC) den gleichen Richtungssinn aufweist.

11. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede polare Masse (3), die die Anhaltevorrichtung (30) trägt, permanent magnetisiert oder entsprechend elektrisch geladen ist und ein konstantes magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Feld erzeugt und dass jede Oberfläche (4), die mit jeder polaren Masse (3) zusammenwirkt, mit der betreffenden polaren Masse (3) einen Spalt (5) definiert, in dem das magnetische oder entsprechend elektrostatische Feld je nach Vorwärtsbewegung des Hemmungsdrehteils (40) auf seiner Bahn veränderlich ist und je nach der relativen Winkelposition der betreffenden polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) veränderlich ist und mit dem Winkelausschlag der Anhaltevorrichtung (30) in Beziehung steht.

12. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede polare Masse (3), die die Anhaltevorrichtung (30) trägt, permanent ferromagnetisch oder entsprechend elektrostatisch leitend ist und dass jede Oberfläche (4), die mit jeder polaren Masse (3) zusammenwirkt, mit der betreffenden polaren Masse (3) einen Spalt (5) definiert, in dem das magnetische oder entsprechend elektrostatische Feld je nach

Vorwärtsbewegung des Hemmungsdrehteils (40) auf seiner Bahn veränderlich ist und je nach Winkelposition relativ zu der betreffenden polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) veränderlich ist und mit dem Winkelausschlag der Anhaltevorrichtung (30) in Beziehung steht.

13. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Bahn (50), die die Oberfläche (4) trägt, permanent und gleichmäßig magnetisiert oder entsprechend elektrisch geladen ist und auf ihrer Oberfläche, die der betreffenden polaren Masse (3) zugewandt ist, ein konstantes magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Feld erzeugt und ein Relief aufweist, das dafür ausgelegt ist, eine veränderliche Spalthöhe in dem Spalt (5) zu erzeugen, wobei sich die Höhe je nach Vorwärtsbewegung des Hemmungsdrehteils (40) auf seiner Bahn verändert und sich je nach Winkelposition relativ zu der betreffenden polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) verändert.

14. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Bahn (50), die die Oberfläche (4) trägt, permanent ferromagnetisch oder entsprechend elektrostatisch leitend ist und ein Relief aufweist, das dafür ausgelegt ist, eine Spalthöhe in dem Spalt (5) zu erzeugen, wobei die Spalthöhe je nach Vorwärtsbewegung des Hemmungsdrehteils (40) auf seiner Bahn veränderlich ist und je nach Winkelposition relativ zu der betreffenden polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) veränderlich ist.

15. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede die Oberfläche (4) tragende Bahn (50) permanent und je nach Winkelposition in Bezug auf eine zu der transversalen Bahn (TT) im Wesentlichen parallele Querrichtung (DT) auf dem Hemmungsdrehteil (40) veränderlich magnetisiert oder entsprechend elektrisch geladen ist und ein magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Feld erzeugt, das je nach Vorwärtsbewegung des Hemmungsdrehteils (40) auf seiner Bahn veränderlich ist und je nach Winkelposition relativ zu der betreffenden polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) auf Höhe ihrer zu der betreffenden polaren Masse (3) gewandten Oberfläche veränderlich ist.

16. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede die Oberfläche (4) tragende Bahn (50) permanent und je nach Winkelposition in Bezug auf eine zu der Querrichtung (TT) im Wesentlichen parallele Querrichtung (DT) auf dem Hemmungsdrehteil (40) veränderlich ferromagnetisch oder entsprechend elektrostatisch leitend ist, derart, dass die magnetische oder entsprechend elektrostatische Kraft, die zwischen der Anhaltevorrichtung (3) und dem Hemmungsdrehteil (40) ausgeübt wird, unter der Wirkung ihrer relativen Bewegung verändert wird, wobei die Kraft je nach Vorwärtsbewegung des Hemmungsdrehteils (40) auf seiner Bahn veränderlich ist und je nach der relativen Winkelposition der betreffenden polaren Masse (3) in Bezug auf das Hemmungsdrehteil (40) auf Höhe ihrer zu der betreffenden polaren Masse (3) gewandten Oberfläche veränderlich ist.

17. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede polare Masse (3) zwischen zwei Oberflächen (4) des Hemmungsdrehteils (40) zirkuliert und dass ein magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Feld auf jede Seite der polaren Masse (3) in einer axialen Richtung (DA), die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu einer Durchlaufrichtung (DF) der Bahn (50) auf symmetrische Weise auf beiden Seiten der Masse (3) wirkt, derart, dass gleiche und entgegengesetzte Kräfte auf die polare Masse (3) in der axialen Richtung (DA) ausgeübt werden.

18. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Oberfläche (4) des Hemmungsdrehteils (40) zwischen zwei Oberflächen (31; 32) jeder polaren Masse (3) zirkuliert und dass ein magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Feld auf jeder Seite der Oberfläche (4) in einer axialen Richtung (DA), die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu einer Durchlaufrichtung (DF) der Bahn (50) senkrecht ist, symmetrisch auf beiden Seiten der Oberfläche (4) ausgeübt wird, derart, dass gleiche und entgegengesetzte Kräfte auf die Oberfläche (4) in der axialen Richtung (DA) ausgeübt werden.

19. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (40) auf einer seiner zwei seitlichen Oberflächen (41, 42) eine Mehrzahl von sekundären Bahnen (43) aufweist, die zueinander konzentrisch sind in Bezug auf eine axiale Richtung (DA), die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu einer Durchlaufrichtung (DF) der Bahn (50) senkrecht ist, wobei jede sekundäre Bahn (43) in Winkelrichtung eine Abfolge elementarer primärer Bereiche (44) aufweist, wobei jeder primäre Bereich (44) ein magnetisches oder entsprechend elektrostatisches Verhalten zeigt, das verschieden ist einerseits von jenem jedes anderen

primären Bereichs (44), benachbart zu der sekundären Bahn (43), zu der er gehört, und andererseits von jenem jedes anderen primären Bereichs (44), der zu ihm benachbart ist und der sich auf einer anderen sekundären Bahn (43), die zu seinem eigenen benachbart ist, befindet.

20. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abfolge der primären Bereiche (44) auf jeder gegebenen sekundären Bahn (43) mit einer räumlichen Periode (T), die einen ganzzahligen Teiler einer Umdrehung des Hemmungsdrehteils (40) bildet, periodisch ist.

21. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede sekundäre Bahn (43) in jeder räumlichen Periode eine Rampe (45) aufweist, die eine monotone Abfolge primärer Bereiche (44) umfasst, die mit einer polaren Masse (3) mit einem magnetischen oder entsprechend elektrostatischen Feld zunehmend in Wechselwirkung treten, dessen Stärke sich in einer Weise ändert, dass ausgehend von einem minimalen Wechselwirkungsbereich (4MIN) zu einem maximalen Wechselwirkungsbereich (4MAX) eine zunehmende potentielle Energie erzeugt wird, wobei die Rampe (45) die Energie von dem Hemmungsdrehteil (40) abzieht.

22. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Potentialbarriere (46) steiler als jede Rampe (45) ist.

23. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 1 oder 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (40) am Ende jeder Rampe (45) und direkt vor jeder Barriere (46) eine radiale Schwankung der Verteilung des magnetischen oder elektrostatischen Feldes aufweist, wenn die Oberfläche (4) magnetisiert oder entsprechend elektrisch geladen ist, oder eine Schwankung des Profils aufweist, wenn die Oberfläche (4) ferromagnetisch oder entsprechend elektrostatisch leitend ist, derart, dass auf die polare Masse (3) ein Zug ausgeübt wird.

24. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (40) nach jeder Potentialbarriere (46) des magnetischen oder elektrostatischen Feldes einen mechanischen stoßdämpfenden Anschlag aufweist.

25. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 19 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei benachbarte sekundäre Bahnen (43) untereinander einen Wechsel minimaler Wechselwirkungsbereiche (4MIN) und maximaler Wechselwirkungsbereiche (4MAX) mit einer Winkelphasenverschiebung, die der Hälfte der räumlichen Periode (T) entspricht, aufweisen.

26. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhaltevorrichtung (30) eine Mehrzahl von polaren Massen (3) aufweist, die dafür ausgelegt sind, gleichzeitig mit verschiedenen sekundären Bahnen (43) zusammenzuwirken.

27. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhaltevorrichtung (30) einen Kamm aufweist, der sich parallel zu der Oberfläche (4) des Hemmungsdrehteils (40) erstreckt und nebeneinander angeordnete polare Massen (3) aufweist.

28. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhaltevorrichtung (30) um einen realen oder virtuellen Drehzapfen (35) drehbar ist und eine einzige polare Masse (3) aufweist, die dafür ausgelegt ist, mit primären Bereichen (44) zusammenzuwirken, die die Oberflächen (4) aufweisen, die auf unterschiedlichen Durchmessern des Hemmungsdrehteils (40) angeordnet sind, mit denen die polare Masse (3) in einer veränderlichen Wechselwirkung bei der Umdrehung des Hemmungsdrehteils (40) steht, wobei die primären Bereiche (44) am Umfang des Hemmungsdrehteils (40) abwechselnd angeordnet sind, um die polare Masse (3) zu einer radialen Bewegung in Bezug auf eine axiale Richtung (DA) zu zwingen, die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu einer Durchlaufrichtung (DF) der Bahn (50) des Hemmungsdrehteils (40) senkrecht ist, wenn die Gleichgewichtsposition der polaren Masse (3) gesucht wird.

29. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhaltevorrichtung (30) um einen realen oder virtuellen Drehzapfen (35) drehbar ist und eine Mehrzahl von polaren Massen (3) aufweist, die dafür ausgelegt sind, jeweils mit primären Bereichen (44) zusammenzuwirken, die mindestens eine Oberfläche (4) aufweist, die in einem Bereich des Hemmungsdrehteils (40) angeordnet ist, mit denen jede polare Masse (3) in einer veränderlichen Wechselwirkung bei der Umdrehung des Hemmungsdrehteils (40) steht, wobei die primären Bereiche (44) am Umfang des Hemmungsdrehteils (40) abwechselnd angeordnet sind, um die polare Masse (3) zu einer radialen Bewegung in Bezug auf eine axiale Richtung (DA) zu zwingen, die sowohl zu einer zu der transversalen Bahn (TT) der polaren Masse (3) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) als auch zu

einer Durchlaufrichtung (DF) der Bahn (50) senkrecht ist, wenn die Gleichgewichtsposition der polaren Masse (3) gesucht wird.

30. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu jedem Zeitpunkt mindestens eine polare Masse (3) mit mindestens einer Oberfläche (4) des Hemmungsdrehteils (40) in Wechselwirkung steht.

31. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (40) ein Hemmungsrad (400) ist.

32. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhaltevorrichtung (30) auf beiden Seiten mit einem Hemmungsdrehteil (40) zusammenwirkt, das einerseits durch ein erstes Hemmungsrad (401) und andererseits durch ein zweites Hemmungsrad (402) gebildet ist.

33. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das erste (401) und das zweite (402) Hemmungsrad aneinander befestigt drehen.

34. Hemmungsmechanismus (10) nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das erste (401) und das zweite (402) Hemmungsrad unabhängig voneinander drehen.

35. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 32 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste (401) und das zweite (402) Hemmungsrad koaxial sind.

36. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (40) mindestens eine zylindrische Oberfläche aufweist, deren Drehachse (D) zu einer zu der transversalen Bahn (TT) im Wesentlichen parallelen Querrichtung (DT) parallel ist und dass die mindestens eine polare Masse (3) der Anhaltevorrichtung (30) parallel zu der Drehachse (D) beweglich ist.

37. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche (4) eine magnetisierte Schicht mit veränderlicher Dicke oder entsprechend eine elektrisch geladene Schicht mit veränderlicher Dicke oder eine magnetisierte Schicht mit konstanter Dicke, jedoch mit veränderlicher Magnetisierung oder entsprechend eine elektrisch geladene Schicht mit konstanter Dicke, jedoch mit veränderlicher elektrischer Ladung, oder eine veränderliche Oberflächendichte von Mikromagneten oder entsprechend eine veränderliche Oberflächendichte von Elektreten oder eine ferromagnetische Schicht mit veränderlicher Dicke oder entsprechend eine elektrostatisch leitende Schicht mit veränderlicher Dicke oder eine ferromagnetische Schicht mit veränderlicher Form oder entsprechend eine elektrostatisch leitende Schicht mit veränderlicher Form oder eine ferromagnetische Schicht mit einer veränderlichen Oberflächendichte von Löchern oder entsprechend eine elektrostatisch leitende Schicht mit einer veränderlichen Oberflächendichte von Löchern umfasst.

38. Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anhaltevorrichtung (30) ein Anker ist.

39. Uhrwerk (100), umfassend mindestens einen Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 38.

40. Zeitmessgerät (200), umfassend mindestens ein Werk (100) nach dem vorhergehenden Anspruch und/oder umfassend mindestens einen Hemmungsmechanismus (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 38.

Claims

1. Timepiece escapement mechanism (10) including a stopper (30) between a resonator (20) and an escape wheel set (40), said escape wheel set (40) including at least one magnetized or ferromagnetic, or respectively, electrically charged or electrostatically conductive track (50) with a period of travel (PD) over which its magnetic, or respectively, electrostatic characteristics are repeated, said stopper (30) including at least one magnetized or ferromagnetic, or respectively, electrically charged or electrostatically conductive pole shoe (3), said pole shoe (3) being movable in a transverse direction (DT) relative to the direction of travel (DD) of at least one element of a surface (4) of said track (50), and at least said pole shoe (3) or said track (50) creating a magnetic or electrostatic field in a pole gap (5) between said at least one pole shoe (3) and said at least one surface (4), said pole shoe (3) being confronted with a magnetic or electrostatic field barrier (46) on said track (50) just before each transverse motion of said stopper (30) actuated by periodic action of said resonator (20), **characterized in that** each said track (50) includes, before each said magnetic or electrostatic field barrier (46), a magnetic or electrostatic field ramp (45) interacting in an increasing manner with a said pole shoe (3) with a magnetic or respectively, electrostatic field whose intensity varies so as to produce increasing potential energy, said ramp (45) tak-

ing energy from said escape wheel set (40), and further **characterized in that**, between two said successive ramps (45) of the same said track (50) or two of said neighbouring tracks (50) in said direction of travel (DD), said escape wheel set (40) includes a said magnetic, or respectively, electrostatic field barrier of potential (46), for triggering a momentary stop of said escape wheel set (40) prior to a tilting of said stopper (30) under the periodic action of said oscillator (20).

2. Timepiece escapement mechanism (10) according to claim 1, **characterized in that** at least one said pole shoe (3) is slightly shifted in a transverse direction (DT) with respect to the axis of said track (50) opposite which said pole shoe moves, such that the interaction between said wheel set (40) and said pole shoe (3) permanently produces a small transverse force component, which holds said stopper (30) in position, the value of the shift being adjusted so that the force generated holds said pole shoe (3) in a stable manner in each of its extreme positions.

3. Timepiece escapement mechanism (10) according to claim 1 or 2, **characterized in that** said escapement (10) accumulates potential energy received from said wheel set (40) during each half of said period (PD), and returns energy to said resonator (20) between said half-periods during said transverse motion of said stopper (30) actuated by periodic action of said resonator (20), wherein said pole shoe (3) changes from a first relative transverse half-travel (PDC) with respect to said escape wheel set (40) to a second relative transverse half-travel (DDC) with respect to said escape wheel set (40), or vice versa.

4. Timepiece escapement mechanism (10) according to claim 3, **characterized in that** said magnetic or electrostatic field created by at least said pole shoe (3) or said track (50) is of greater intensity in said first half-travel (PDC) than in said second half-travel (DDC) during a first half-period, and inversely during a second half-period.

5. Escapement mechanism (10) according to claim 3 or 4, **characterized in that** said resonator (20) includes at least one oscillator (2) with periodic motion, **in that** said escape wheel set (40) is powered by an energy source, **in that** said at least one track (50) is animated with a travel motion along a trajectory of travel (TD) and has physical characteristics reproduced over said period of travel (PD), and **in that** said pole shoe (3) is movable in a transverse direction (DT) with respect to the direction of travel (DD) of said track (50) on a transverse trajectory (TT) substantially orthogonal to said trajectory of travel (TD) and effecting said first half-travel (PDC) on a first side of a fixed median position (PM) and said second half-travel (DDC) on a second side of said median position (PM), and wherein, in said pole gap (5), said track (50) and/or said pole shoe (3) creates said magnetic or electrostatic field whose intensity is greater in said first half-travel (PDC) than in said second half-travel (DDC) during the first half of said period of travel (PD), and whose intensity is greater in said second half-travel (DDC) than in said first half-travel (PDC) during the second half of said period of travel (PD), and **in that** said escapement mechanism (10) accumulates potential energy transmitted from said energy source via said escape wheel set (40) during each said first half or second half of said period of travel (PD), and **in that** said escapement mechanism (10) returns said energy to said oscillator (2) during said transverse motion of said stopper (30) actuated by said resonator (20) between said first half and second half of said period of travel (PD), during which transverse motion said pole shoe (3) changes from said first half-travel (PDC) to said second half-travel (DDC), or vice versa, under the effect of the periodic action of said oscillator (2) on said stopper (30), said pole shoe (3) being then opposite a said magnetic or electrostatic field barrier (46) on the part of said track (50) opposite to which said pole shoes moves just before said transverse motion.

6. Escapement mechanism (10) according to any of claims 3 to 5, **characterized in that** the characteristics of said magnetic or electrostatic field are alternated between said first half-travel (PDC) and said second half-travel (DDC) with a phase shift of one half of said period of travel (PD) of said track (50) with respect to said pole shoe (3).

7. Escapement mechanism (10) according to any of claims 3 to 6, **characterized in that** at least one of the two opposing components, formed by said pole shoe (3) and said track (50) carrying said surface (4) which faces said pole shoe at said pole gap (5) at least over part of their relative travel, includes active magnetic, respectively electrostatic means, which are arranged to create said magnetic, respectively electrostatic field, in which the component in an axial direction (DA), which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to a direction of travel (DF) tangent to said trajectory of travel of said track (50) at a median position (PM) between said first half-travel (PDC) and said second half-travel (DDC), is greater than its component in a plane (PP) perpendicular to said axial direction (DA), at their interface in a pole gap (5) between said pole shoe (3) and said surface (4) facing said pole shoe.

8. Escapement mechanism (10) according to claim 7, **characterized in that** each of the two opposing components, formed by said pole shoe (3) and said track

(50) carrying said surface (4) facing said pole shoe at least over part of their relative travel, includes active magnetic, respectively electrostatic means, which are arranged to create a magnetic, respectively electrostatic field, in a direction substantially parallel to said axial direction (DA), at their interface in said pole gap (5) between said pole shoe (3) and said surface (4) facing said pole shoe.

9. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 8, **characterized in that** said escapement (10) accumulates potential energy received from said wheel set (40) during each half of said period (PD), and returns energy to said resonator (20) between said half-periods during said transverse motion of said stopper (30) actuated by periodic action of said resonator (20), wherein said pole shoe (3) changes from a first relative transverse half-travel (PDC) of said pole shoe (3) with respect to said escape wheel set (40) to a second relative transverse half-travel (DDC) of said pole shoe (3) with respect to said escape wheel set (40), or vice versa, and **in that** said magnetic, respectively electrostatic field is of variable and non-zero intensity in both said first half-travel (PDC) and said second half-travel (DDC).

10. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 9, **characterized in that** said escapement (10) accumulates potential energy received from said wheel set (40) during each half of said period (PD), and returns energy to said resonator (20) between said half-periods during said transverse motion of said stopper (30) actuated by periodic action of said resonator (20), wherein said pole shoe (3) changes from a first relative transverse half-travel (PDC) of said pole shoe (3) with respect to said escape wheel set (40) to a second relative transverse half-travel (DDC) of said pole shoe (3) with respect to said escape wheel set (40), or vice versa, and **characterized in that** the component of said magnetic, respectively electrostatic field, in an axial direction (DA) which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to a direction of travel (DF) of said track (50), is in the same direction on said first half-travel (PDC) and on said second half-travel (DDC).

11. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 10, **characterized in that** each said pole shoe (3) borne by said stopper (30) is permanently magnetized, or respectively, electrically charged and generates a constant magnetic, or respectively, electrostatic field, and **in that** each said surface (4) cooperating with each said pole shoe (3) defines with said pole shoe (3) concerned a pole gap (5), in which the magnetic, or respectively, electrostatic field is variable according to the progress of said escape wheel set (40) on its trajectory and is variable according to the relative angular position of said pole shoe (3) concerned with respect to said escape wheel set (40), and which is linked to the angular travel of said stopper (30).

12. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 11, **characterized in that** each said pole shoe (3) borne by said stopper (30) is permanently ferromagnetic, or respectively, electrostatically conductive, and **in that** each said surface (4) cooperating with each said pole shoe (3) defines with said pole shoe (3) concerned a pole gap (5) in which the magnetic, or respectively, electrostatic field is variable according to the progress of said escape wheel set (40) on its trajectory and is variable according to the relative angular position of said pole shoe (3) concerned with respect to said escape wheel set (40) and which is linked to the angular travel of said stopper (30).

13. Escapement mechanism (10) according to claim 11 or 12, **characterized in that** each said track (50) carrying said surface (4) is magnetized, respectively electrically charged, in a permanent and uniform manner, and generates a constant magnetic, respectively electrostatic field, on the surface thereof facing said pole shoe (3) concerned, and includes a raised portion arranged to produce a variable pole gap height in said pole gap (5), which height varies according to the progress of said escape wheel set (40) on its trajectory, and varies according to the relative angular position of said pole shoe (3) concerned with respect to said escape wheel set (40).

14. Escapement mechanism (10) according to claim 11, **characterized in that** each said track (50) carrying said surface (4) is permanently ferromagnetic, respectively electrostatically conductive, and includes a raised portion arranged to produce a pole gap height in said pole gap (5), which height is variable according to the progress of said escape wheel set (40) on its trajectory, and is variable according to the relative angular position of said pole shoe (3) concerned with respect to said escape wheel set (40).

15. Escapement mechanism (10) according to claim 11 or 12, **characterized in that** each said track (50) carrying said surface (4) is permanently magnetized, respectively electrically charged, in a variable manner according to its angular position with respect to a transverse direction (DT) substantially parallel to said transverse trajectory (TT), on said escape wheel set (40), and generates a magnetic, respectively electrostatic field, which is variable according to the progress of said escape wheel set (40) on its trajectory, and is variable according to the relative angular position of said pole shoe (3) concerned with respect

to said escape wheel set (40), on the surface thereof facing said pole shoe (3) concerned.

16. Escapement mechanism (10) according to claim 11, **characterized in that** each said track (50) carrying said surface (4) is permanently ferromagnetic, respectively electrostatically conductive, in a variable manner according to its angular position with respect to a transverse direction (DT) substantially parallel to said transverse trajectory (TT), on said escape wheel set (40), so as to vary the magnetic, respectively electrostatic force, exerted, between said stopper (3) and said escape wheel set (40) under the effect of their relative motion, which force is variable according to the progress of said escape wheel set (40) on its trajectory, and is variable according to the relative angular position of said pole shoe (3) concerned with respect to said escape wheel set (40), on the surface thereof facing said pole shoe (3) concerned.

17. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 16, **characterized in that** each said pole shoe (3) moves between two said surfaces (4) of said escape wheel set (40), and **in that** a said magnetic, respectively electrostatic field, is exerted on each side of said pole shoe (3) in an axial direction (DA) which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to a direction of travel (DF) of said track (50), symmetrically on either side of said pole shoe (3) so that equal and opposite stresses are exerted on said pole shoe (3) in said axial direction (DA).

18. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 16, **characterized in that** each said surface (4) of said escape wheel set (40) moves between two surfaces (31; 32) of each said pole shoe (3), and **in that** a said magnetic, respectively electrostatic field, is exerted on each side of said surface (4) in an axial direction (DA) which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to a direction of travel (DF) of said track (50), symmetrically on either side of said surface (4), so that equal and opposite stresses are exerted on said surface (4) in said axial direction (DA).

19. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 18, **characterized in that** said escape wheel set (40) includes, on one of its two lateral surfaces (41, 42), a plurality of secondary tracks (43) concentric to one another with respect to an axial direction (DA), which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to the direction of travel (DF) of said track (50), each said secondary track (43) including an angular series of elementary primary areas (44), each said primary area (44) exhibiting a magnetic, or respectively electrostatic behaviour which is different, on the one hand, from that of every other adjacent primary area (44) on said secondary track (43) to which said primary area belongs, and on the other hand, from that of every other primary area (44) which is adjacent thereto and which is situated on another said secondary track (43), adjacent to its own said secondary track.

20. Escapement mechanism (10) according to claim 19, **characterized in that** said series of said primary areas (44) on each said given secondary track (43) is periodic according to a spatial period (T) forming an integer sub-multiple of one revolution of said escape wheel set (40).

21. Escapement mechanism (10) according to claim 20, **characterized in that** each said secondary track (43) includes, over each said spatial period, a ramp (45) including a monotone series of said primary areas (44) interacting in an increasing manner with a said pole shoe (3) with a magnetic, or respectively, electrostatic field whose intensity varies so as to produce increasing potential energy from an area of minimum interaction (4MIN) to an area of maximum interaction (4MAX), said ramp (45) taking energy from said escape wheel set (40).

22. Escapement mechanism (10) according to claim 1, **characterized in that** each said each said barrier of potential (46) is steeper than each said ramp (45).

23. Escapement mechanism (10) according to claim 1 or 22, **characterized in that** said escape wheel set (40) includes, at the end of each said ramp (45) and just before each said barrier (46), a radial variation in the distribution of the magnetic or electrostatic field when said surface (4) is magnetized, or respectively, electrically charged, or a variation in profile when said surface (4) is ferromagnetic, or respectively, electrostatically conductive, causing a draw on said pole shoe (3).

24. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 or 22 or 23, **characterized in that** said escape wheel set (40) includes, after each said magnetic or electrostatic field barrier of potential (46), a mechanical shock absorber stop member.

25. Escapement mechanism (10) according to any of claims 19 to 23 **characterized in that** two said adjacent secondary tracks (43) comprise together an alternation of said areas of minimum interaction (4MIN) and of said areas of maximum interaction (4MAX) with an angular phase shift corresponding

to half of said spatial period (T).

26. Escapement mechanism (10) according to any of claims 21 to 25, **characterized in that** said stopper (30) includes a plurality of said pole shoes (3) arranged to cooperate simultaneously with distinct said secondary tracks (43).

27. Escapement mechanism (10) according to claim 26, **characterized in that** said stopper (30) includes a comb extending parallel to said surface (4) of said escape wheel set (40) and including said pole shoes (3) arranged side by side.

28. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 27, **characterized in that** said stopper (30) pivots about a real or virtual pivot (35) and includes a single said pole shoe (3) arranged to cooperate with primary areas (44) comprised in said surfaces (4) located on different diameters of said escape wheel set (40) with which said pole shoe interacts in a variable manner during the revolution of said escape wheel set (40), said primary areas (44) being arranged alternately on the periphery of said escape wheel set (40) to restrict said pole shoe (3) to a radial motion, with respect to an axial direction (DA) which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to a direction of travel (DF) of said track (50), of said escape wheel set (40) during the search for the position of equilibrium of said pole shoe (3).

29. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 27, **characterized in that** said stopper (30) pivots about a real or virtual pivot (35) and includes a plurality of said pole shoes (3) each arranged to cooperate with primary areas (44), which are comprised in at least one said surface (4) located on an area of said escape wheel set (40), and with which each said pole shoe (3) interacts in a variable manner during the revolution of said escape wheel set (40), said primary areas (44) being arranged alternately on the periphery of said escape wheel set (40) to restrict said pole shoe (3) to a radial motion with respect to an axial direction (DA) which is orthogonal both to a transverse direction (DT) substantially parallel to the transverse trajectory (TT) of said pole shoe (3), and to a direction of travel (DF) of said track (50), of said escape wheel set (40) during the search for the position of equilibrium of said pole shoe (3).

30. Escapement mechanism (10) according to claim 29, **characterized in that**, at each instant, at least one said pole shoe (3) is in interaction with at least one said surface (4) of said escape wheel set (40).

31. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 30, **characterized in that** said escape wheel set (40) is an escapement wheel (400).

32. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 31, **characterized in that** said stopper (30) cooperates, on either side, with a said escape wheel set (40) formed, on one hand by a first escape wheel (401), and on the other hand, by a second escape wheel (402).

33. Escapement mechanism (10) according to claim 32, **characterized in that** said first (401) and second (402) escape wheels pivot integrally.

34. Escapement mechanism according to claim 32, **characterized in that** said first (401) and second (402) escape wheels pivot independently of each other.

35. Escapement mechanism (10) according to any of claims 32 to 34, **characterized in that** said first (401) and second (402) escape wheels are coaxial.

36. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 35, **characterized in that** said escape wheel (40) includes at least one cylindrical surface, whose axis of pivoting (D) is parallel to a transverse direction (DT) substantially parallel to said transverse trajectory (TT), and **in that** said at least one pole shoe (3) of said stopper (30) is movable parallel to said axis of pivoting (D).

37. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 36, **characterized in that** said surface (4) includes a magnetized layer of variable thickness, or respectively an electrically charged layer of variable thickness, or a magnetized layer of constant thickness but variable magnetization, or respectively an electrically charged layer of constant thickness but variable electrical charge, or a variable surface density of micromagnets, or respectively a variable surface density of electrets, or a ferromagnetic layer of variable thickness, or respectively an electrostatically conductive layer of variable thickness, or a ferromagnetic layer of variable shape, or respectively an electrostatically conductive layer of variable shape, or a ferromagnetic layer with a variable surface density of holes, or respectively an electrostatically conductive layer with a variable surface density of holes.

38. Escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 37, **characterized in that** said stopper (30) is a pallet fork.

39. Timepiece movement (100) including at least one escapement mechanism (10) according to any of

claims 1 to 38.

40. Timepiece (200) including at least one movement (100) according to the preceding claim and/or including at least one escapement mechanism (10) according to any of claims 1 to 38.

Fig. 1

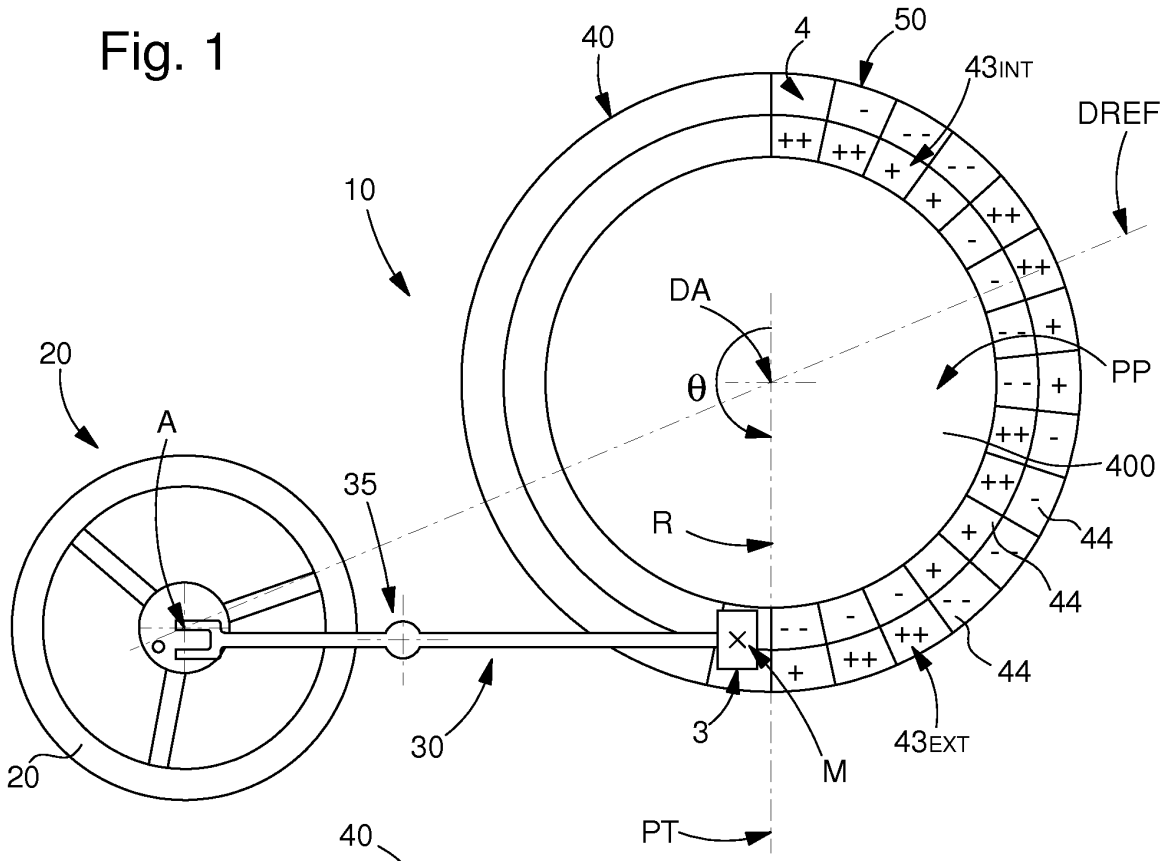

40
4
50
43INT
DREF
10
DA
θ
PP
20
A
35
R
400
44
44
44
30
3
M
43EXT
20
PT

Fig. 2

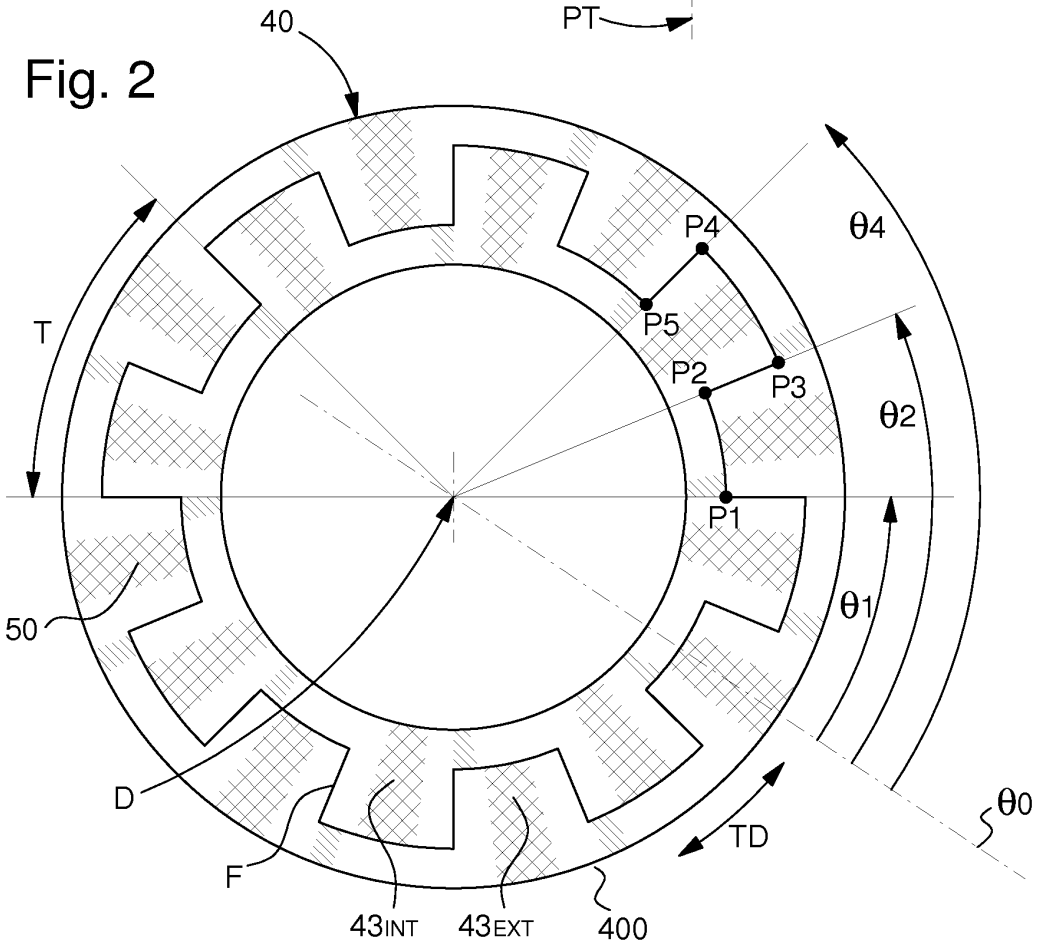

40
θ4
P4
P5
T
P2
P3
θ2
P1
θ1
50
D
θ0
TD
F
43INT
43EXT
400

Fig. 3

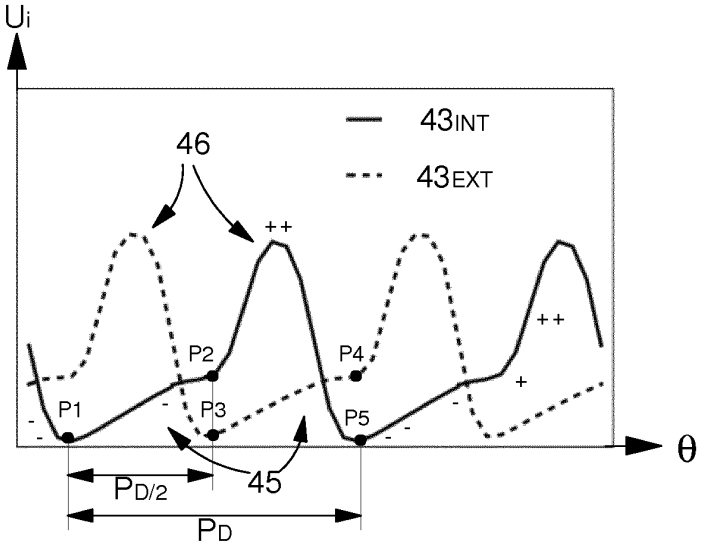

Ui
43INT
43EXT
46
++
++
+
P1
P2
P3
P4
P5
θ
PD/2
45
PD

Fig. 4

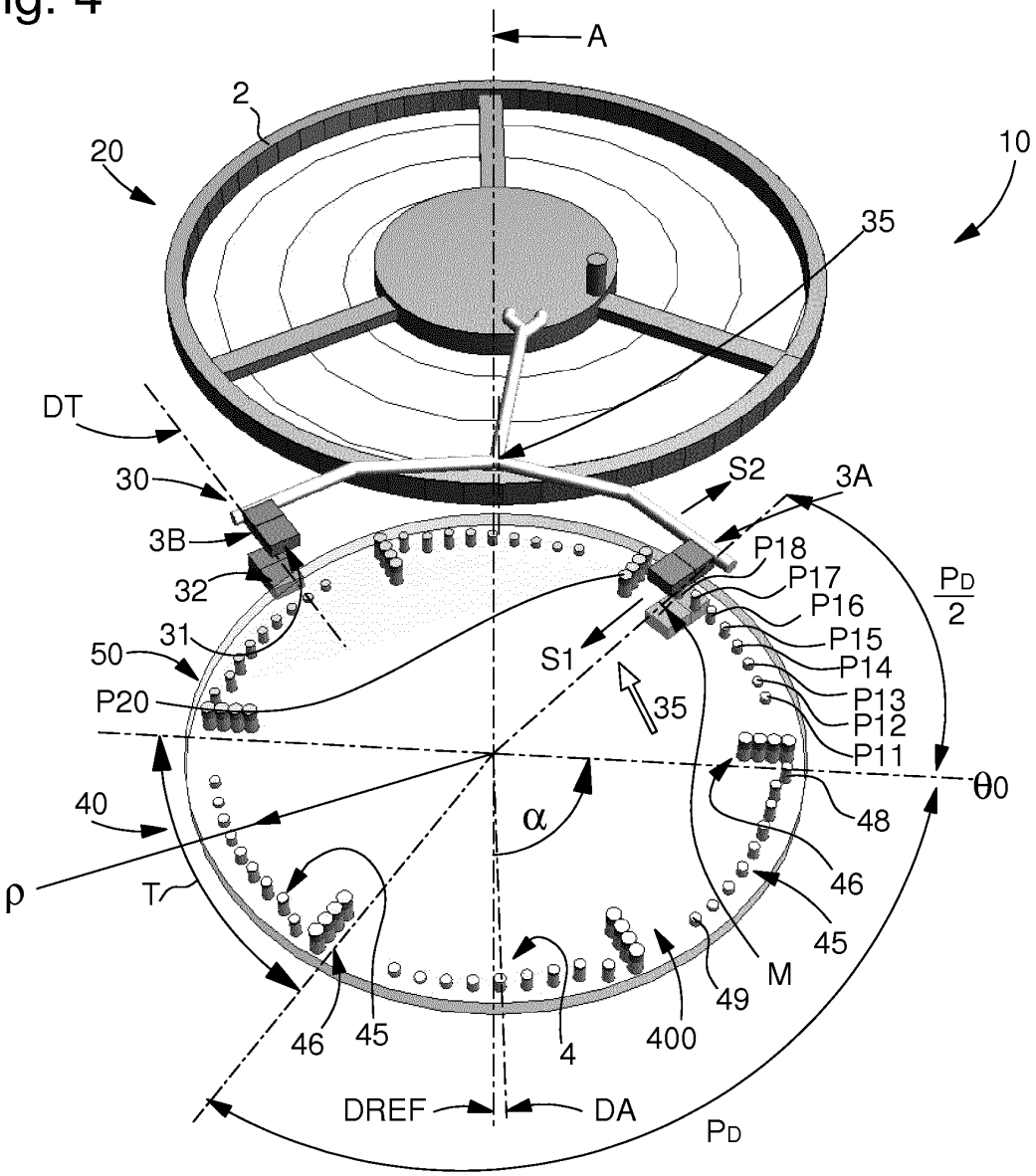

A
2
20
10
35
DT
30
3B
32
31
50
P20
S2
3A
P18
P17
P16
P15
P14
P13
P12
P11
PD/2
S1
35
θ0
40
α
ρ
T
48
46
45
M
49
400
4
46
45
DREF
DA
PD

Fig. 5

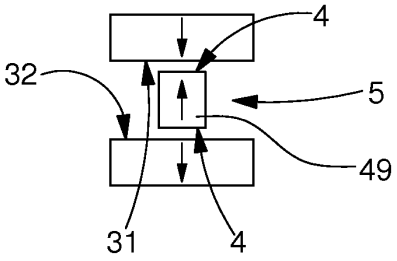


Fig. 6

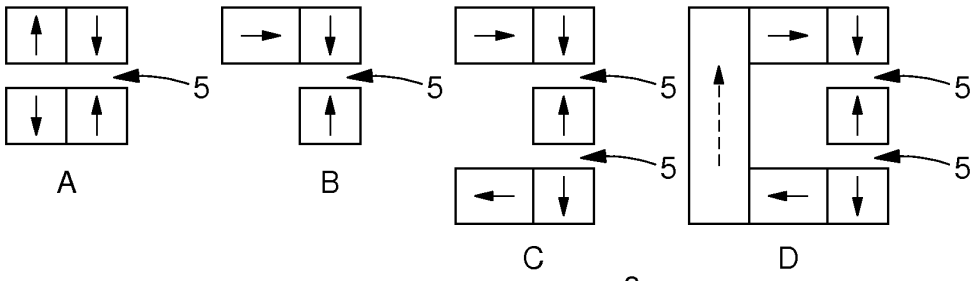


Fig. 7

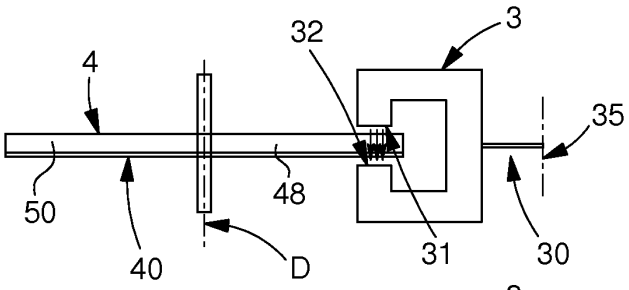


Fig. 8

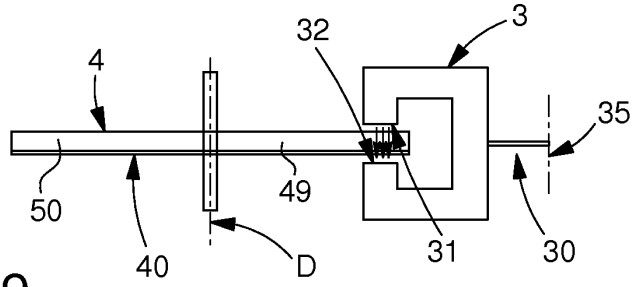


Fig. 9

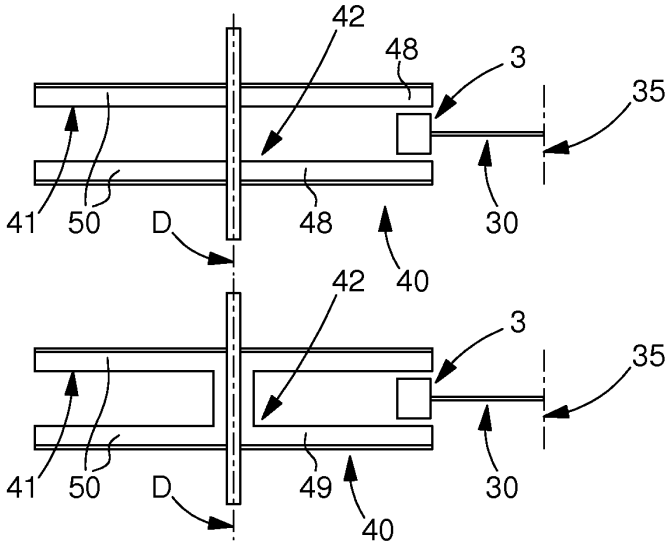


Fig. 10

Fig. 11

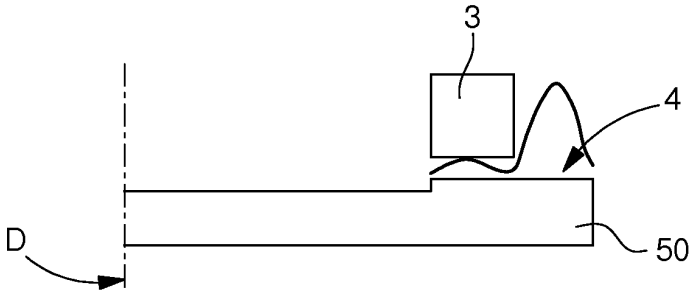


Fig. 12

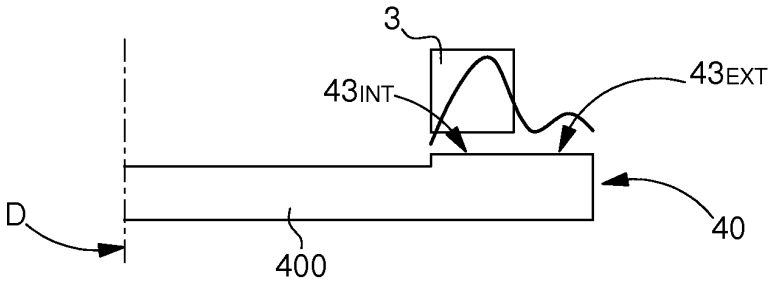


Fig. 13

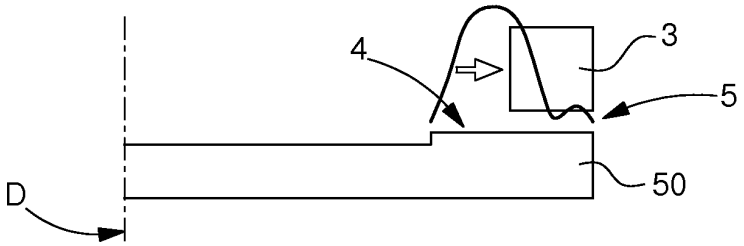


Fig. 14

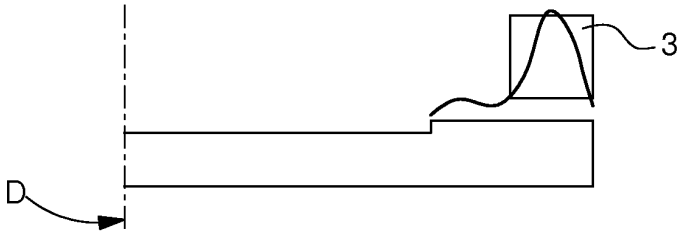


Fig. 15

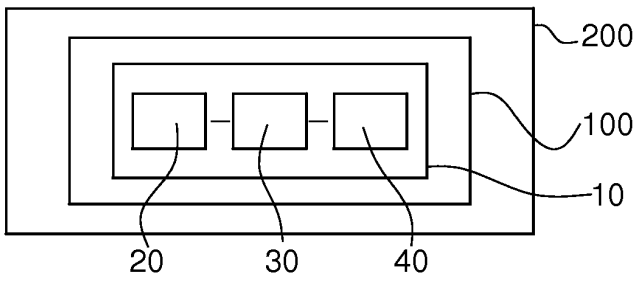


Fig. 16

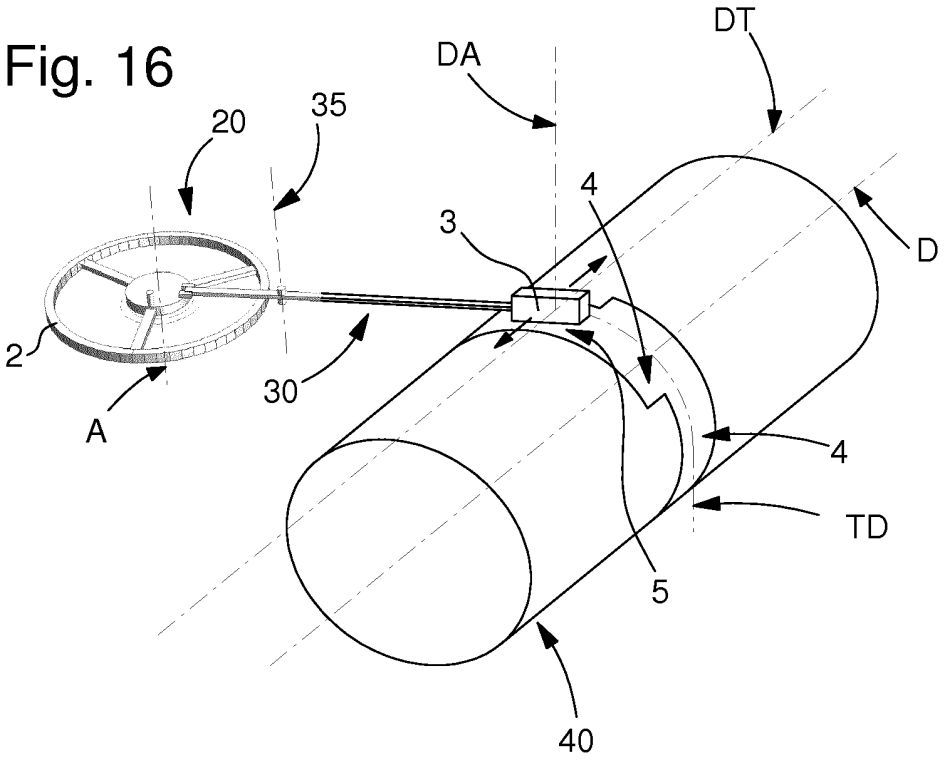


Fig. 17

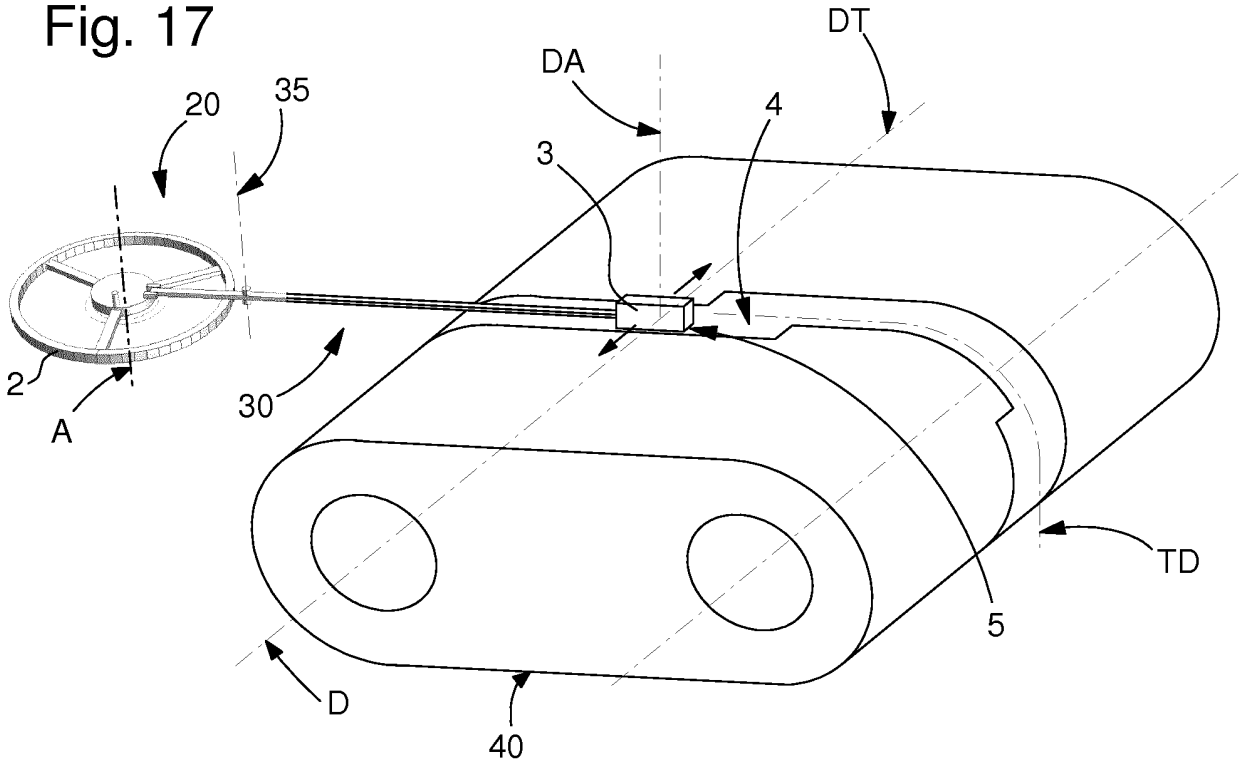


Fig. 18

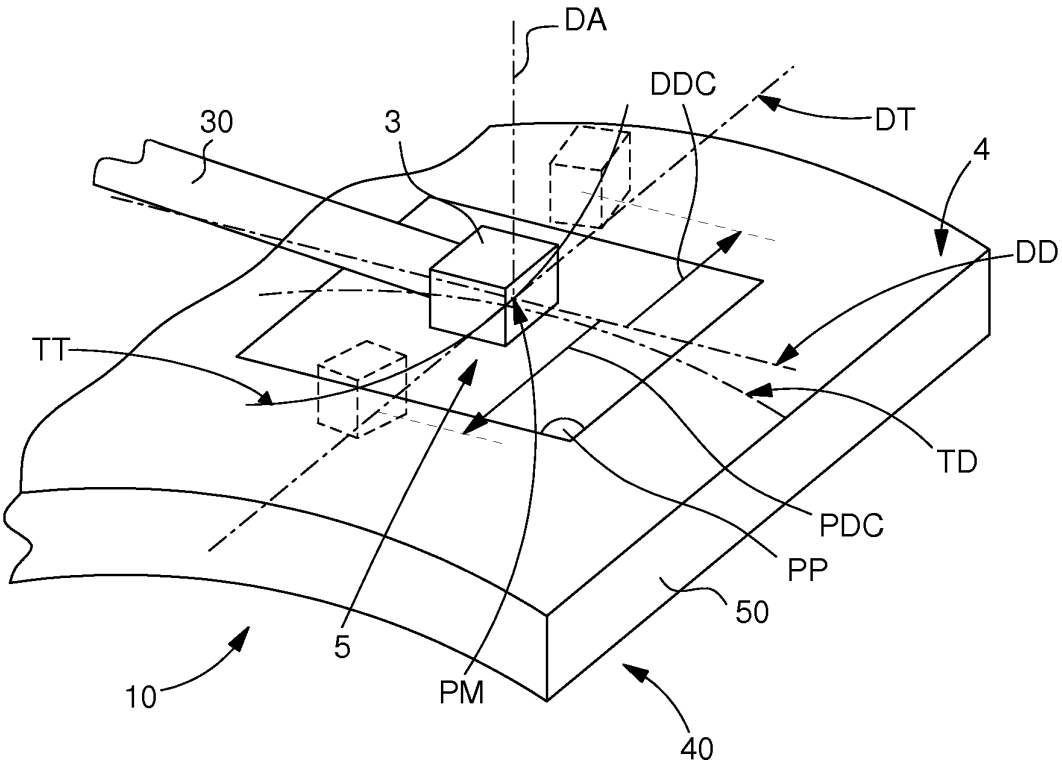

DA
DDC
DT
30
3
4
DD
TT
TD
PDC
PP
50
5
10
PM
40

Fig. 19

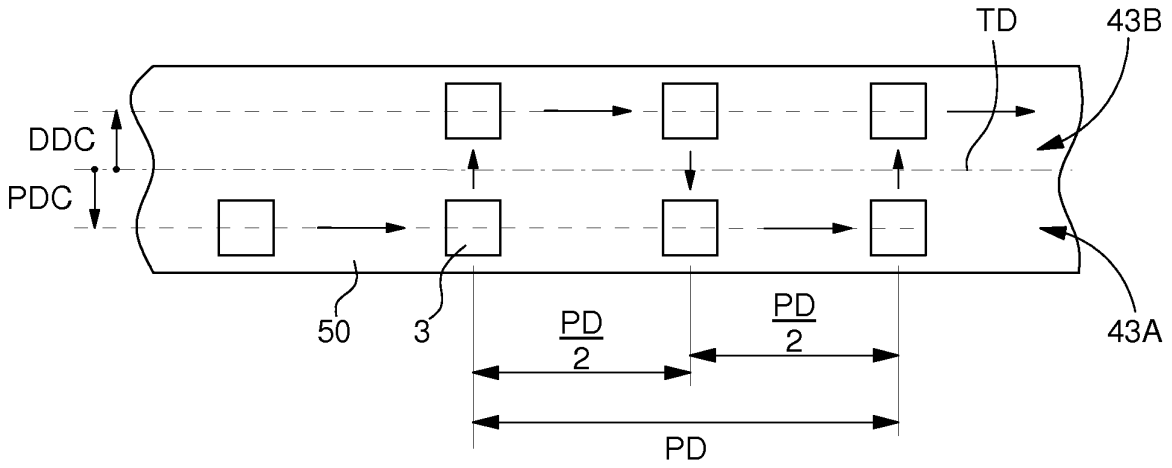

TD
43B
DDC
PDC
50
3
PD/2
PD/2
43A
PD

Fig. 20

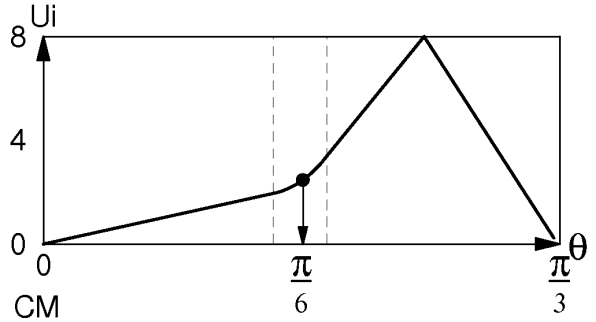


Fig. 21

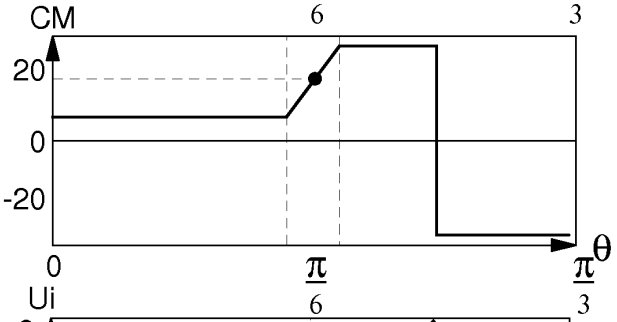


Fig. 22

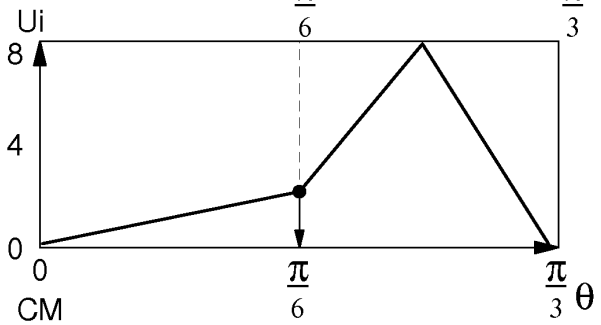


Fig. 23

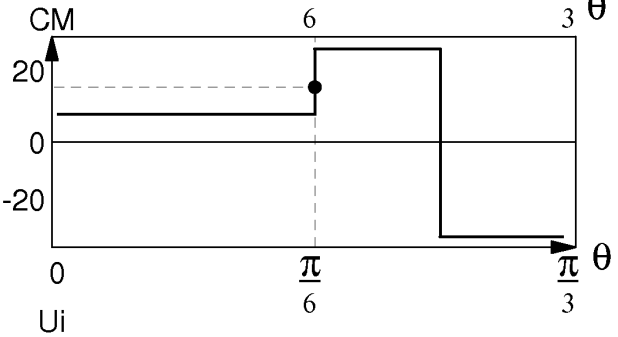


Fig. 24

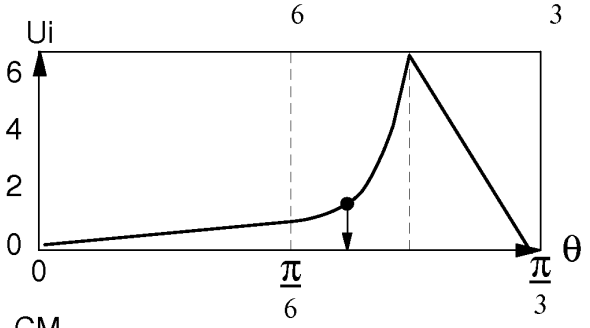


Fig. 25

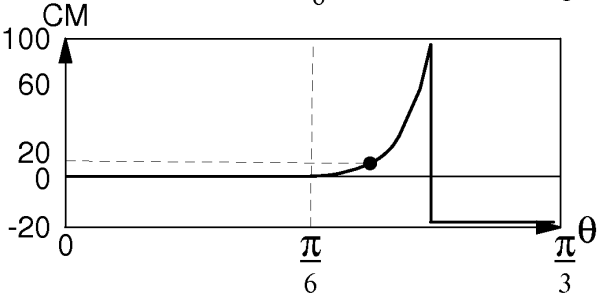


Fig. 26

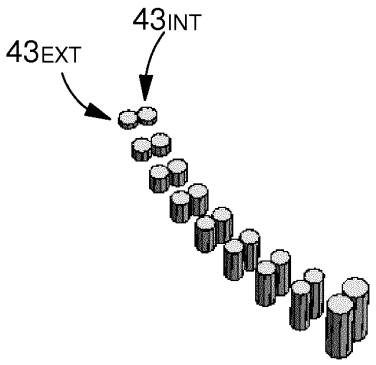


Fig. 27

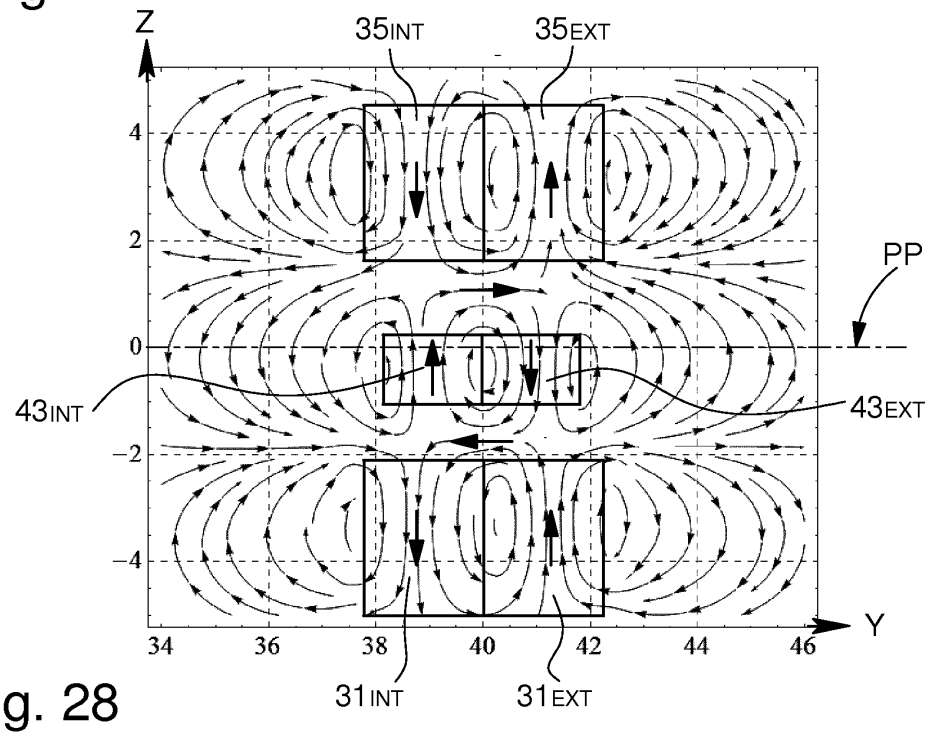
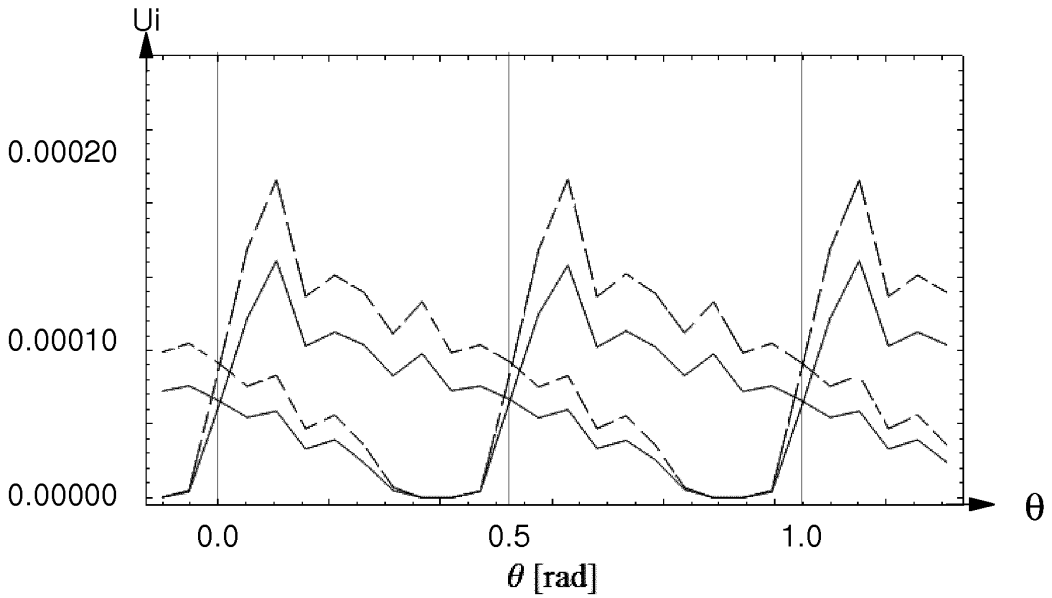


Fig. 28



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

- US 3518464 A, KAWAKAMI TSUNETA **[0009]**
- DE 1935486 U, JUNGHANS **[0010]**
- US 3183426 A, HAYDON ARTHUR **[0011]**