(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
2 octobre 2014 (02.10.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/154510 A2

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/055267

(22) Date de dépôt international :
17 mars 2014 (17.03.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
13161124.6 26 mars 2013 (26.03.2013) EP

(71) Déposant : **MONTRES BREGUET SA** [CH/CH]; CH-1344 L'Abbaye (CH).

(72) Inventeurs : **ZAUGG, Alain**; Derrière-la-Côte 42, CH-1347 Le Sentier (CH). **SARCHI, Davide**; Place de la Gare 12, CH-1020 Renens (CH). **KARAPATIS, Nakis**; Rue du Collège 3, CH-1324 Premier (CH).

(74) Mandataire : **ICB INGÉNIEURS CONSEILS EN BREVETS SA**; Fbg de l'Hôpital 3, CH-2001 Neuchâtel (CH).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

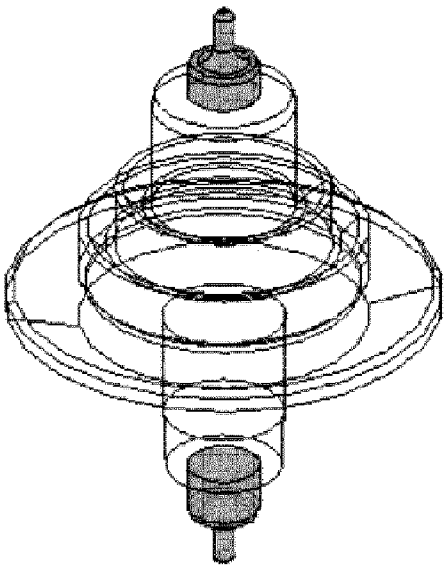
(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : PIVOTING TRAIN ARBOR OF A TIMEPIECE

(54) **Titre** : ARBRE DE MOBILE PIVOTANT D'HORLOGERIE

Fig. 6



(57) **Abstract** : The invention relates to a one-piece arbor (1) of a pivoting train (10) of a timepiece, said one-piece arbor (1) consisting of one or more aligned portions (2). Said one-piece arbor (1) is magnetically inhomogeneous.

(57) **Abrégé** : Arbre monobloc (1) de mobile pivotant (10) d'horlogerie, ledit arbre monobloc (1) étant réalisé en une ou plusieurs parties (2) alignées. Ledit arbre monobloc (1) est magnétiquement inhomogène.

WO 2014/154510 A2

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

Arbre de mobile pivotant d'horlogerie

Domaine de l'invention

L'invention concerne un arbre de mobile pivotant d'horlogerie, ledit arbre étant réalisé en une ou plusieurs parties alignées.

L'invention concerne encore un mobile pivotant d'horlogerie comportant un tel arbre.

L'invention concerne encore un mécanisme d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, notamment un mécanisme d'échappement.

L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile ou/et un tel mécanisme.

L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, ou/et un tel mécanisme, ou/et un tel mouvement.

L'invention concerne le domaine des mécanismes d'horlogerie, en particulier le domaine des organes réglants, en particulier pour des montres mécaniques.

Arrière-plan de l'invention

L'organe réglant d'une montre mécanique est constitué par un oscillateur harmonique, le balancier-spiral, dont la fréquence propre d'oscillation dépend principalement de l'inertie du balancier et de la rigidité élastique du spiral.

Les oscillations du balancier-spiral, autrement amorties, sont entretenues par les impulsions fournies par un échappement généralement composé par un ou deux mobiles pivotants. Dans le cas de l'échappement à ancre suisse, ces mobiles pivotants sont l'ancre et la roue d'échappement. La marche de la montre est déterminée par la fréquence du balancier-spiral et par la perturbation générée par l'impulsion de l'échappement, qui généralement ralentit l'oscillation propre du balancier-spiral et donc provoque un retard de marche.

La marche de la montre est donc perturbée par tous les phénomènes qui peuvent altérer la fréquence propre du balancier-spiral et/ou la dépendance temporelle de l'impulsion fournie par l'échappement.

En particulier, suite à l'exposition transitoire d'une montre mécanique à un champ magnétique, des défauts de marche (liés à l'effet résiduel du champ) sont généralement observés. L'origine de ces défauts est la magnétisation permanente des composants ferromagnétiques fixes du mouvement ou de l'habillage et la magnétisation permanente ou transitoire des composants magnétiques mobiles faisant partie de l'organe réglant (balancier-spiral) et/ou de l'échappement.

Après l'exposition au champ, les composants mobiles (balancier, spiral, échappement) magnétisés ou perméables magnétiquement sont soumis à un couple magnétostatique et/ou à des forces magnétostatiques. En principe, ces interactions modifient la rigidité apparente du balancier-spiral, la dynamique des mobiles d'échappement et les frottements. Ces modifications produisent un défaut de marche qui peut aller de quelques dizaines à quelques centaines de secondes par jour.

L'interaction du mouvement horloger avec le champ externe, lors de l'exposition, peut aussi mener à l'arrêt du mouvement. En principe, l'arrêt sous champ et le défaut de marche résiduel ne sont pas corrélés, parce que l'arrêt sous champ dépend de l'aimantation transitoire, sous-champ, des composants (et donc de la perméabilité et du champ de saturation des composants), tandis que le défaut de marche résiduel dépend de l'aimantation résiduelle (et donc, principalement, du champ coercitif des composants) qui peut être faible même en présence d'une perméabilité magnétique importante.

Après l'introduction des spiraux fabriqués en matériaux très faiblement paramagnétiques (par exemple, en silicium), le spiral n'est plus responsable du défaut de marche des montres. Les perturbations magnétiques encore observables pour des champs d'aimantation inférieurs à 1,5 Tesla sont donc dues à l'aimantation de l'arbre de balancier et à l'aimantation des mobiles d'échappement.

Le corps d'ancre et la roue d'échappement peuvent être fabriqués en matériaux très faiblement paramagnétiques, sans que leur performance mécanique en soit affectée. Au contraire, les arbres des mobiles nécessitent de très bonnes performances mécaniques (bonne tribologie, faible fatigue) pour permettre un pivotement optimal et constant dans le temps, et il est donc préférable de les fabriquer en acier trempable (typiquement en acier au carbone de type 20AP ou similaire). Or de tels aciers sont des matériaux sensibles aux

champs magnétiques parce qu'ils présentent un champ de saturation élevé combiné à un champ coercitif élevé. Les arbres de balancier, ancre et roue d'échappement sont actuellement les composants les plus critiques face aux perturbations magnétiques de la montre.

Le document D1 WO 2004/008258 A2 DETAR- PATEK PHILIPPE décrit un système rotor-stator composé d'une roue constituée d'un aimant permanent pré-aimantée dans une direction diamétrale fixée, ainsi qu'une solution d'entretien d'un oscillateur. Ce document divulgue un arbre de production d'un couple électro-magnétique sur lequel sont montés un rotor et un deuxième pignon, lesquels ne sont pas des parties de l'arbre mais sont montés sur l'arbre, cet arbre étant un arbre standard sans aucune propriété magnétique spécifique.

Le document D2 US 3 683 616 A STEINEMANN (Institut STRAUMANN), décrit un mécanisme d'échappement où toutes les parties montées sur l'axe de balancier, et sur l'ancre, la roue d'échappement, ainsi que au moins la partie principale de l'axe de balancier sont fabriquées à partir d'un matériau très faiblement paramagnétique, ayant une perméabilité magnétique µ inférieure à 1,01. Une variante concerne l'application d'une couche au moins au niveau des points d'appui de l'axe de balancier. Dans des variantes particulières, certains des composants de l'échappement sont formés uniquement à partir d'un tel matériau très faiblement paramagnétique. Le spiral peut, quant à lui être réalisé dans un tel matériau très faiblement paramagnétique, ou d'un métal anti-ferromagnétique ayant une perméabilité magnétique µ inférieure à 1,01. Dans une autre variante encore, des parties montées sur l'axe de balancier sont formées à partir d'un matériau choisi dans le groupe constitué du monel, de l'argent, du nickel, du cuivre, d'un alliage de béryllium, et d'un alliage cuivre-manganèse ou d'un alliage de nickel. Dans une autre variante encore, l'ancre et la roue d'échappement sont formées d'un matériau choisi dans le groupe constitué de l'argent, du nickel, d'un alliage de cuivre-béryllium, et d'un alliage de nickel ou de manganèse-cuivre.

Plus particulièrement, l'arbre de balancier comprend des tourillons, et, à l'exception des broches de palier, est intégralement formé à partir d'un matériau ayant une perméabilité magnétique µ inférieure à 1,01. Dans une autre variante, l'ensemble de l'arbre de balancier est formé d'un matériau ayant une perméabilité magnétique µ inférieure ou égale à 1,01. L'axe de balancier peut, encore, être constitué d'un bronze durcissable.

Le document D3 CH 705 655 A2 ROLEX décrit la minimisation de l'effet résiduel, c'est-à-dire de la différence de marche que subit une montre soumise à des variations de champs magnétiques externes. Cette minimisation est corrélée en tant qu'effet surprenant, avec la géométrie de l'axe du balancier. Plus particulièrement, ce document décrit un oscillateur comprenant un spiral en matériau paramagnétique ou diamagnétique, et un balancier assemblé comprenant un arbre sur lequel sont montés un balancier, un plateau, une virole solidaire du spiral, et où, ou bien le diamètre maximal de l'arbre est inférieur à 3,5/2,5/2,0 fois le diamètre minimal de l'arbre sur lequel est monté l'un des autres éléments, ou bien le diamètre maximal de l'arbre est inférieur à 1,6/1,3 fois le diamètre maximal de l'arbre sur lequel est monté l'un des autres éléments. Ce document divulgue un arbre ayant des propriétés magnétiques intrinsèques homogènes, en l'occurrence un arbre fortement ferromagnétique. Toutefois le plateau n'est pas une partie intégrante de l'arbre.

Résumé de l'invention

L'invention se propose de limiter l'interaction magnétique sur les arbres des mobiles d'un mécanisme horloger, au sein d'un mouvement incorporé à une pièce d'horlogerie, notamment une montre.

A cet effet, l'invention concerne un arbre de mobile pivotant d'horlogerie, ledit arbre étant réalisé en une ou plusieurs parties alignées, caractérisé en ce que ledit arbre est magnétiquement inhomogène.

Selon une caractéristique de l'invention, ledit arbre est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre de façon radiale par rapport audit axe de pivotement.

Selon une caractéristique de l'invention, ledit arbre est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport audit axe de pivotement.

L'invention concerne encore un mobile pivotant d'horlogerie comportant un tel arbre.

L'invention concerne encore un mécanisme d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, notamment un mécanisme d'échappement.

L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile ou/et un tel mécanisme.

L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, ou/et un tel mécanisme, ou/et un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

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, sous forme d'un schéma tridimensionnel, une première variante d'arbre de mobile selon l'invention, comportant une zone centrale de propriétés magnétiques intrinsèques différentes de celles de la zone périphérique qui entoure cette zone centrale axée sur l'axe de pivotement du mobile ;

- la figure 2 représente, de façon schématisée, en vue en coupe et avec une coloration grisée d'autant plus intense que le champ rémanent est élevé, un arbre homogène de l'art antérieur après son exposition à un champ magnétique ;

- la figure 3 représente, de façon schématisée et similaire à la figure 2, l'arbre de la figure 1, avec un champ rémanent concentré sur sa zone centrale et axiale ;

- la figure 4 illustre, sous forme d'un graphe, la comparaison des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier de la figure 2 et de la figure 3, le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène de la figure 2 est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre inhomogène selon l'invention est représenté en trait continu. En abscisse figure l'angle en degrés, et en ordonnée le couple exercé sur le balancier, en mN.mm ;

- la figure 5 illustre, sous forme d'un graphe, la comparaison des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier de la figure 2 et de la figure 3, comparés au couple de rappel du spiral et au couple appliqué au balancier par l'ancre. Le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène de la figure 2 est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre inhomogène selon l'invention est représenté en trait continu. Le trait mixte interrompu G4 représente le couple de rappel exercé par le spiral. Le couple

d'entretien, appliqué au balancier par l'ancre, est représenté sous la forme d'une horizontale G5 en trait pointillé.

- la figure 6 représente, de façon similaire à la figure 1, une deuxième variante d'arbre de mobile selon l'invention, comportant une partie médiane de propriétés magnétiques intrinsèques différentes de celles de deux zones d'extrémité qui entourent cette partie médiane, de part et d'autre selon la direction de l'axe de pivotement du mobile ;

- la figure 7 représente, de façon analogue à la figure 3, la répartition du champ rémanent sur l'arbre de la figure 6, avec un champ rémanent concentré sur ses deux zones d'extrémité axiales ;

- la figure 8 représente, sous forme d'un schéma-blocs, une pièce d'horlogerie, comportant un mouvement comportant un mécanisme comportant un mobile équipé d'un arbre selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

L'objet de l'invention est de protéger un oscillateur de toute perturbation magnétique.

L'invention vise en particulier à limiter l'interaction magnétique sur les arbres 1 des mobiles 10 d'un mécanisme horloger 20, au sein d'un mouvement 30 incorporé à une pièce d'horlogerie 40, notamment une montre, et, en particulier pour les organes d'entretien (échappement) et de régulation (balancier-spiral) qui constituent une application préférée, sur les arbres du balancier, de l'ancre et de la roue d'échappement.

L'invention est décrite ici pour cette seule application aux organes d'entretien (échappement) et de régulation (balancier-spiral). L'homme du métier, constructeur horloger, saura l'extrapoler à d'autres mécanismes.

L'invention peut permettre à des montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétiques de résister, sans s'arrêter, à des champs magnétiques de l'ordre de un Tesla, et sans que les performances mécaniques (chronométrie et vieillissement des mobiles) soient affectées.

L'invention permet de réduire l'effet résiduel des montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétiques à moins de une seconde par jour.

La géométrie de l'arbre d'un balancier est généralement plus complexe que la géométrie de la tige d'ancre, et que celle de l'arbre de la roue d'échappement.

Deux variantes alternatives, non limitatives, exploitant le même principe sont illustrées pour le cas d'un arbre de balancier. Leur généralisation au cas de la tige d'ancre et de la roue d'échappement, ou à d'autres mobiles, sera évidente à l'homme du métier.

Par convention, on appelle, dans la présente description « axe » un élément géométrique virtuel tel qu'un axe de pivotement, et « arbre » un élément mécanique réel, réalisé en une ou plusieurs parties. Par exemple, une paire de pivots 2A et 2B alignés et rapportés de part et d'autre d'une partie médiane 6 d'un mobile 10, pour le guider en pivotement est aussi dénommée « arbre ».

Dans la suite de l'exposé, on définit par matériaux « perméables magnétiquement », des matériaux qui ont une perméabilité relative comprise entre 10 et 10000, comme des aciers, qui ont une perméabilité relative voisine de 100 pour des arbres de balanciers par exemple, ou voisine de 4000 pour les aciers utilisés couramment dans les circuits électriques, ou encore d'autres alliages dont la perméabilité relative atteint des valeurs de 8000 à 10000.

On appellera matériaux « magnétiques », par exemple dans le cas de masses polaires, des matériaux aptes à être aimantés de façon à présenter un champ rémanent compris entre 0,1 et 1,5 Tesla, comme par exemple le « Neodymium Iron Boron » d'une densité d'énergie magnétique Em voisine de 512 kJ/m^3 et donnant un champ rémanent de 0,5 à 1.3 Tesla. Un niveau de champ rémanent inférieur, vers la partie inférieure de la fourchette peut être utilisé en cas de combinaison, dans un couple d'aimantation, d'un tel matériau magnétique avec un composant antagoniste perméable magnétiquement de perméabilité élevée, plus proche de 10000, dans la fourchette de 100 à 10000.

On appellera matériaux « ferromagnétiques » des matériaux dont les caractéristiques sont : champ de saturation Bs > 0 à la température T = 23°C, champ coercitif Hc > 0 à la température T = 23°C, perméabilité magnétique maximale μ_R > 2 à la température T = 23°C, température de Curie Tc > 60°C.

Plus particulièrement, on qualifiera de « faiblement ferromagnétiques » ceux dont les caractéristiques sont : champ de saturation Bs < 0,5 T à la température T = 23°C, champ coercitif Hc < 1'000 kA/m à la température T = 23°C, perméabilité magnétique maximale μ_R < 10 à la température T = 23°C, température de Curie Tc > 60°C.

La possibilité d'utiliser des matériaux ferromagnétiques ayant des caractéristiques spécifiques permet de satisfaire simultanément la demande de tenue mécanique, résistance magnétique, et fabricabilité des composants.

Plus particulièrement, on qualifiera de « fortement ferromagnétiques » ceux dont les caractéristiques sont : champ de saturation Bs > 1 T à la température T = 23°C, champ coercitif Hc > 3'000 kA/m à la température T = 23°C, perméabilité magnétique maximale μ_R > 50 à la température T = 23°C, température de Curie Tc > 60°C

On appellera matériaux « paramagnétiques » des matériaux de perméabilité magnétique relative comprise entre 1.0001 et 100, par exemple pour des entretoises interposées entre un matériau magnétique et un composant antagoniste perméable magnétiquement, ou encore entre deux matériaux magnétiques, par exemple une entretoise entre un composant et une masse polaire. Des matériaux faiblement paramagnétiques, ayant perméabilité magnétique comprise entre 1.01 et 2, sont utilisables pour la mise en œuvre de l'invention. Des matériaux comme le CoCr20Ni16 Mo7, connu notamment sous le nom de « Phynox ®» ou le nickel-phosphore NiP (soit avec concentration de phosphore 12% mais durci, soit avec concentration de phosphore inférieure à 12%) sont faiblement paramagnétiques, donc utilisables pour la mise en œuvre de l'invention.

L'utilisation de matières amagnétiques (perméabilité magnétique inférieure à 1.01), est très limitante, parce que ces matériaux sont soit difficilement usinables, soit mécaniquement inadaptés aux fonctions demandées (et donc demandent un revêtement ou une procédure de durcissement les rendant ferromagnétiques), ce qui explique pourquoi la première montre résistante à 15'000 Gauss a été présentée seulement en 2013. Par exemple, des matériaux amagnétiques sont : aluminium, or, laiton ou similaire.

On appellera matériaux «diamagnétiques » des matériaux de perméabilité magnétique relative inférieure à 1 (susceptibilité magnétique négative, inférieure ou égale à -10^{-5}), tels que graphite ou graphène.

On appellera enfin matériaux «magnétiques doux», pour ne pas dire amagnétiques, notamment pour des blindages, des matériaux ayant une perméabilité élevée mais une haute saturation, car on ne veut pas qu'ils soient aimantés de manière permanente: ils doivent conduire le mieux possible le champ,

de manière à réduire le champ à leur extérieur. De tels composants peuvent alors protéger aussi un système magnétique des champs externes. Ces matériaux sont choisis de préférence de perméabilité magnétique relative comprise entre 50 et 200, et avec un champ de saturation supérieur à 500 A/m.

Des matériaux qualifiés d'«amagnétiques », ont quant à eux une perméabilité magnétique relative très légèrement supérieure à 1, et inférieure à 1.0001, comme typiquement le silicium, le diamant, le palladium et similaires. Ces matériaux peuvent en général être obtenus par des technologies MEMS ou par le procédé « LIGA ».

Ainsi, l'arbre monobloc 1 de mobile pivotant 10 d'horlogerie est réalisé en une ou plusieurs parties 2, qui sont alors alignées sur un axe de pivotement D.

Précisons que cet arbre 1 est un élément axial pivotant, qui sert de support à d'autres composants : plateau, collerette, virole, balancier, mais qui n'est pas constitué par ces autres composants, qui sont chassés, collés, soudés, brasés, ou appuyés sur l'arbre, ou encore maintenus par d'autres procédés. Les caractéristiques présentées ci-après concernent cet arbre 1 seul.

Selon l'invention, cet arbre monobloc 1 est magnétiquement inhomogène.

L'arbre 1 selon l'invention a des propriétés magnétiques intrinsèques (perméabilité, champ de saturation, champ coercitif, température de Curie, courbe d'hystérèse dépendante) qui sont non-uniformes dans son volume.

Rappelons que l'aimantation ne fait pas partie de ces propriétés magnétiques intrinsèques. Le profil d'aimantation d'un tel arbre après aimantation ne dépend pas uniquement des propriétés magnétiques intrinsèques, mais il dépend notamment de la source de champ magnétique qui l'a aimanté ainsi que de la forme et de la taille dudit arbre. Par exemple, l'arbre peut présenter une aimantation non-uniforme même si les propriétés magnétiques intrinsèques sont uniformes

Rappelons aussi qu'un composant ne peut pas devenir, par exemple, ferromagnétique après avoir été soumis à un champ magnétique : une matière est soit ferromagnétique, soit paramagnétique, antiferromagnétique ou diamagnétique. La température peut modifier cette caractéristique mais elle ne peut pas être modifiée par un champ externe. Il convient de bien différencier l'aimantation des propriétés magnétiques intrinsèques de la matière.

L'invention propose, dans un cas particulier, d'utiliser, dans un cas où l'arbre est bi-matériau, soit des matières paramagnétiques, soit des matériaux ferromagnétiques, ayant des propriétés intrinsèques bien définies.

Notamment, cet arbre monobloc 1 est magnétiquement inhomogène, avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques de cet arbre monobloc 1, soit selon la direction axiale de l'axe de pivotement D de l'arbre monobloc 1, soit de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport à cet axe de pivotement D, soit à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement D et de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport à cet axe de pivotement D.

Dans une variante particulière, l'arbre monobloc 1 est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques de façon radiale par rapport à l'axe de pivotement D.

Dans une réalisation préférée, cette variation des propriétés magnétiques intrinsèques de l'arbre monobloc 1 est faite de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport à l'axe de pivotement D.

Par « arbre inhomogène dans la direction radiale », on entend ici que les propriétés magnétiques de l'arbre varient selon la direction radiale, du centre de l'arbre vers la périphérie (tandis que l'arbre peut être, ou non, magnétiquement homogène selon la direction axiale).

Seule la matière située au cœur de l'arbre, dans une zone dite ci-après zone centrale 3, c'est-à-dire au voisinage de l'axe de pivotement D, présente un champ de saturation élevé (Bs > 1 T), une perméabilité magnétique μ_R maximale supérieure à 50, et un champ coercitif Hc supérieur à 3 kA/m (toutes ces propriétés sont typiques de l'acier 20AP utilisé préférablement pour les arbres pivotants à cause des bonnes performances mécaniques). Naturellement, en cas d'emploi d'autres matériaux, ces valeurs seuils sont à adapter par des essais de routine.

Tandis que la matière en périphérie de l'arbre, dans une zone dite ci-après zone périphérique 4, est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation (Bs < 0,5 T), une faible perméabilité magnétique maximale $\mu_R < 10$, et un faible champ coercitif.

Un schéma de cette solution est montré en figure 1, qui est un schéma tridimensionnel de la première variante. L'arbre monobloc 1 de balancier est

composé d'une zone centrale 3 fortement ferromagnétique (grisée) et d'une zone périphérique 4 paramagnétique ou faiblement ferromagnétique (en blanc).

Dans ce cas les deux régions (fortement ferromagnétique en zone centrale 3, et faiblement paramagnétique en zone périphérique 4 sont précisément séparées par une zone d'interface 7 abrupte : l'interface entre les deux régions 3 et 4 peut toutefois avoir une largeur finie, en correspondance d'un gradient régulier des propriétés magnétiques, sans que les résultats en soient affectés. La région fortement ferromagnétique en zone centrale 3 au cœur de l'arbre monobloc 1 est de préférence contenue dans un cylindre de rayon inférieur à 100 micromètres (et centré sur l'axe de pivotement D) pour atteindre les performances souhaitées.

En pratique, l'inhomogénéité magnétique décrite ici peut être obtenue en combinant deux matériaux différents (par brasure, soudure ou dépôt d'un matériau sur l'autre), ou bien, dans le cas où un alliage est utilisé (par exemple, acier carbone), par un traitement thermique ou sous champ électrique ou magnétique de tout ou partie du composant fini. Plus particulièrement, les traitements thermiques et électromagnétiques sont bien appropriés pour un traitement bien délimité dans l'espace.

La figure 2 montre l'art antérieur, sous la forme d'un arbre monobloc 1 de balancier classique, homogène, en acier 20 AP. Cette figure illustre le champ rémanent, après aimantation à 0,2 T. Lors de cette aimantation, cet arbre est soumis à un champ externe de 0,2 T orienté dans la direction orthogonale à l'axe de pivotement, l'arbre est magnétisé dans tout son volume, son champ rémanent étant compris entre 0,3 T et 0,6 T, comme le montre la figure 2 qui fait apparaître :

- en grisé foncé les zones avec un champ rémanent de 0,6T ;
- en grisé moyen les zones avec un champ rémanent de l'ordre de 0,2 à 0,4T ;
- et en gris très clair ou en blanc les zones avec un champ rémanent inférieur à 0,2T.

L'aimantation est supérieure en correspondance du rayon maximum de l'arbre.

La figure 3 montre le champ rémanent d'un arbre monobloc 1 de balancier inhomogène radialement selon la première variante de l'invention. Cet arbre monobloc 1 a la même géométrie que celui de la figure 2, mais seul le cœur, en zone centrale 3, est en acier 20 AP, tandis que sa périphérie, en zone périphérique 4, est faiblement paramagnétique. L'arbre est soumis à un champ externe de 0,2 T

orienté dans la direction orthogonale à l'axe de pivotement D. Le champ rémanent est d'environ 0,4 T et concentré dans le cœur en zone centrale 3.

Quand la pièce d'horlogerie est soumise à l'action d'un champ magnétique externe, pendant l'oscillation du balancier-spiral, l'arbre aimanté du balancier est soumis à un couple magnétique qui tend à l'orienter dans la direction du champ externe. Le moment de ce couple peut être suffisamment élevé pour arrêter le mouvement de ce balancier-spiral.

A cause de l'aimantation très différenciée, l'arbre homogène de la figure 2 est soumis à un couple magnétique, dont le moment est plus de 10 fois supérieur à celui qui est appliqué à l'arbre inhomogène de la figure 3. En effet, l'arbre monobloc 1 selon l'invention comporte une zone de champ rémanent sur un très faible rayon, alors que dans l'art antérieur les zones de champ rémanent élevé sont précisément dans les zones de plus grand rayon.

L'arrêt du mouvement a lieu si le couple agissant sur l'arbre est supérieur au couple de rappel exercé par le spiral pour des angles inférieurs à l'angle de levée, et au couple d'entretien appliqué par l'ancre au balancier. Ces deux couples, obtenus pour des paramètres typiques, sont comparés au couple magnétique agissant sur l'arbre homogène et sur l'arbre inhomogène, sur le graphique de la figure 5.

La figure 4 illustre la comparaison des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier: le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène de la figure 2 est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre monobloc 1 inhomogène selon l'invention (première variante de la figure 3, ou deuxième variante de la figure 7 exposée plus loin) est représenté en trait continu. En abscisse figure l'angle en degrés, et en ordonnée le couple exercé sur le balancier, en mN.mm. Dans les deux cas, le couple varie sinusoïdalement avec l'angle de rotation du balancier-spiral (ici le zéro est fixé de manière arbitraire).

L'arbre homogène de la figure 2 est soumis à un couple magnétique largement supérieur au couple du spiral et au couple d'entretien. Dans ce cas, le balancier-spiral sera donc arrêté pour un champ inférieur à 0,2 T.

L'arbre monobloc 1 inhomogène selon la première variante de l'invention est soumis à un couple inférieur au couple exercé par le spiral dans l'angle de

levée (< 30°) et au couple d'entretien. Dans ce cas, le balancier-spiral ne sera pas arrêté sous un champ de 0,2 T.

La figure 5 illustre la comparaison des couples magnétiques sur un arbre de balancier, homogène selon l'art antérieur, et inhomogène selon l'invention (première variante, ou deuxième variante exposée plus loin), imposé par un champ externe de 0,2 T, comparé au couple de rappel du spiral et au couple appliqué au balancier par l'ancre. De la même façon que la figure 4, la figure 5 illustre la comparaison, sur une faible amplitude angulaire, des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier: le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre inhomogène est représenté en trait continu. Le trait mixte interrompu G4 représente le couple de rappel exercé par le spiral. Le couple d'entretien, appliqué au balancier par l'ancre, est représenté sous la forme d'une horizontale G5 en trait pointillé.

A la suite de l'aimantation de la montre, l'arbre monobloc 1 du balancier 10 se trouve immergé dans le champ magnétique crée par les composants ferromagnétiques fixes du mouvement 30, ou/et de la pièce d'horlogerie 40, dont il fait partie. L'arbre monobloc 1 est alors soumis à un couple similaire à celui qui est montré en figure 4, mais de moment plus faible. Ce couple de perturbation est responsable du défaut de marche résiduel. Un mouvement équipé d'un arbre monobloc 1 inhomogène selon la première variante de l'invention est donc affecté d'un défaut de marche qui est entre 3 et 10 fois inférieur à celui qui affecte un mouvement équipé d'un arbre homogène traditionnel.

La deuxième variante de l'invention concerne un arbre qui est inhomogène dans la direction axiale, parallèle à l'axe de pivotement de l'arbre.

L'inhomogénéité des propriétés magnétiques est cette fois réalisée dans la direction axiale. Les extrémités 2 de l'arbre monobloc 1, constituées par les pivots 2A et 2B, qui doivent avoir des propriétés mécaniques optimales, sont généralement en matériaux magnétiques, tandis que la partie médiane 6 de l'arbre monobloc 1 est en matériau faiblement paramagnétique.

La longueur (dans la direction axiale) cumulée des parties magnétiques de l'arbre monobloc 1 est avantageusement inférieure a un tiers de la longueur totale de l'arbre monobloc 1.

La différence de longueur entre les parties magnétiques est avantageusement maintenue inférieure à 10%.

Cette deuxième variante est schématisée sur la figure 6, sur laquelle de préférence seuls les pivots 2A et 2B sont en matériau ferromagnétique.

L'arbre monobloc 1 de la figure 6 comporte, selon la direction de l'axe de pivotement D, une partie médiane 6 entourée de part et d'autre par deux zones d'extrémité 8. Et seules ces zones d'extrémité 8, réalisées de préférence en acier à pivots, présentent un champ de saturation élevé de valeur Bs supérieure à 1 T, une perméabilité magnétique maximale μ_R supérieure à 50, et un champ coercitif Hc supérieur à 3 kA/m. Tandis que la matière dans la partie médiane 6 est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation Bs de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale μR inférieure à 10, et un faible champ coercitif.

Plus particulièrement, dans ce type d'exécution de la figure 6, on peut avoir des choix avantageux:

- une partie médiane paramagnétique avec $2>\mu>1.01$;
- une partie médiane amagnétique (tel que défini plus haut) ;
- une partie médiane paramagnétique avec $\mu<1.01$, et dont le volume est inférieur au volume de la partie ferromagnétique, pourvu que le volume de la partie ferromagnétique soit inférieur à une valeur

$$X = \delta_m (C_{ech} + k\, \theta_l) / (b\, \mu_0\, B_s\, H\, \theta_l) \qquad (1)$$

où, pour un arbre 1 qui est un arbre de balancier d'un ensemble balancier-spiral de mouvement de montre, X est fonction du défaut de marche relatif maximal souhaité δ_m, (généralement $\delta_m = 10^{-4}$) de la rigidité du spiral k, du couple d'entretien maximal du balancier C_{ech}, de l'angle de levée θ_l, de la perméabilité du vide μ_0, du champ de saturation B_s de la partie ferromagnétique de l'arbre et du champ d'aimantation maximal H que la montre est censée supporter sans dépasser le défaut relatif δ_m. Le coefficient b est un facteur, de l'ordre de l'unité si les autres quantités sont exprimées dans le système internationale, et qui dépend de la forme géométrique de l'arbre X est typiquement compris entre 0.1 mm^3 et 1 mm^3. Comme pour la première variante, le champ rémanent est inférieur (et plus localisé) que dans le cas d'un arbre homogène selon la figure 2, comme le montre la figure 7.

Cette figure 7 représente le champ rémanent, après aimantation à 0,2 T, d'un arbre monobloc 1 de balancier inhomogène selon la deuxième variante de l'invention. Les pivots sont en acier 20 AP. La partie médiane 6 est faiblement paramagnétique.

Le couple agissant sur l'arbre monobloc 1 dans ce cas est équivalent à celui obtenu pour la première variante (figure 4 et figure 5).

En pratique, comme pour la première variante, l'inhomogénéité magnétique souhaitée peut être obtenue en combinant deux matériaux différents (par brasure, soudure ou dépôt d'un matériau sur l'autre) ou, dans le cas où un alliage est utilisé (par exemple, acier carbone), par le traitement thermique ou sous champ électrique ou magnétique de tout ou partie du composant fini.

Il est encore possible de panacher la première et la deuxième variante, l'arbre monobloc 1 est alors magnétiquement inhomogène avec une variation de ses propriétés magnétiques intrinsèques à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement D et de façon radiale par rapport à cet axe de pivotement D.

Dans l'une ou l'autre de ces variantes, l'invention est de réalisation aisée et peu coûteuse, puisque, en pratique, une simple réalisation bi-matière permet d'obtenir le résultat souhaité. Par exemple une exécution selon la première variante avec une serge de balancier constituant la zone périphérique 4 qui est réalisée, selon l'inertie recherchée, en aluminium, or, laiton ou similaire, tandis que la zone centrale 3 est réalisé sous forme d'un barreau en acier 20AP ou similaire : un balancier de faible inertie est obtenu avec une serge en alliage léger, notamment d'aluminium, facile à usiner et à percer de part en part, et un noyau en acier brut d'étirage ou de tréfilage, ou encore décolleté, d'un diamètre inférieur à 100 micromètres. De façon similaire, un balancier selon la deuxième variante et à très faible inertie comporte une partie médiane 6 usinée en alliage d'aluminium et comportant à ses extrémités axiales deux logements pour le chassage de pivots 2A et 2B en acier à pivots.

Les réalisations bi-matériaux suivantes donnent de bons résultats, malgré des enseignements contraires de la littérature :

- cas fortement ferromagnétique / faiblement ferromagnétique ;

- cas fortement ferromagnétique / faiblement paramagnétique avec $2>\mu>1.01$, malgré un préjugé considérant un tel matériau comme inutilisable pour

ce type de construction. Notamment le « Phynox » rentre dans cette gamme de matériaux ;

- cas où la portion (masse) paramagnétique de l'arbre n'est pas la portion (masse) principale. Des solutions où la portion ferromagnétique est dominante sont efficaces et inclues dans la présente demande : les dimensions maximales (absolues) de la portion fortement ferromagnétique sont déterminées uniquement par la rigidité du spiral et le couple d'entretien (voir équation (1)).

Dans une réalisation particulière, l'arbre 1 comporte au moins une partie saillante de plus grand rayon autour de son axe de pivotement D, et au moins ladite partie saillante est délimitée, de part et d'autre dudit axe de pivotement D, par deux surfaces symétriques par rapport audit axe de pivotement D et qui définissent, en projection sur un plan perpendiculaire audit axe de pivotement D, un profil inscrit dans un rectangle dont le rapport de la longueur à la largeur définit un rapport de forme qui est supérieur ou égal à 2, la direction de ladite longueur définissant un axe principal DP.

L'invention concerne encore un mobile pivotant 10 d'horlogerie comportant un arbre monobloc 1 selon l'invention.

L'invention concerne encore un mécanisme 20 d'horlogerie comportant un tel arbre monobloc 1 ou/et un tel mobile 10, notamment un mécanisme d'échappement.

Dans la réalisation particulière exposée ci-dessus et où l'arbre 1 comporte au moins une telle partie saillante particulière, ce mécanisme d'horlogerie 20 comporte un tel mobile 10 oscillant autour d'une position de repos définie par un plan de repos passant par un axe de pivotement D, ledit mobile 10 étant rappelé vers une position de repos par des moyens de rappel élastique. Et ce mobile 10 comporte un tel arbre 1 qui comporte au moins une telle partie saillante particulière, cet arbre 1 étant en acier, et ledit axe principal DP dudit arbre 1, dans le plan orthogonal audit arbre, occupe une position angulaire déterminée par rapport audit plan de repos dans ladite position de repos dudit mobile 10, ledit mécanisme 20 ayant une direction d'aimantation préférentielle DA qui est sensiblement orthogonale audit axe principal DP dudit arbre 1 dans ladite position de repos.

L'invention concerne encore un mouvement 30 d'horlogerie comportant un tel arbre monobloc 1 ou/et un tel mobile 10 ou/et un tel mécanisme 20.

L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 40, notamment une montre, comportant un tel arbre monobloc 1 ou/et un tel mobile 10, ou/et un tel mécanisme 20, ou/et un tel mouvement 30.

En somme, l'invention ne nécessite aucun aimant permanent préaimanté, ni aucune roue magnétique, mais seulement des arbres magnétiquement passifs (paramagnétiques ou ferromagnétiques).

L'objet de l'invention n'est pas de fournir une solution d'entretien de l'oscillateur, mais bien de protéger l'oscillateur de toute perturbation magnétique.

L'invention, dans l'une ou l'autre de ses variantes, présente d'importants avantages :

- intensité du champ d'arrêt sous-champ augmentée pour les montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétique ; ceci signifie qu'une montre devrait être soumise à des champs magnétiques beaucoup plus élevés que ceux que peut rencontrer l'utilisateur dans sa vie normale, avant de risquer une perturbation risquant de mener à l'arrêt du mouvement ;

- effet résiduel réduit pour les montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétique ;

- performances mécaniques identiques aux montres de l'état actuel de la technique, puisque les surfaces de contact tribologiques continuent à être réalisées dans des matériaux validés pour ces applications.

REVENDICATIONS

1. Arbre monobloc (1) de mobile pivotant (10) d'horlogerie, ledit arbre monobloc (1) étant réalisé en une ou plusieurs parties (2) alignées, caractérisé en ce que ledit arbre monobloc (1) est magnétiquement inhomogène et a des propriétés magnétiques intrinsèques, qui sont la perméabilité et le champ de saturation et le champ coercitif et la température de Curie et la courbe d'hystérèse dépendante, qui sont non-uniformes dans son volume.

2. Arbre monobloc (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène, avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre monobloc (1), soit selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre monobloc (1), soit de façon radiale par rapport audit axe de pivotement (D), soit à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre monobloc (1) et de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport audit axe de pivotement (D).

3. Arbre monobloc (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre monobloc (1) de façon radiale par rapport audit axe de pivotement (D).

4. Arbre monobloc (1) selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre monobloc (1) de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport audit axe de pivotement (D).

5. Arbre monobloc (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre monobloc (1) selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre monobloc (1).

6. Arbre monobloc (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation desdites propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre monobloc (1) à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre monobloc (1) et de façon radiale par rapport audit axe de pivotement (D).

7. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins, ou bien une partie paramagnétique

avec une perméabilité magnétique (μ) comprise entre 1.01 et 2, ou bien une partie ferromagnétique.

8. Arbre monobloc (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une partie paramagnétique avec une perméabilité magnétique (μ) comprise entre 1.01 et 2.

9. Arbre monobloc (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une partie médiane paramagnétique avec une perméabilité magnétique (μ) comprise entre 1.01 et 2.

10. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une partie faiblement ferromagnétique, avec un champ de saturation Bs < 0,5 T à la température T = 23°C, un champ coercitif Hc < 1'000 kA/m à la température T = 23°C, une perméabilité magnétique maximale μ_R < 10 à la température T = 23°C, et une température de Curie Tc > 60°C.

11. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une partie paramagnétique avec une perméabilité magnétique (μ) compris entre 1.01 et 2, et au moins une partie faiblement ferromagnétique, avec un champ de saturation Bs < 0,5 T à la température T = 23°C, un champ coercitif Hc < 1'000 kA/m à la température T = 23°C, une perméabilité magnétique maximale μ_R < 10 à la température T = 23°C, et une température de Curie Tc > 60°C.

12. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une partie en CoCr20Ni16 Mo7 ou en NiP.

13. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est au moins bi-matériaux et comporte au moins une partie en matériau fortement ferromagnétique et au moins une partie en matériau faiblement ferromagnétique.

14. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est au moins bi-matériaux et comporte au moins une partie en matériau fortement ferromagnétique et au moins une partie en matériau faiblement paramagnétique avec une perméabilité magnétique (μ) comprise entre 1.01 et 2.

15. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est au moins bi-matériaux et comporte une partie en

matériau paramagnétique, dont la masse est inférieure à celle d'une autre partie en matériau ferromagnétique.

16. Arbre monobloc (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il est un arbre de balancier d'un ensemble balancier-spiral de mouvement de montre, et que le volume de ladite autre partie en matériau ferromagnétique est inférieur à une valeur $X = \delta_m (C_{ech} + k \theta_l) / (b \mu_0 B_s H \theta_l)$

où :

- δ_m est le défaut de marche relatif maximal souhaité voisin de 10^{-4},
- k est la rigidité du spiral,
- C_{ech} est le couple d'entretien maximal du balancier,
- θ_l est l'angle de levée,
- μ_0 est la perméabilité du vide,
- B_s est le champ de saturation de la partie ferromagnétique dudit arbre (1),
- H est le champ d'aimantation maximal que ladite montre est censée supporter sans dépasser ledit défaut de marche relatif δ_m,
- b est un coefficient dépendant de la forme géométrique de l'arbre et est voisin de 1.0 si les autres quantités sont exprimées dans les unités du système international, et ladite valeur X étant comprise entre 0.1 mm^3 et 1 mm^3.

17. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il est en un seul matériau, et est magnétiquement inhomogène du fait de son procédé de fabrication.

18. Arbre monobloc (1) selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que seule la matière située au cœur dudit arbre monobloc (1), dans une zone centrale (3) au voisinage de l'axe de pivotement (D) dudit arbre monobloc (1) réalisée en acier, présente un champ de saturation élevé de valeur (Bs) supérieure à 1 T, une perméabilité magnétique maximale μ_R supérieure à 50, et un champ coercitif (Hc) supérieur à 3 kA/m, tandis que la matière dans une zone périphérique (4) dudit arbre monobloc (1), est, ou bien faiblement paramagnétique, ou bien ferromagnétique avec un faible champ de saturation (Bs) de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale(μR) inférieure à 10, et un faible champ coercitif.

19. Arbre monobloc (1) selon la revendication 18, caractérisé en ce que la matière dans une zone périphérique (4) dudit arbre monobloc (1), est faiblement paramagnétique, avec un faible champ de saturation (Bs) de valeur inférieure à 0,5

T, une faible perméabilité magnétique maximale(µR) inférieure à 10, et un faible champ coercitif.

20. Arbre monobloc (1) selon la revendication 18, caractérisé en ce que la matière dans une zone périphérique (4) dudit arbre monobloc (1), est ferromagnétique, avec un faible champ de saturation (Bs) de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale (µR) inférieure à 10, et un faible champ coercitif.

21. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisé en ce que la région fortement ferromagnétique de ladite zone centrale (3) au cœur dudit arbre monobloc (1) est contenue dans un cylindre de rayon inférieur à 100 micromètres et centré sur ledit axe de pivotement (D) dudit arbre monobloc (1).

22. Arbre monobloc (1) selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte, selon la direction dudit axe de pivotement (D), une partie médiane (6) entourée de part et d'autre par deux zones d'extrémité (8), et que seules lesdites zones d'extrémité (8), réalisées en acier, présentent un champ de saturation élevé de valeur (Bs) supérieure à 1 T, une perméabilité magnétique maximale μ_R supérieure à 50, et un champ coercitif (Hc) supérieur à 3 kA/m, tandis que la matière dans ladite partie médiane (6) dudit arbre monobloc (1), est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation (Bs) de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale (µR) inférieure à 10, et un faible champ coercitif.

23. Arbre monobloc (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que son inhomogénéité magnétique est obtenue, ou bien par combinaison de deux matériaux différents par brasure, soudure ou dépôt d'un matériau sur l'autre, ou bien par utilisation d'un alliage soumis à un traitement thermique ou à l'action d'un champ électrique ou magnétique sur tout ou partie dudit arbre monobloc (1) ou dudit mobile (10).

24. Arbre monobloc (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est un arbre de balancier.

25. Arbre monobloc (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit arbre (1) comporte au moins une partie saillante de plus grand rayon autour de son axe de pivotement (D), et au moins ladite partie saillante est délimitée, de part et d'autre dudit axe de pivotement (D),

par deux surfaces symétriques par rapport audit axe de pivotement (D) et qui définissent, en projection sur un plan perpendiculaire audit axe de pivotement (D), un profil inscrit dans un rectangle dont le rapport de la longueur à la largeur définit un rapport de forme qui est supérieur ou égal à 2, la direction de ladite longueur définissant un axe principal DP.

26. Mobile pivotant (10) d'horlogerie comportant un dit arbre monobloc (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

27. Mécanisme (20) d'horlogerie comportant un dit arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 1 à 25 ou/et un dit mobile (10) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit mécanisme (20) est un mécanisme d'échappement.

28. Mécanisme d'horlogerie (20) selon la revendication précédente, comportant un dit mobile (10) selon la revendication 26 oscillant autour d'une position de repos définie par un plan de repos passant par un axe de pivotement (D), ledit mobile (10) étant rappelé vers une position de repos par des moyens de rappel élastique, caractérisé en ce que ledit mobile (10) comporte un dit arbre (1) selon la revendication 25, ledit arbre (1) étant en acier, et ledit axe principal (DP) dudit arbre (1), dans le plan orthogonal audit arbre (1), occupe une position angulaire déterminée par rapport audit plan de repos dans ladite position de repos dudit mobile (10), ledit mécanisme (20) ayant une direction d'aimantation préférentielle (DA) qui est sensiblement orthogonale audit axe principal (DP) dudit arbre (1) dans ladite position de repos.

29. Mouvement (30) d'horlogerie comportant un dit arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 1 à 25 ou/et un dit mécanisme (20) selon la revendication précédente.

30. Pièce d'horlogerie (40) ou montre, comportant un dit arbre monobloc (1) selon l'une des revendications 1 à 25 ou/et un dit mécanisme (20) selon la revendication 28, ou/et un ledit mouvement (30) selon la revendication précédente.

Fig. 1

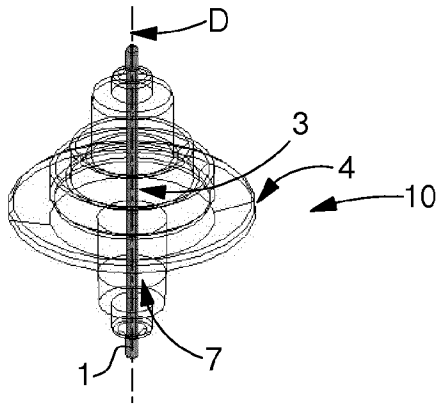


Fig. 2

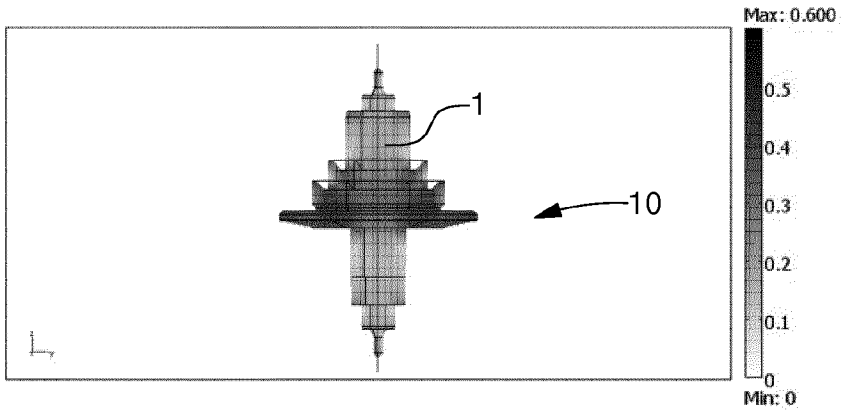


Fig. 3

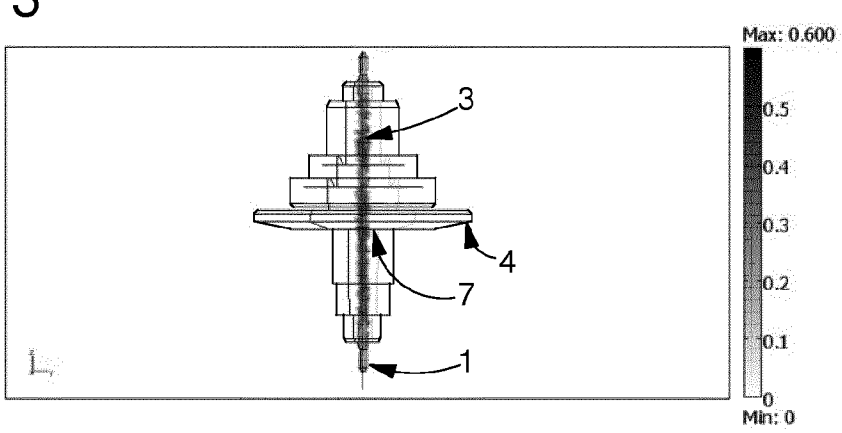


Fig. 8

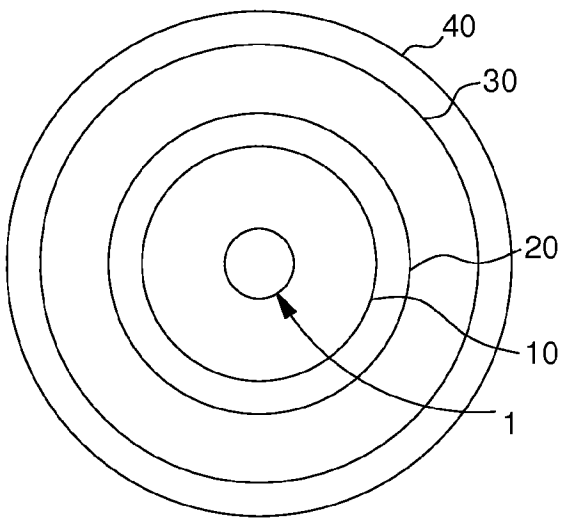


Fig. 4

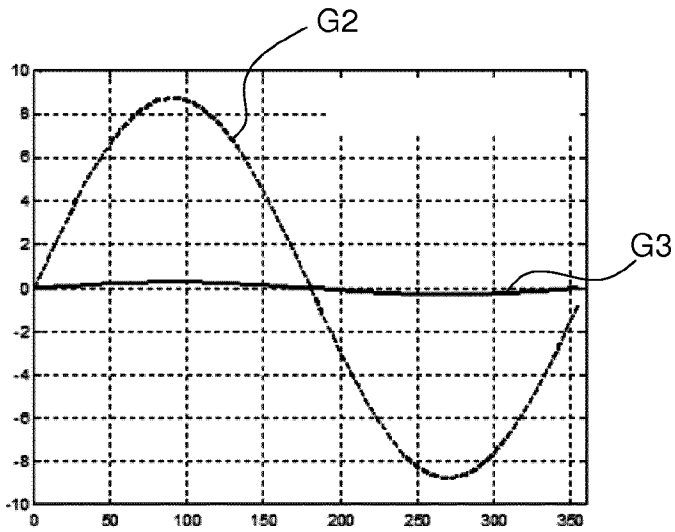


Fig. 5

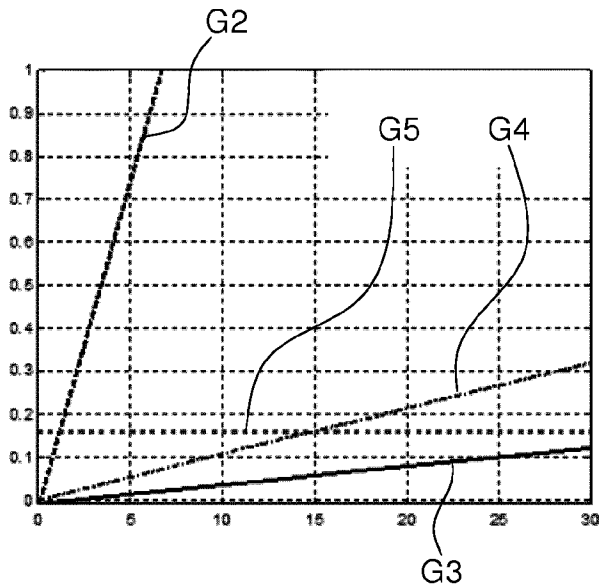


Fig. 6

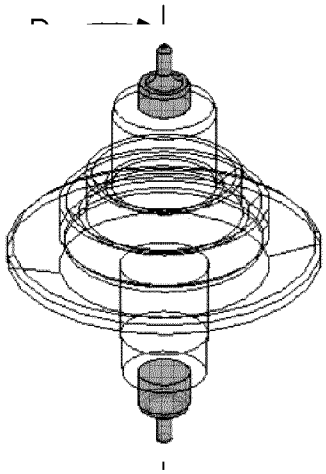


Fig. 7

