

(51) Int Cl.:
G04C 5/00 (2006.01)

(22) Date de dépôt: 15.12.2010

(74) Mandataire: **Richard, François-Régis**
e-Patent S.A.
Rue Saint-Honoré, 1
Case postale 2510
2001 Neuchâtel (CH)

EP 2 466 401 A1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un résonateur magnétique pour pièce d'horlogerie mécanique, en particulier pour montre-bracelet.

[0002] Plus précisément, l'invention concerne un tel résonateur magnétique comportant

un oscillateur de type diapason présentant des première et seconde branches agencées sensiblement en forme de U, au moins l'une des branches portant au moins un premier aimant permanent définissant un premier champ magnétique, une roue d'échappement, destinée à être agencée en prise avec un premier mobile d'un rouage de finissage pour lui permettre d'être entraînée à partir d'une source d'énergie de la pièce d'horlogerie et, située à portée du premier aimant permanent pour subir l'influence du premier champ magnétique.

[0003] Le facteur de qualité élevé d'un oscillateur comme un diapason, soit environ dix à cinquante fois celui d'un balancier spiral conventionnel, le rend attractif dans le cadre d'une application horlogère.

[0004] Par ailleurs, la présente invention concerne également un mouvement horloger muni d'un tel résonateur et une pièce d'horlogerie, en particulier mais non exclusivement du type montre-bracelet, munie d'un tel mouvement horloger.

[0005] Par aimant permanent, il faut comprendre ici, sans sortir du cadre de l'invention, un élément produisant un champ magnétique permanent, quelle qu'en soit la forme, c'est-à-dire qu'il pourra être constitué par une portion de matière prise dans la masse et ayant subi un traitement en vue de présenter les propriétés magnétiques requises, par une pièce rapportée, voire par une couche déposée, d'un matériau magnétique adapté.

Etat de la technique

[0006] De nombreux dispositifs horlogers comprenant un diapason comme oscillateur ont déjà été divulgués dans l'état de la technique.

[0007] A titre d'exemple, Max Hetzel est à l'origine d'un grand nombre d'inventions brevetées, relatives à la mise en oeuvre d'un diapason comme oscillateur, qui ont conduit à la production de la montre-bracelet Accutron (marque déposée), commercialisée par la société Bulova Swiss SA.

[0008] La montre Accutron comprend toutefois un résonateur électronique étant donné que chaque branche du diapason correspondant porte un aimant permanent associé à un électro-aimant monté fixe sur le bâti de la montre. Le fonctionnement de chaque électro-aimant est asservi aux vibrations du diapason, par l'intermédiaire des aimants qu'il porte, de telle manière que les vibra-

tions du diapason sont entretenues par la transmission d'impulsions magnétiques périodiques des électro-aimants aux aimants permanents. Une des branches du diapason actionne un cliquet permettant d'entraîner en rotation les mobiles du rouage de finissage de la montre.

[0009] Le brevet US 2,971,323, par exemple, issu d'un dépôt datant de 1957, décrit un tel mécanisme qui ne peut toutefois convenir à la réalisation d'une montre purement mécanique, c'est-à-dire dépourvue de circuits électroniques. En effet, un besoin réel existe, en termes de marché, pour des pièces d'horlogerie purement mécaniques présentant une précision de marche accrue par rapport aux pièces connues.

[0010] Il convient de relever que la pièce Accutron est toujours commercialisée actuellement par la société Bulova Swiss SA.

[0011] Le brevet CH 594201, issu d'un dépôt datant de 1972, décrit un système de résonateur à double oscillateur. La stabilité en fréquence des oscillations d'un diapason est mise à profit, par interaction magnétique, pour stabiliser les oscillations d'un balancier de forme conventionnelle, donc présentant un facteur de qualité moindre que celui du diapason. Dans ce but, les branches du diapason, d'une part, et le balancier, d'autre part, portent des aimants permanents agencés pour coopérer les uns avec les autres. L'interaction correspondante permet à la fois d'entretenir les oscillations du diapason et de stabiliser en fréquence les oscillations du balancier.

[0012] Cependant, si cela n'apparaît pas explicitement dans ce brevet, il est évident que ce mécanisme est nécessairement couplé à un échappement mécanique pour convertir les oscillations périodiques du balancier en un mouvement unidirectionnel permettant d'assurer l'entraînement des mobiles d'un rouage de finissage. Ainsi, il est vraisemblable que le balancier est couplé à un échappement mécanique conventionnel agencé pour en entretenir les oscillations. Par conséquent, le mécanisme décrit dans ce document permet d'améliorer la stabilité en fréquence des oscillations d'un balancier, mais cela se fait au prix d'une complexité et d'un encombrement nettement accrus par rapport à un mécanisme conventionnel à un seul oscillateur. En outre, le facteur de qualité élevé du diapason n'est que partiellement mis à profit dans la solution présentée puisqu'en définitive, c'est le balancier qui commande les mouvements du rouage de finissage, de manière similaire à ce qui est mis en oeuvre dans les systèmes classiques.

[0013] Des solutions alternatives, plus adaptées aux contraintes spatiales spécifiques à la construction d'une montre-bracelet, avaient également été divulguées. En effet, le brevet US 3,208,287, issu d'un dépôt datant de 1962, décrit un résonateur comprenant un diapason couplé à une roue d'échappement par le biais d'interactions magnétiques. Plus précisément, le diapason porte des aimants permanents coopérant avec la roue d'échappement, cette dernière étant réalisée en un matériau conducteur magnétique. La roue d'échappement est reliée cinématiquement à une source d'énergie qui peut être

mécanique ou prendre la forme d'un moteur, tandis qu'elle comprend des ouvertures, dans son épaisseur, telle qu'elle forme un circuit magnétique de reluctance variable lorsqu'elle est entraînée en rotation, en relation avec les aimants portés par le diapason.

[0014] Par conséquent, une interaction permanente d'intensité substantielle a lieu entre le diapason et la roue d'échappement, que l'on peut qualifier de verrouillage magnétique, une telle construction consistant donc en un échappement non libre. L'apport d'énergie de la roue d'échappement au diapason pour en entretenir les oscillations, même s'il est faible, se fait de manière continue et constitue une source de perturbation non négligeable du point de vue de l'isochronisme de ces oscillations. De même, le guidage de la roue d'échappement par le diapason se fait de manière continue.

[0015] Ainsi, le type d'interaction mis en jeu dans cette construction se rapproche d'un contact, ce qui est défavorable du point de vue de la précision de marche.

[0016] On notera qu'un grand nombre de brevets existent pour couvrir des solutions techniques basées sur le principe de la reluctance. On pourra notamment citer les brevets GB 660,581, dont le dépôt remonte à 1948, le brevet GB 838,430, dont le dépôt remonte à 1955, voire le brevet US 2,571,085 dont le dépôt date de 1949.

Divulgateion de l'invention

[0017] Un but principal de la présente invention est de pallier les inconvénients des résonateurs à diapason connus de l'art antérieur, en proposant un résonateur pour pièce d'horlogerie mécanique, en particulier pour une montre-bracelet, présentant un facteur de qualité et un isochronisme élevés.

[0018] A cet effet, la présente invention concerne plus particulièrement un résonateur du type mentionné plus haut, caractérisé par le fait que la roue d'échappement est libre et porte au moins deux aimants permanents, préférablement au moins quatre, agencés de telle manière que les vibrations de la branche du diapason, d'une part, commandent la vitesse de rotation de la roue d'échappement et, d'autre part, sont entretenues périodiquement par l'interaction magnétique entre le premier aimant permanent du diapason et les aimants permanents de la roue d'échappement, pour définir un échappement libre.

[0019] Grâce à ces caractéristiques, le résonateur selon la présente invention offre les pleins bénéfices du facteur de qualité élevé du diapason, c'est-à-dire sans que la nature de l'échappement collaborant avec lui n'atténue ces bénéfices, comme c'est le cas des mécanismes connus de l'art antérieur.

[0020] En effet, la nature de l'interaction retenue entre le diapason et la roue d'échappement, ainsi que la possibilité d'ajuster les propriétés magnétiques des aimants permanents utilisés en fonction des besoins, permettent d'optimiser le fonctionnement du résonateur selon l'invention, notamment pour que les branches du diapason

exercent un contrôle de la vitesse de rotation de la roue d'échappement, par leurs vibrations, tout en récupérant de cette dernière la quantité d'énergie suffisante pour assurer l'entretien de leurs vibrations avec un excellent isochronisme.

[0021] Cette interaction magnétique, entre les aimants permanents positionnés sur la roue d'échappement et l'aimant permanent placé sur l'une des branches du diapason, est d'amplitude très faible et d'une durée très brève. Elle n'intervient que lorsque l'un des aimants permanents de la roue d'échappement est disposé en regard de l'aimant du diapason. L'interaction est uniquement de nature magnétique, un espace demeurant entre les deux aimants permanents disposés face à face. L'agencement des aimants de la roue d'échappement associés à l'aimant ou aux aimants positionnés sur les branches permet d'entretenir les oscillations libres des branches du diapason. Ces oscillations libres sont des oscillations propres naturelles. Un avantage de ce type de résonateur au regard de l'état de la technique est la réduction des perturbations des oscillations. L'interaction faible des aimants permet, en effet, de réaliser un échappement libre.

[0022] On notera que ces résonateurs n'ont pas connu d'innovation majeure depuis quasiment une quarantaine d'années, ce qui pouvait laisser croire que tout avait été inventé en ce domaine. Ainsi, le mérite du Demandeur réside dans le fait d'avoir conçu le résonateur selon la présente invention, contre toute attente, dans lequel l'amplitude de l'interaction magnétique intervenant entre le diapason et la roue d'échappement est sensiblement supérieure à celle intervenant dans les mécanismes basés sur le principe de la reluctance, ce qui apparaît a priori comme étant défavorable du point de vue de l'isochronisme, cette augmentation de l'amplitude étant compensée par la mise en oeuvre d'un temps plus court de l'interaction concernée, soit d'un échappement libre par opposition aux mécanismes connus, conduisant globalement à un résultat plus favorable.

[0023] Par ailleurs, le résonateur mécanique à échappement magnétique selon la présente invention présente une construction et un assemblage simplifiés par rapport aux échappements libres classiques comme les échappements à ancre suisse ou les échappements à détente. Les échappements libres mécaniques classiques sont notamment plus complexes dans l'ajustement des positions relatives de leurs constituants.

[0024] De plus, le résonateur selon la présente invention ne présente ni de système à cliquet ni de contact mécanique. La durabilité d'un tel résonateur est par conséquent plus importante que celle des résonateurs mécaniques conventionnels.

[0025] De manière préférée, la roue d'échappement porte $2n$ aimants permanents, n étant au moins égal à 1, préférablement inférieur ou égal à quarante. Ces aimants sont avantageusement répartis de manière régulière à proximité de la périphérie ou à la périphérie de la roue d'échappement, pour assurer une rotation régu-

lière de cette dernière.

[0026] Selon un mode de réalisation préféré, deux aimants adjacents de la roue d'échappement sont agencés relativement l'un à l'autre pour présenter à l'aimant du diapason, ou à chaque aimant du diapason, des polarités respectives inversées, lorsque la roue d'échappement tourne sur elle-même.

[0027] Grâce à ces caractéristiques, les déplacements respectifs de la branche du diapason et de la roue d'échappement se synchronisent de telle manière que, lorsque la branche du diapason s'écarte de la roue d'échappement, cette dernière présente un aimant donnant lieu à une répulsion en relation avec l'aimant de la branche, tandis que, lorsque la branche se rapproche de la roue d'échappement, cette dernière présente un aimant donnant lieu à une attraction en relation avec l'aimant de la branche.

[0028] De manière avantageuse, la roue d'échappement peut être agencée entre les branches du diapason, la seconde branche étant alors préférablement munie d'un second aimant permanent définissant un second champ magnétique. Dans ce cas, les aimants du diapason sont préférablement diamétralement opposés en référence à la roue d'échappement. En outre, les aimants de la roue d'échappement sont avantageusement agencés, dans ce cas, de telle manière qu'ils sont diamétralement opposés deux à deux en présentant des orientations magnétiques telles qu'ils présentent des interactions de même nature avec les aimants du diapason.

[0029] Une telle disposition relative des aimants permet d'assurer que le diapason oscille selon son premier mode de vibration, à savoir que ses deux branches s'écartent l'une de l'autre et se rapprochent l'une de l'autre de manière simultanée.

[0030] Par ailleurs, la présente invention concerne également un mouvement horloger, pour pièce d'horlogerie mécanique, comprenant un résonateur répondant aux caractéristiques ci-dessus ainsi qu'une pièce d'horlogerie munie d'un tel mouvement horloger.

[0031] Selon une variante de réalisation, la roue d'échappement peut être située à l'extérieur des branches du diapason.

[0032] Dans tous les cas, il est envisageable de prévoir plusieurs roues d'échappement avec des fréquences d'oscillations identiques ou différentes, de même que leurs diamètres respectifs et/ou leurs vitesses de rotation respectives, afin de répondre à des besoins différents.

[0033] Selon une variante de réalisation illustrative, il est possible de prévoir que le mécanisme selon l'invention comprend une première roue d'échappement, associée à une première branche du diapason pour tourner avec une première vitesse de rotation, ainsi qu'une seconde roue d'échappement, associée à l'autre branche du diapason, pour tourner avec une seconde vitesse de rotation. Dans ce cas, l'une des roues d'échappement peut être associée à des organes d'affichage de l'heure courante, tandis que l'autre peut être associée à des organes d'affichage de temps courts, notamment au

moyen d'une fonction de type chronographe.

Brève description des dessins

[0034] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation préféré qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels:

[0035] - la figure 1 représente une vue de face simplifiée d'un résonateur mécanique à échappement magnétique, dans une première configuration, comprenant une roue d'échappement placée entre les branches d'un diapason en forme de U;

[0036] - la figure 2 représente une vue de face simplifiée du résonateur de la figure 1 dans une seconde configuration;

[0037] - la figure 3 représente une vue de face simplifiée du résonateur de la figure 1 dans une troisième configuration;

[0038] - la figure 4 représente une vue de face simplifiée d'un résonateur selon une variante de réalisation dans laquelle il comporte deux roues d'échappement positionnées à l'extérieur des branches du diapason dans une première configuration;

[0039] - la figure 5 représente une vue de face simplifiée du résonateur de la figure 4, dans une seconde configuration;

[0040] - la figure 6 représente une vue de face simplifiée illustrant un mode de fixation alternatif du diapason au bâti d'un mouvement horloger;

[0041] - les figures 7a et 7b représentent une vue en perspective simplifiée d'un résonateur selon une seconde variante de réalisation, et

[0042] - les figures 8a et 8b représentent une vue en perspective simplifiée d'un résonateur selon une troisième variante de réalisation.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0043] Les figures 1 à 3 illustrent, de manière schématique et simplifiée, le fonctionnement d'un résonateur mécanique à diapason selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, dans des première, seconde et troisième configurations respectives.

[0044] Le résonateur comprend un diapason 1 en forme de U ayant une paire de branches 2, 3 dont chacune porte un aimant permanent 4, 5 à proximité de son extrémité libre définissant des premier et second champs magnétiques.

[0045] Chaque aimant est disposé sur sa branche en ayant ses pôles agencés suivant une direction sensiblement perpendiculaire à la direction longitudinale de la branche. En outre, les aimants 4 et 5 sont sensiblement alignés et orientés ici de la même manière, c'est-à-dire en se présentant mutuellement des pôles opposés.

[0046] Une roue d'échappement 6 est schématiquement illustrée sur les figures 1 à 3, celle-ci étant disposée

entre les deux branches 2 et 3 du diapason 1.

[0047] La roue d'échappement 6 porte ici six aimants permanents 61 à 66 régulièrement agencés à sa périphérie en ayant leurs pôles sensiblement alignés suivant des directions radiales. Deux aimants adjacents de la roue d'échappement présentent des orientations opposées, du point de vue du champ magnétique produit, en référence au centre de la roue d'échappement. Autrement dit, deux aimants permanents adjacents de la roue d'échappement sont agencés relativement l'un à l'autre pour présenter à un aimant donné du diapason, lorsque la roue d'échappement tourne, des polarités respectives inversées lorsqu'ils sont situés en regard de celui-ci.

[0048] De manière avantageuse, la roue d'échappement 6 est reliée cinématiquement à une source d'énergie (non illustrée) par l'intermédiaire d'un rouage de finissage conventionnel, avec un rapport de démultiplication prédéfini et, dont la mise en oeuvre ne posera pas de difficulté particulière à l'homme du métier. En particulier, la roue d'échappement porte préféablement un pignon d'échappement agencé en prise avec un premier mobile du rouage de finissage. Par cette liaison cinématique, la roue d'échappement subit une force permanente tendant à la faire tourner dans un sens de rotation prédéfini (dans le sens horaire sur les figures 2 et 3).

[0049] La roue d'échappement 6 et ses aimants 61 à 66 sont dimensionnés de telle manière que ces derniers sont situés à portée des aimants 4, 5 du diapason, pour que les champs magnétiques des uns et des autres puissent interagir.

[0050] On notera à titre d'exemple que pour un diapason de 25 mm de longueur vibrant à 360 Hz, l'amplitude des vibrations de ses branches est de l'ordre de 5 centièmes de millimètre.

[0051] Du fait des configurations relatives des aimants de la roue d'échappement, chacun des aimants du diapason subit alternativement des attractions et des répulsions en référence à la roue d'échappement.

[0052] En effet, la roue d'échappement 6 est libre de tourner sur elle-même, dans le sens de rotation horaire, comme conséquence de la force permanente qu'elle subit à partir de la source d'énergie de la pièce d'horlogerie correspondante.

[0053] Ce faisant, partant de la configuration de la figure 1 dans laquelle les interactions entre ses aimants et ceux du diapason sont quasi-nulles, elle tourne jusqu'à la configuration illustrée sur la figure 2.

[0054] Le diapason peut avantageusement être rendu solidaire du bâti d'un mouvement horloger de manière conventionnelle, c'est-à-dire par un bras solidaire du bâti par une première extrémité et, du point situé au milieu de la base 8 du diapason par son autre extrémité. Dans cette situation, il est préférable que le diapason vibre selon son premier mode vibratoire, c'est-à-dire avec ses branches présentant des déplacements exactement opposés. Autrement dit, les deux branches 2 et 3 s'écartent et se rapprochent simultanément l'une de l'autre.

[0055] Ainsi, la configuration illustrée sur la figure 2

correspond, dans un premier temps, à un rapprochement mutuel des deux branches 2 et 3. Etant donné les orientations et positions relatives des aimants 4, 5 et 61 à 66, les branches 2 et 3 du diapason subissent une attraction en direction de la roue d'échappement 6 définissant un transfert d'énergie de la roue d'échappement vers le diapason, visant à entretenir les vibrations de ce dernier.

[0056] Dans le même temps, le diapason agit comme un frein magnétique sur la roue d'échappement en ralentissant sa rotation induite par la force exercée par la source d'énergie du mouvement horloger.

[0057] L'amplitude de la force issue de l'interaction magnétique entre le diapason et la roue d'échappement étant très faible en référence aux oscillations du diapason, ces dernières se poursuivent naturellement et les branches 2, 3, après avoir atteint un rapprochement relatif maximal, se déforment en sens opposé pour s'écarter l'une de l'autre.

[0058] La roue d'échappement 6 poursuit son mouvement de rotation dans le même temps, ce qui l'amène dans sa position de la figure 3, tandis que les branches 2, 3 sont encore dans leur phase d'écartement relatif.

[0059] Dans la configuration de la figure 3, les aimants situés en regard les uns des autres se présentent mutuellement des polarités opposées, ce qui résulte en la génération d'une force de répulsion entre les branches 2, 3 du diapason et la roue d'échappement. Cette répulsion définit un nouveau transfert d'énergie de la roue d'échappement vers le diapason, visant à entretenir les vibrations de ce dernier.

[0060] On constate de ce qui précède qu'une roue d'échappement portant six aimants permanents effectue un tour complet sur elle-même en six pas correspondant à trois oscillations complètes du diapason, donc la fréquence de rotation de la roue d'échappement est ici égale au tiers de celle du diapason.

[0061] De manière générale, la roue d'échappement avance de deux pas au cours de chaque oscillation complète du diapason. Autrement dit, la fréquence des pas de la roue d'échappement est double par rapport à la fréquence de vibration du diapason, tandis que sa fréquence de rotation est de f/n Hz lorsqu'elle porte $2n$ aimants permanents, f étant la fréquence de vibration du diapason.

[0062] Il en ressort que la vitesse de rotation de la roue d'échappement et les rapports d'engrenage des rouages de finissage et d'affichage peuvent être ajustés en fonction des besoins, indépendamment de la fréquence d'oscillation du diapason, notamment en modifiant le nombre d'aimants permanents portés par la roue d'échappement.

[0063] Bien entendu, la fréquence de vibration du diapason peut être ajustée en fonction des besoins, de manière conventionnelle, notamment par modification de la répartition des masses dans ses branches ou son matériau.

[0064] De manière avantageuse pour une application horlogère, on pourra prévoir que la fréquence de vibra-

tion du diapason présent dans le résonateur selon l'invention est sensiblement comprise entre 2 et 1000 Hz.

[0065] Une fréquence de vibration supérieure aux fréquences d'oscillations des balanciers spiraux conventionnels peut, par exemple, être mise à profit dans des applications telles que les mesures de temps courts. A titre d'exemple, pour la réalisation d'une fonction chronographe permettant la mesure aux centièmes de secondes, la roue d'échappement doit avancer d'un pas au moins tous les centièmes de secondes. Elle doit donc présenter une fréquence de pas de 100 Hz (ou un multiple de 100 Hz), ce qui correspond à une fréquence de vibration du diapason de 50 Hz (ou un multiple de 50 Hz). De telles fréquences de fonctionnement ne sont envisageables aujourd'hui dans des montres-bracelets mettant en oeuvre un oscillateur du type balancier-spiral que pour des durées courtes et bien déterminées. A noter que la réalisation d'un échappement mécanique fonctionnant à de telles fréquences n'est pas non plus sans poser des problèmes, notamment en termes d'usure. Puisque la roue d'échappement est la partie terminale d'un train de rouage mécanique, il est préférable qu'elle fonctionne avec une fréquence de rotation faible, pour les mêmes raisons d'usure et de simplicité mécanique. Ceci est possible en prévoyant un nombre d'aimants convenable. A titre d'exemple, si l'on prévoit douze aimants sur la roue d'échappement, avec un diapason vibrant à 50 Hz, la roue d'échappement tourne avec une fréquence de rotation de 8,33 Hz, similaire à celle qu'elle présente dans les mouvements horlogers connus, tout en permettant la mesure des centièmes de seconde.

[0066] De manière préférée, la roue d'échappement porte $2n$ aimants permanents, n étant au moins égal à 1, préférablement inférieur ou égal à quarante. Ces aimants sont avantageusement répartis de manière régulière à proximité de la périphérie ou à la périphérie de la roue d'échappement, pour assurer une rotation régulière de cette dernière. Bien entendu, le diamètre de la roue d'échappement peut influencer le nombre d'aimants qu'elle comporte. Un nombre trop grand d'aimants n'est pas souhaitable du fait qu'il tendrait à donner lieu à une interaction quasi-continue entre la roue d'échappement et le diapason, nuisible à l'isochronisme du résonateur selon l'invention.

[0067] Bien entendu, la roue d'échappement 6 peut être agencée à l'extérieur du diapason pour coopérer avec une seule branche du diapason, sans sortir du cadre de la présente invention.

[0068] Un exemple d'application supplémentaire, particulièrement intéressant, est présenté sur les figures 4 et 5.

[0069] Selon cette variante de réalisation, deux roues d'échappement 40 et 50 sont respectivement associées aux première et seconde branches 20, 30 d'un diapason 10, permettant de commander deux rouages d'affichage distincts (non représentés).

[0070] Pour des raisons de simplification de l'illustration, les deux roues d'échappement illustrées sur les fi-

gures 4 et 5 sont identiques. Elles peuvent être mises à profit pour commander les affichages respectifs de deux trains roulants, par exemple, l'un affichant le temps solaire et l'autre le temps sidéral.

[0071] Le principe de fonctionnement du résonateur illustré sur les figures 4 et 5 ne sera pas exposé en détail dans la mesure où il est similaire à celui du mode de réalisation des figures précédentes. La différence principale par rapport au mode de réalisation précédent réside dans le fait que des impulsions sont transmises indépendamment à chacune des branches du diapason par la roue d'échappement qui lui est associée, leurs aimants respectifs 41, 51 étant avantageusement agencés vers l'extérieur, en regard des roues d'échappement.

[0072] Dans ce cas, on peut également prévoir, de manière alternative, que les roues d'échappement 40 et 50 sont différentes l'une de l'autre, notamment qu'elles portent des nombres d'aimants permanents différents, sans sortir du cadre de la présente invention. De même, les rapports d'engrenage des rouages d'affichage respectivement associés à l'une et à l'autre des roues d'échappement peuvent être différents, de telle manière, par exemple, que l'une soit associée à l'affichage de l'heure courante, tandis que l'autre est associée à une fonction de chronographe.

[0073] Par ailleurs, la figure 6 illustre une variante de fixation du diapason sur le bâti d'un mouvement horloger. Au lieu de fixer le diapason par un seul bras, solidaire du point milieu de sa base comme mentionné plus haut, il est possible de le fixer au moyen de deux bras reliés au diapason par ses deux noeuds primaires, de manière connue, sans sortir du cadre de l'invention. De manière similaire, il est également envisageable de disposer les aimants au niveau des noeuds secondaires.

[0074] Les figures 7a et 7b représentent un résonateur selon une seconde variante de réalisation de la présente invention.

[0075] Dans cette variante, le diapason 1 et la roue d'échappement 60 sont contenus dans des plans respectifs sensiblement orthogonaux l'un à l'autre.

[0076] L'homme du métier pourra choisir de disposer n'importe lequel de ces deux organes dans un plan parallèle au plan général du mouvement horloger correspondant, l'autre organe lui étant alors orthogonal, en fonction de ses besoins. Dans la mesure où la roue d'échappement fait partie du train de rouage mécanique, il est préférable qu'elle soit agencée dans le même plan que le mouvement horloger, ce qui implique que le diapason soit sensiblement orthogonal au plan général du mouvement horloger et de la montre. Une telle configuration du diapason n'a, a priori, jamais fait l'objet d'un produit commercialisé sur le marché jusqu'ici.

[0077] Le principe de fonctionnement du résonateur suivant cette variante de réalisation est similaire à ce qui a été décrit précédemment et ne sera donc pas repris en détail.

[0078] La figure 7a illustre une position de la roue d'échappement 60 dans laquelle l'un de ses aimants in-

teragit avec les aimants du diapason pour donner lieu à une attraction mutuelle.

[0079] La figure 7b illustre une position de la roue d'échappement 60 dans laquelle un autre de ses aimants interagit avec les aimants du diapason pour donner lieu à une répulsion mutuelle.

[0080] Les figures 8a et 8b représentent un résonateur selon une troisième variante de réalisation de la présente invention.

[0081] Dans cette variante, le diapason 100 et la roue d'échappement 60 sont également contenus dans des plans respectifs sensiblement orthogonaux l'un à l'autre, mais cette fois, le diapason ne porte plus qu'un seul aimant agencé sur l'une des branches, au choix.

[0082] Le principe de fonctionnement du résonateur suivant cette variante de réalisation est similaire à ce qui a été décrit précédemment et ne sera donc pas repris en détail.

[0083] La figure 8a illustre une position de la roue d'échappement 60 dans laquelle l'un de ses aimants interagit avec l'aimant du diapason pour donner lieu à une attraction mutuelle.

[0084] La figure 8b illustre une position de la roue d'échappement 60 dans laquelle un autre de ses aimants interagit avec l'aimant du diapason pour donner lieu à une répulsion mutuelle.

[0085] Comme cela a déjà été souligné, la structure du diapason est telle que l'interaction magnétique d'une seule de ses branches avec la roue d'échappement suffit à entretenir ses vibrations de manière satisfaisante.

[0086] De manière générale, le diapason peut par exemple être réalisé en silicium avec adjonction de SiO_2 (notamment pour permettre un usinage par lots), en quartz ou en tout autre matériau présentant des propriétés adaptées à la mise en oeuvre de la présente invention, comme une combinaison de silicium et de quartz permettant de garantir un comportement stable en fonction de la température.

[0087] On rappelle également que, par aimant permanent, il faut comprendre ici, sans sortir du cadre de l'invention, un élément produisant un champ magnétique permanent, quelle qu'en soit la forme, c'est-à-dire qu'il pourra être constitué par une portion de matière prise dans la masse et ayant subi un traitement en vue de présenter les propriétés magnétiques requises, par une pièce rapportée, voire par une couche déposée, d'un matériau magnétique adapté. On pourra notamment utiliser tout oxyde de fer connu, ou encore réaliser des dépôts de couches d'alliage de samarium et de cobalt, par exemple.

[0088] On notera que la construction du résonateur selon la présente invention permet son intégration simple dans un calibre horloger existant, en remplacement du résonateur classique à balancier-spiral, sans nécessiter de modification majeure du calibre horloger.

[0089] La description qui précède s'attache à décrire un mode de réalisation particulier à titre d'illustration non limitative et, l'invention n'est pas limitée à la mise en

oeuvre de certaines caractéristiques particulières qui viennent d'être décrites, comme par exemple la forme spécifiquement illustrée et décrite pour le diapason, la roue d'échappement ou les aimants permanents.

[0090] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour adapter le contenu de la présente divulgation à ses propres besoins et mettre en oeuvre un résonateur mécanique différent de celui selon le mode de réalisation décrit ici, mais comprenant un échappement magnétique libre tel que décrit ci-dessus, sans sortir du cadre de la présente invention.

[0091] On notera que si le diapason comprend deux aimants alignés et présentant la même orientation magnétique, la roue d'échappement comporte $2(2n+1)$ aimants permanents pour permettre au diapason de vibrer dans son mode de vibration principal, tandis qu'elle comporte $4n$ aimants permanents si les orientations respectives des deux aimants du diapason sont opposées.

[0092] De manière générale, on notera que l'invention n'est pas limitée au nombre d'aimants portés par le diapason, ni à leurs implantations respectives sur les branches du diapason. Il est en effet possible d'en prévoir un seul, un par branche, voire plus d'un par branche, à n'importe quel niveau de la branche suivant sa direction longitudinale tant que l'amplitude correspondante des vibrations est suffisante, sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Résonateur magnétique, pour pièce d'horlogerie, comportant
un oscillateur (1) de type diapason présentant des première et seconde branches (2, 3) agencées sensiblement en forme de U, au moins l'une desdites branches portant au moins un premier aimant (4, 5) permanent définissant un premier champ magnétique,
une roue d'échappement (6), destinée à être agencée en prise avec un premier mobile d'un rouage de finissage pour lui permettre d'être entraînée à partir d'une source d'énergie de la pièce d'horlogerie et, située à portée dudit premier aimant permanent pour subir l'influence dudit premier champ magnétique,
caractérisé en ce que ladite roue d'échappement (6) est libre et porte au moins deux aimants permanents (61 à 66), préférablement au moins quatre, agencés de telle manière que les vibrations de ladite branche dudit diapason (1), d'une part, commandent la vitesse de rotation de ladite roue d'échappement et, d'autre part, sont entretenues périodiquement par l'interaction magnétique entre ledit premier aimant permanent (4, 5) dudit diapason et lesdits aimants permanents (61 à 66) de ladite roue d'échappement, pour définir un échappement libre.
2. Résonateur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite roue d'échappement (6) porte $2n$

aimants permanents (61 à 66), n étant au moins égal à 1, préférablement inférieur ou égal à quarante.

3. Résonateur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits aimants permanents (61 à 66) sont régulièrement répartis à proximité de la périphérie de ladite roue d'échappement (6). 5
4. Résonateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** deux aimants permanents adjacents (61 à 66) de ladite roue d'échappement (6) sont agencés relativement l'un à l'autre pour présenter audit premier aimant (4, 5) dudit diapason (1), lorsque ladite roue d'échappement tourne, des polarités respectives inversées lorsqu'ils sont situés en regard de celui-ci. 10 15
5. Résonateur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** ladite roue d'échappement (6) est agencée entre lesdites branches (2, 3) dudit diapason (1). 20
6. Résonateur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'autre desdites branches (2, 3) porte un second aimant permanent (4, 5) définissant un second champ magnétique et, **en ce que** lesdits aimants (61 à 66) de ladite roue d'échappement (6) sont agencés sur cette dernière de telle manière qu'ils sont diamétralement opposés deux à deux en présentant des orientations magnétiques telles qu'ils présentent des interactions de même nature avec lesdits aimants (4, 5) dudit diapason (1). 25 30
7. Résonateur selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** lesdits aimants (4, 5) dudit diapason (1) sont sensiblement diamétralement opposés l'un par rapport à l'autre, en référence à ladite roue d'échappement (6). 35
8. Résonateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdits aimants permanents (4, 5) dudit diapason (1) sont disposés à proximité de l'extrémité de ladite branche (2, 3) correspondante. 40 45
9. Mouvement horloger pour pièce d'horlogerie mécanique comportant un résonateur selon l'une quelconque des revendications précédentes.
10. Pièce d'horlogerie mécanique comportant un mouvement horloger selon la revendication 9. 50

55

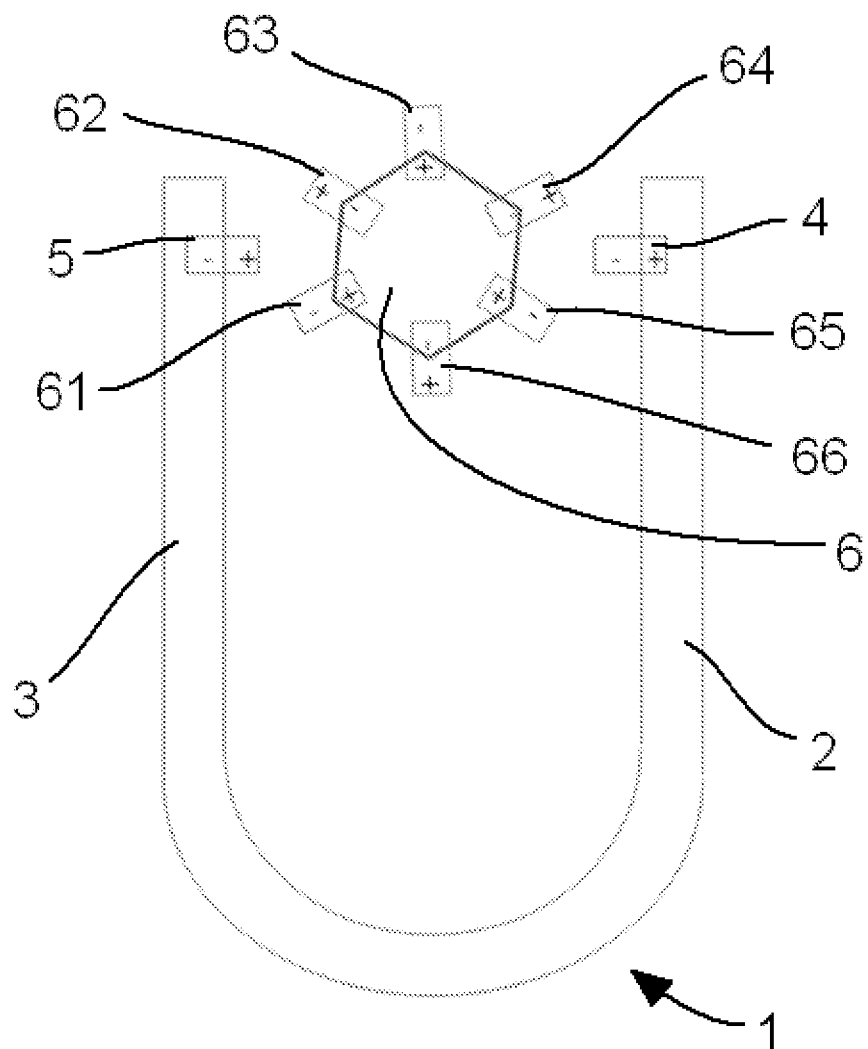


Fig. 1

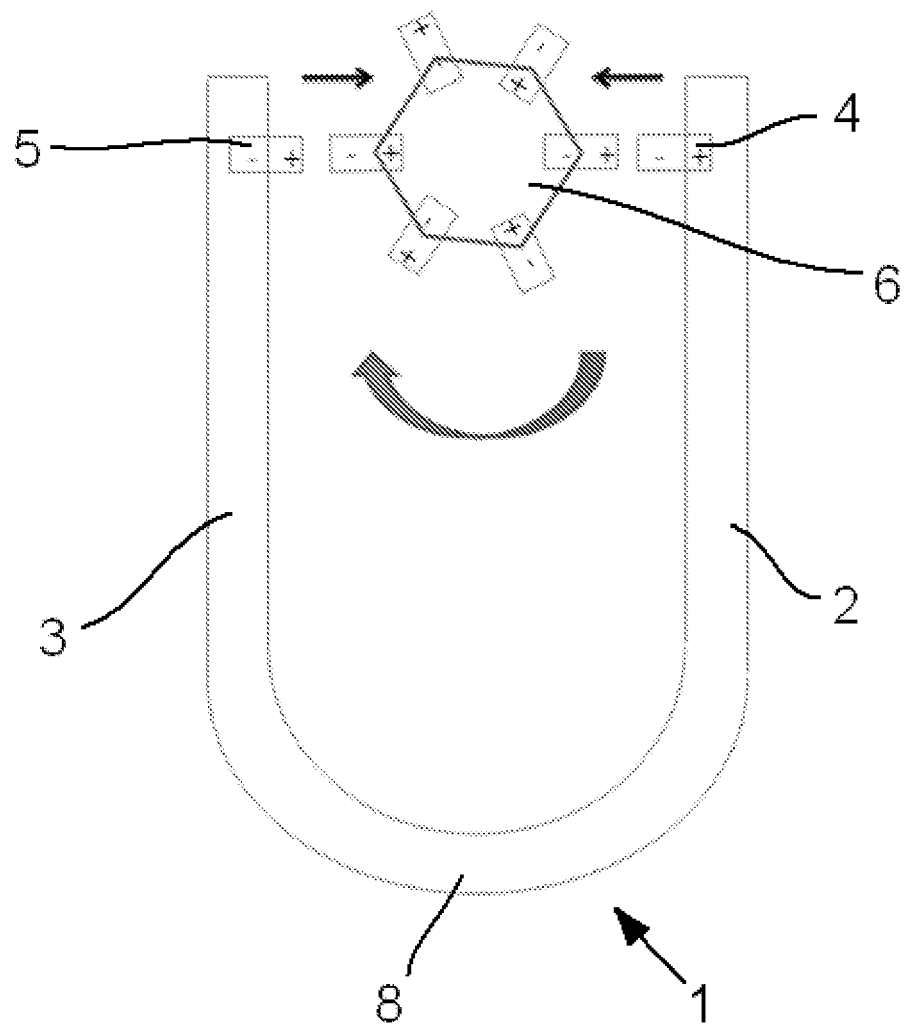


Fig. 2

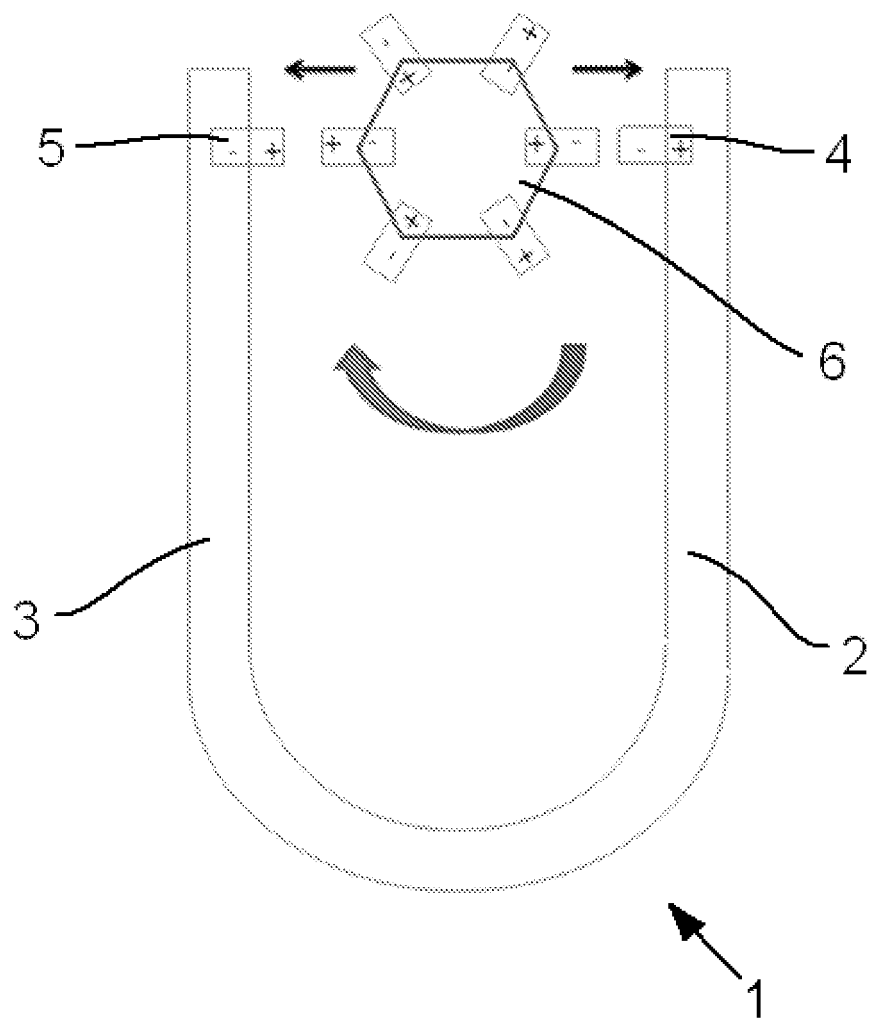


Fig. 3

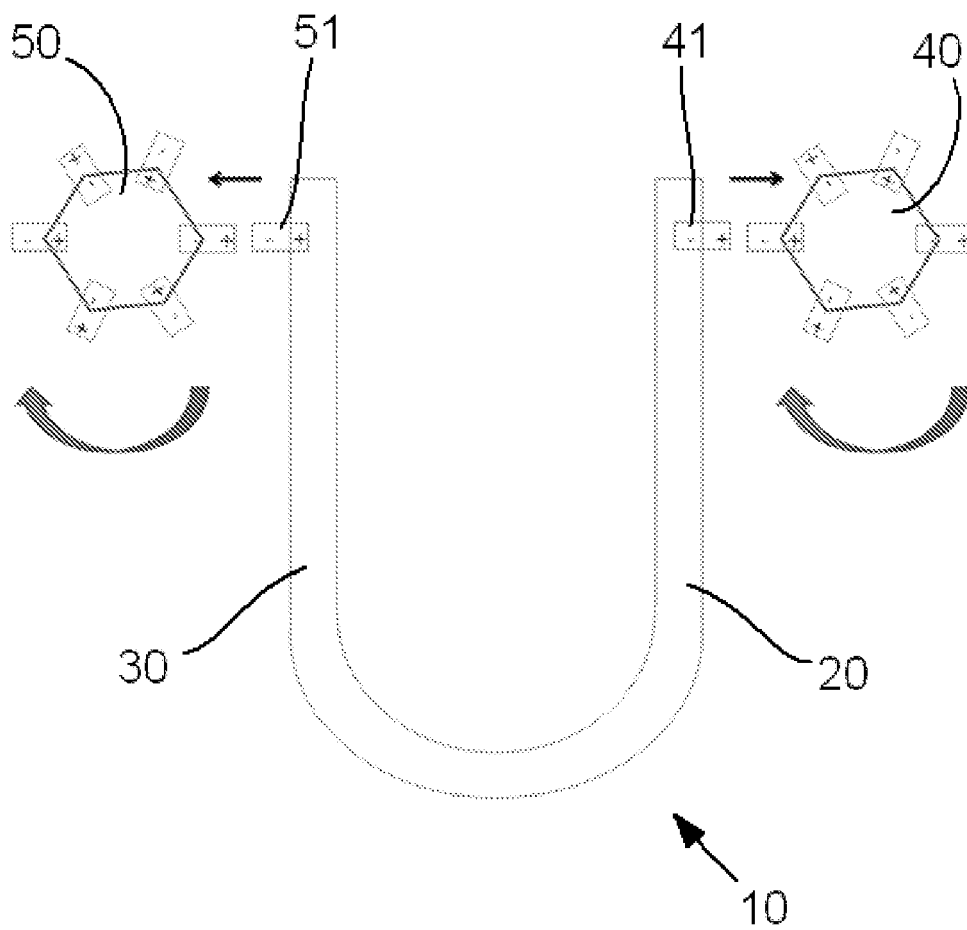


Fig. 4

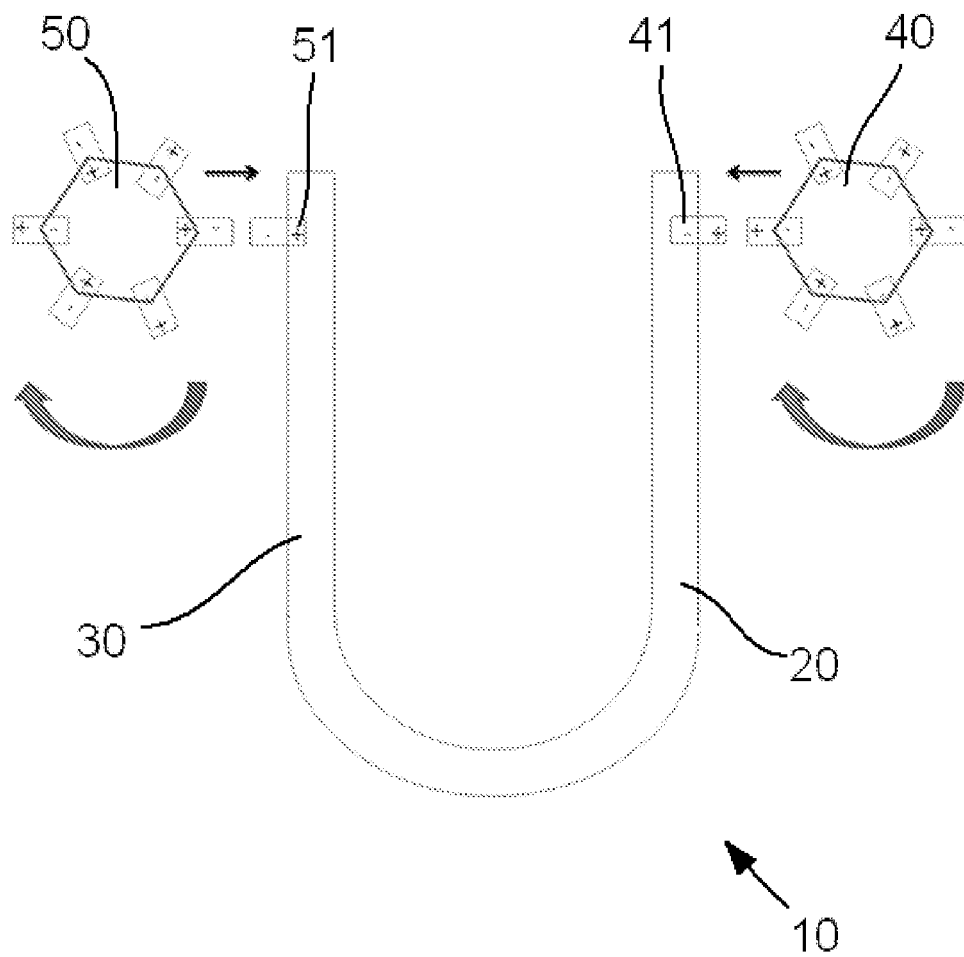


Fig. 5

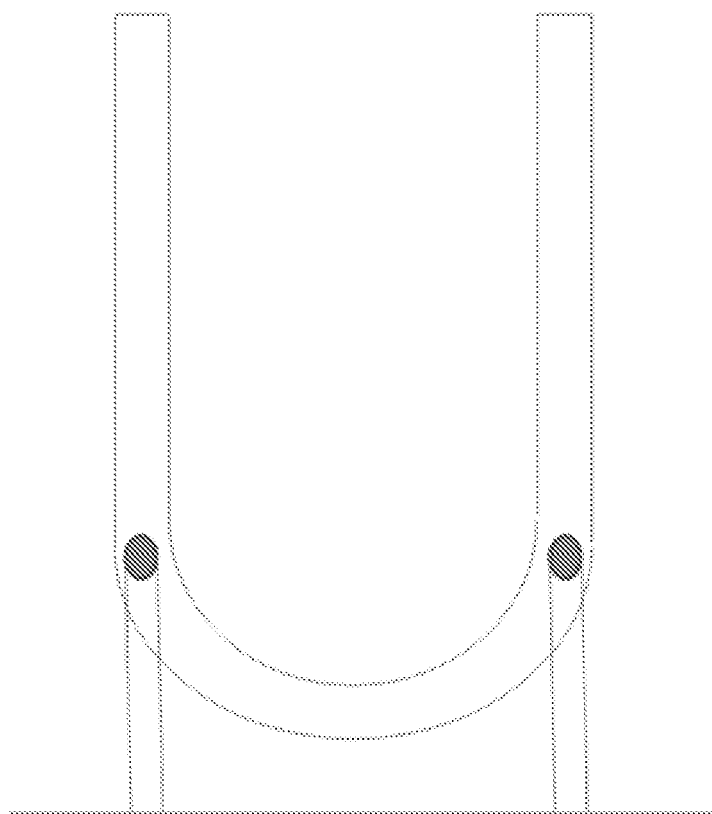


Fig. 6

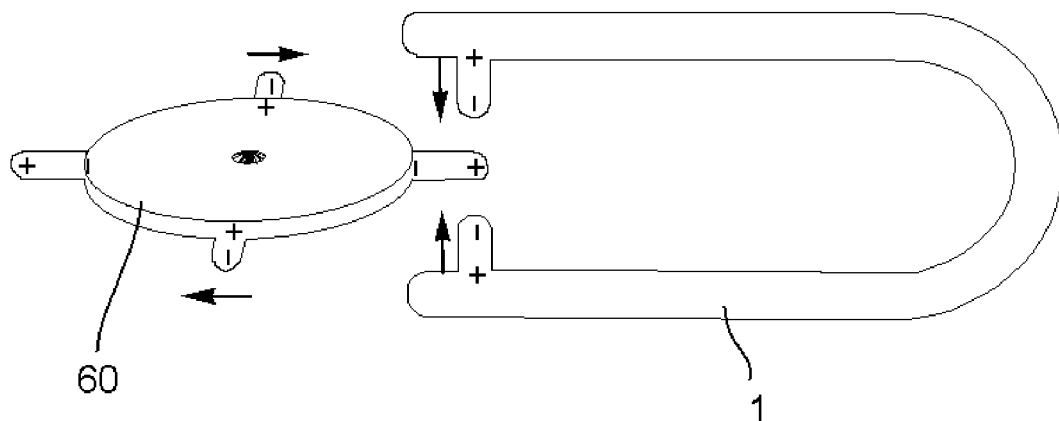


Fig. 7a

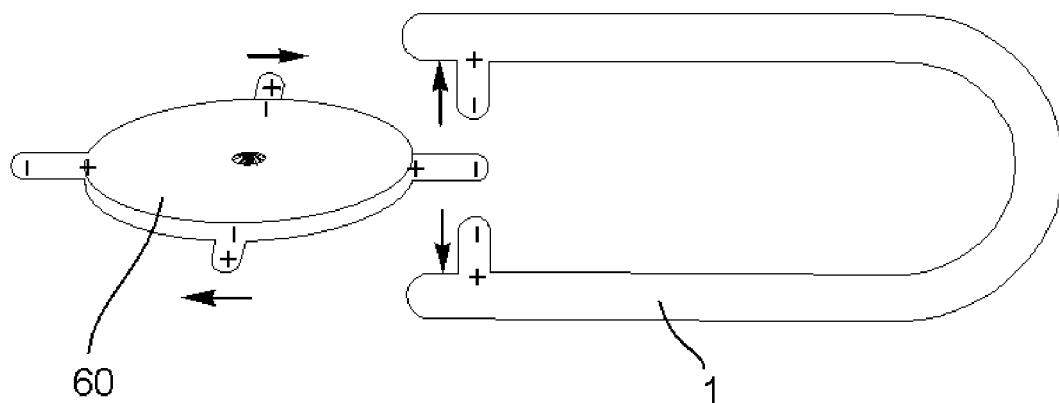


Fig. 7b

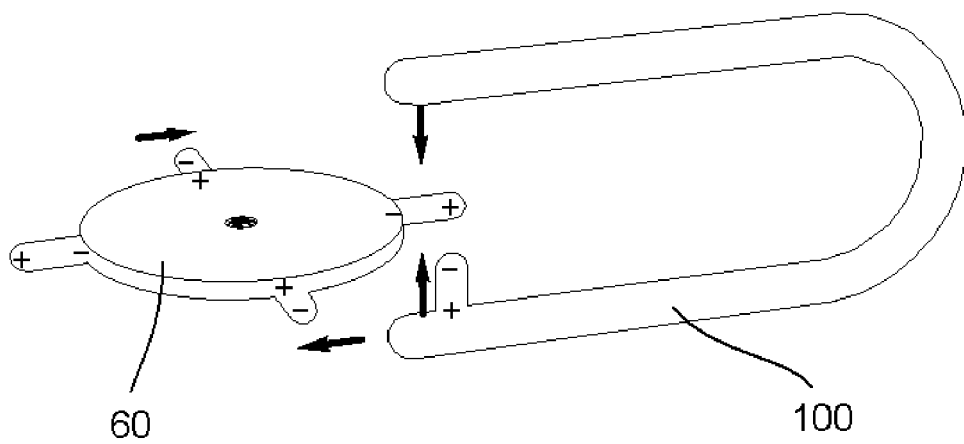


Fig. 8a

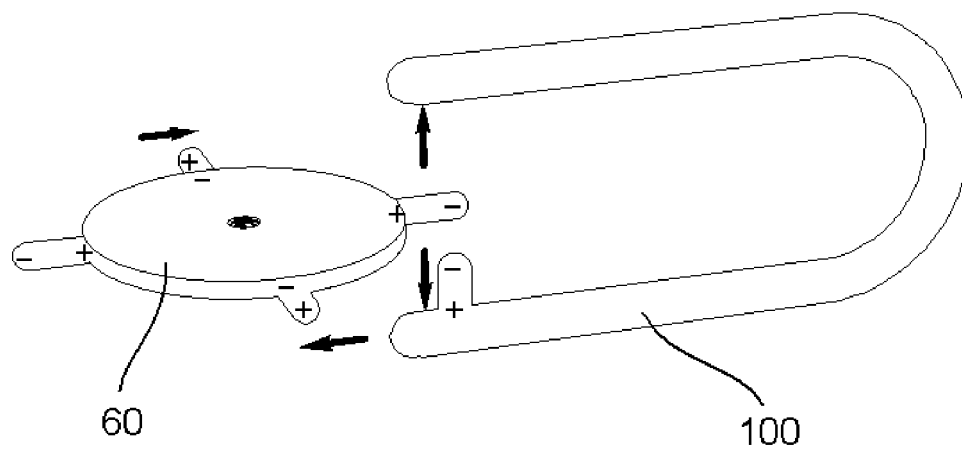


Fig. 8b



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 19 5101

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 3 132 522 A (SAMUEL GOLDFARB) 12 mai 1964 (1964-05-12) * colonne 2, ligne 5 - colonne 3, ligne 41 * * figures 1-5 * -----	1-10	INV. G04C5/00
A	FR 1 351 427 A (NIHON DENKI TOKEI KABUSHIKI KA) 7 février 1964 (1964-02-07) * page 3, colonne gauche, lignes 15-51 * * figures 2,3 * * page 3, colonne gauche, lignes 14-33 * * figures 4-7 * -----	1-10	
A	US 2 373 429 A (REINHARD STRAUMANN) 10 avril 1945 (1945-04-10) * figures 1,2 * * page 1, colonne gauche, ligne 31 à colonne droite, ligne 20 * * page 1, colonne droite, lignes 53-55 * -----	1-10	
A	US 3 410 083 A (KORR ABRAHAM L) 12 novembre 1968 (1968-11-12) * colonne 2, ligne 40 - colonne 4, ligne 12 * * figure unique * -----	1-10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04C
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		21 juin 2011	Pirozzi, Giuseppe
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 19 5101

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-06-2011

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3132522	A	12-05-1964	AUCUN	
FR 1351427	A	07-02-1964	AUCUN	
US 2373429	A	10-04-1945	AUCUN	
US 3410083	A	12-11-1968	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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 2971323 A [0009]
- CH 594201 [0011]
- US 3208287 A [0013]
- GB 660581 A [0016]
- GB 838430 A [0016]
- US 2571085 A [0016]