



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.04.2014 Bulletin 2014/18

(51) Int Cl.:
G04B 5/22 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12190043.5**

(22) Date de dépôt: **25.10.2012**

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

(72) Inventeur: **Perreux, Dominique**
25480 Pirey (FR)

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

(71) Demandeur: **Association Suisse pour la Recherche Horlogère**
2002 Neuchâtel (CH)

(54) **Mécanisme de remontage pneumatique, en particulier pour une pièce d'horlogerie comportant une source d'énergie mécanique**

(57) Mécanisme pneumatique (1), destiné à produire de l'énergie mécanique, comprenant deux enceintes hermétiques (5, 6) de volumes variables et dont la pression interne peut alternativement croître et décroître en fonction des variations de la température environnante. Chaque enceinte hermétique (5, 6) contient un mélange de réactifs spécifique. Les mélanges de réactifs sont choisis de manière à ce que leurs coefficients $\Delta P/\Delta T$ présentent

une différence entre eux d'au moins 10%. Le mécanisme (1) comprend une connexion mécanique (7), entre les deux enceintes (5, 6), agencée de telle manière que le volume de l'une des enceintes hermétiques diminue lorsque celui de l'autre augmente, et inversement, la connexion mécanique (7) étant par ailleurs reliée à un organe mobile pouvant se déplacer relativement aux variations de volume des enceintes.

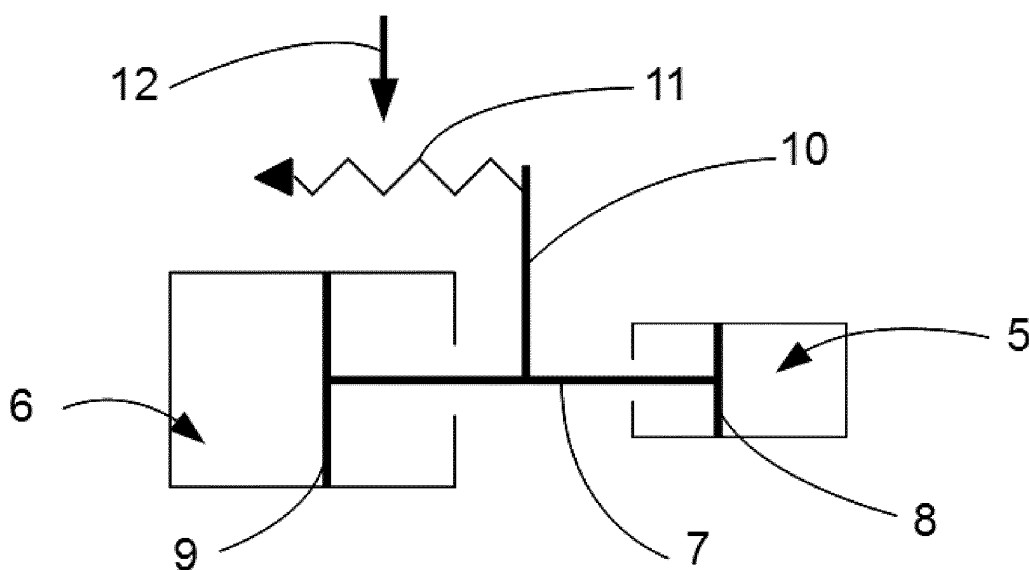


Fig. 3

Description

Domaine technique

- 5 **[0001]** La présente invention concerne un mécanisme pneumatique, préférablement pour pièce d'horlogerie, destiné à produire de l'énergie mécanique, préférablement pour recharger une source d'énergie mécanique de la pièce d'horlogerie, et comportant une première enceinte hermétique de volume variable, dont la pression interne peut alternativement croître et décroître en fonction des variations de la température environnante.
- 10 **[0002]** L'invention concerne également une pièce d'horlogerie comportant un tel mécanisme pneumatique destiné à recharger sa source d'énergie mécanique.

Etat de la technique

- 15 **[0003]** Des pièces d'horlogeries sont déjà connues de l'état de la technique dans lesquelles un composé est amené à changer de phase en fonction de la température environnante. Par exemple, les demandes JP 2003-028049 et JP 2003-120514 divulguent des dispositifs de production d'énergie mécanique à partir des variations de la température ambiante. Elles prévoient notamment d'exploiter des changements de phases de pâtes, composées principalement de paraffines, pour produire de l'énergie mécanique à partir de l'énergie thermique générée par les variations de la température. Des additifs sont listés, qui permettent d'ajuster la température du changement de phase de la pâte en fonction des besoins spécifiques de l'utilisateur, par modification de la composition de base d'une paraffine donnée.

- 20 **[0004]** Pour permettre une réduction de l'encombrement des mécanismes de remontage pneumatique et permettre éventuellement leur implantation dans des pièces d'horlogerie de petite taille, la Demanderesse a développé un dispositif divulgué dans la demande de brevet publiée sous EP 2469350 A1. Cette demande décrit un mécanisme apte à recharger une source d'énergie mécanique, telle qu'un barillet, à partir des déformations d'une enceinte hermétique remplie d'un mélange de réactifs, comprenant un alliage métallique et un composé se présentant au moins partiellement sous la forme d'un gaz dans les conditions d'utilisation du mécanisme. Ce composé réagit avec l'alliage métallique, définissant un équilibre, entre les phases gazeuse et métallique, qui est notamment dépendant de la température. Ainsi, lorsque la température environnante change, la proportion de ce composé se présentant sous forme gazeuse est modifiée, donc la pression dans l'enceinte hermétique aussi, ce qui conduit à une variation de son volume et donc à la production d'un travail exploitable.

- 25 **[0005]** Le choix des réactifs composant le mélange doit prendre en compte la plage d'utilisation en température d'une pièce d'horlogerie et doit générer un travail suffisant dans une plage de pression adaptée à l'introduction du mécanisme dans une pièce d'horlogerie, éventuellement de petite taille telle qu'une montre de poche ou une montre-bracelet.

- 30 **[0006]** Plus précisément, le mélange de réactifs retenu pour la mise en oeuvre de cette invention présente un coefficient $\Delta P/\Delta T$ sensiblement supérieur à 0.01 bar. °C⁻¹ dans des plages de fonctionnement en température, comprise sensiblement entre 0 et 50°C et, en pression, comprise sensiblement entre 1 et 50 bars.

- 35 **[0007]** Grâce à ces caractéristiques, des variations plus importantes du volume de l'enceinte hermétique peuvent être obtenues qu'avec les mécanismes antérieurs.

- 40 **[0008]** Toutefois, une autre contrainte à prendre en compte dans la réalisation de tels mécanismes concerne leur structure mécanique. En effet, pour faciliter, voire pour permettre, une variation inverse du volume de l'enceinte lorsque la température varie en sens inverse, il est préférable de prévoir un contre-ressort agissant sur la partie mobile de l'enceinte. Or, la pression dans l'enceinte étant en principe d'au moins quelques bars, les dimensions d'un tel contre-ressort peuvent être trop importantes pour permettre l'intégration du mécanisme de remontage pneumatique dans une pièce d'horlogerie de type montre bracelet, suivant le mélange de réactifs choisi.

45

Divulcation de l'invention

- [0009]** Un but principal de la présente invention est donc de proposer un mécanisme pneumatique comprenant un contre-ressort dont les dimensions sont suffisamment faibles pour que le mécanisme pneumatique puisse notamment être intégré dans une pièce d'horlogerie telle qu'une pendule ou une montre de poche, pour assurer le remontage d'une source d'énergie mécanique de cette pièce d'horlogerie.

- 50 **[0010]** A cet effet, la présente invention concerne plus particulièrement un mécanisme pneumatique, destiné à produire de l'énergie mécanique à partir de variations de la température environnante, du type mentionné plus haut et dans lequel la première enceinte hermétique contient un premier mélange de réactifs, de coefficient $\Delta P_1/\Delta T$, comprenant un premier alliage métallique agencé au contact d'un gaz et, susceptible de donner lieu à au moins un changement de phase en fonction des variations de la température environnante, caractérisé par le fait qu'il comprend une seconde enceinte hermétique de volume variable dont la pression interne peut alternativement croître et décroître en fonction des variations de la température environnante,
- 55

que la seconde enceinte hermétique contient un second mélange de réactifs, comprenant un second alliage métallique agencé au contact d'un gaz et, susceptible de donner lieu à au moins un changement de phase en fonction des variations de la température environnante,

que le second mélange de réactifs présente par ailleurs un coefficient $\Delta P_2/\Delta T$ dont la valeur est différente d'au moins 10% de celle de $\Delta P_1/\Delta T$,

les première et seconde enceintes hermétiques présentant entre elles une connexion mécanique telle que le volume de l'une des enceintes hermétiques augmente lorsque le volume de l'autre diminue,

la connexion mécanique étant reliée à un organe mobile pouvant se déplacer relativement aux variations de volume des enceintes.

[0011] La seconde enceinte hermétique joue ici le rôle de contre-ressort, et aide la première enceinte à retrouver son état initial lorsque la température varie en sens inverse, tout en garantissant un encombrement moindre qu'avec un ressort métallique classique.

[0012] De manière préférée, le mécanisme pneumatique est destiné à recharger une source d'énergie mécanique d'une pièce d'horlogerie, le premier mélange de réactifs présentant un coefficient $\Delta P_1/\Delta T$ sensiblement supérieur à 0.01 bar.°C⁻¹ dans des plages de fonctionnement en température, comprise sensiblement entre 0 et 50°C et, en pression, comprise sensiblement entre 1 et 50 bars, le coefficient $\Delta P_2/\Delta T$ présentant une valeur différente d'au moins 10% de celle de $\Delta P_1/\Delta T$ dans ces plages de fonctionnement. En outre, l'organe mobile est avantageusement connecté à un mécanisme de conversion de l'énergie susceptible d'être relié à la source d'énergie mécanique.

[0013] Par ailleurs, chacun des premier et second gaz comprend préférablement du dihydrogène ou du dideutérium susceptible de réagir avec l'alliage métallique correspondant pour former un alliage du type hydrure métallique, par changement de phase entre les phases gazeuse et solide.

[0014] Plus particulièrement, chacun des premier et second alliages métalliques répond préférablement à une formulation générale du type AB₅, AB₂ ou encore AB, dans laquelle A est un métal ou un mélange métallique, et B est un métal ou un mélange métallique. A peut avantageusement comporter l'un au moins des éléments choisis dans le groupe comprenant Ce, La, Mn, Nd, Pr, Ti, tandis que B peut avantageusement comporter l'un au moins des éléments choisis dans le groupe comprenant Co, Ni, Sn, Fe, Mn.

[0015] De manière générale, à ces deux éléments A et B principaux on préférera adjoindre des éléments complémentaires en plus faible proportion. Autrement dit, l'un au moins des deux alliages métalliques peut comprendre un troisième métal ou alliage métallique substitué en faible proportion à A ou à B. Par exemple, on pourra choisir pour l'un des deux hydrures une formulation du type TiFe_{0.9}Mn_{0.1}

[0016] A titre d'exemple supplémentaire non limitatif, on peut prévoir que chacun des premier et second alliages métalliques est choisi dans le groupe comprenant (La, Ce)(Ni, Co)₅, (La, Ce)(Ni, Co)_{5+ε}, (La, Ce)(Ni, Sn)_{5+ε}, les deux alliages étant différents l'un de l'autre.

[0017] Grâce à ces caractéristiques, les réactifs préférés garantissent que les variations de pression dans les enceintes hermétiques permettent de fournir un travail suffisant pour recharger la source d'énergie mécanique lorsque la température environnante varie.

[0018] De manière avantageuse, l'écart de valeur prévu entre les coefficients $\Delta P/\Delta T$ respectifs permet à l'une des enceintes de réduire son volume lorsque celui de l'autre enceinte augmente, de manière significative.

[0019] Suivant une variante de réalisation préférée, le coefficient $\Delta P_1/\Delta T$ du mélange de réactifs dans la première enceinte hermétique est sensiblement égal ou supérieur à 0.5 bar.°C⁻¹ dans une plage de fonctionnement préférée, en température, comprise sensiblement entre 15 et 40°C, plus préférablement entre 15 et 35°C, en pression, comprise sensiblement entre 1 et 30 bars, plus préférablement entre 1 et 10 bars.

[0020] De cette manière, le mécanisme pneumatique a des propriétés thermodynamiques adaptées à une utilisation dans le domaine horloger.

[0021] Par ailleurs, l'une au moins ou chacune des enceintes hermétiques peut avantageusement présenter au moins une paroi en forme générale de soufflet déformable en fonction des variations de pression interne dues aux changements de la température environnante.

[0022] Enfin, l'invention concerne une pièce d'horlogerie comportant un mécanisme pneumatique, selon les caractéristiques ci-dessus, agencé pour recharger une source d'énergie mécanique, ainsi qu'un système de conversion d'énergie associé au moins indirectement, d'une part, aux première et seconde enceintes hermétiques et, d'autre part, à la source d'énergie mécanique pour recharger cette dernière à partir des variations de volumes des première et seconde enceintes hermétiques.

Brève description des dessins

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation préférés qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels:

- [0024] - la figure 1 représente un schéma bloc illustrant le principe de la présente invention;
- [0025] - les figures 2a et 2b représentent l'évolution de la pression en fonction de la température pour des couples d'alliages d'hydrures métalliques suivant des variantes de réalisation préférées de la présente invention;
- [0026] - la figure 3 représente une vue de face simplifiée des enceintes hermétiques selon un premier mode de réalisation;
- [0027] - la figure 4 représente une vue de face simplifiée des enceintes hermétiques selon un second mode de réalisation de l'invention;
- [0028] - les figures 5a et 5b représentent des vues en coupe des enceintes hermétiques selon un troisième mode de réalisation de l'invention pour différentes températures;
- [0029] - la figure 6 représente une courbe illustrant la relation entre une caractéristique géométrique particulière du mécanisme pneumatique selon l'invention et la valeur de la variation de température auquel le mécanisme est soumis.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0030] Dans la suite de la description, les mêmes références numériques seront utilisées en relation avec différentes variantes de réalisation pour désigner des éléments de même fonction, dans un souci de simplification de la compréhension.

[0031] La figure 1 illustre le principe général de l'invention à l'aide d'un schéma bloc.

[0032] Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, le mécanisme de remontage pneumatique comporte une source d'énergie primaire 1 permettant de recharger une source d'énergie secondaire 3, par l'intermédiaire d'un mécanisme de conversion 2, la source d'énergie secondaire 3 étant agencée pour alimenter un mouvement horloger 4 en énergie mécanique.

[0033] La source d'énergie primaire 1 comprend une première enceinte hermétique (référence numérique 5, visible sur les figures 3 et 4) présentant un volume susceptible d'alternativement croître et décroître en fonction de variations, dans un sens et dans l'autre, de la température environnante. En effet, la première enceinte hermétique contient un mélange de réactifs, comprenant un alliage métallique agencé au contact d'un gaz et, susceptible de donner lieu à au moins un changement de phase en fonction des variations de la température environnante, ce changement de phase ayant un impact sur la quantité de gaz présent dans la première enceinte hermétique et donc sur la pression interne de cette dernière.

[0034] A titre d'exemple illustratif et non limitatif, le mélange de réactifs placé dans la première enceinte 5 présente un coefficient $\Delta P_1/\Delta T$ sensiblement supérieur à $0.01 \text{ bar} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, préférablement supérieur à $0.5 \text{ bar} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, dans des plages de fonctionnement, en température, comprise sensiblement entre 0 et 50°C et, en pression, comprise sensiblement entre 1 et 50 bars, préférablement entre 1 et 20 bars.

[0035] La source d'énergie primaire 1 comporte également une seconde enceinte hermétique (référence numérique 6 sur les figures 3 et 4) jouant le rôle de contre-ressort. Tout comme la première enceinte hermétique (5), la seconde enceinte hermétique (6) comporte un mélange de réactifs comprenant un alliage métallique et un gaz, le mélange ayant la particularité de subir au moins une transition de phase lorsque la température environnante varie. La transition de phase engendre une modification de la quantité de gaz dans la seconde enceinte, et donc une modification du volume occupé par cette dernière.

[0036] Le mélange de réactifs placé dans la seconde enceinte (6) a des caractéristiques différentes de celles du mélange introduit dans la première enceinte (5). Pour des conditions de température comprise sensiblement entre 0 et 50°C et, de pression comprise sensiblement entre 1 et 50 bars, le coefficient $\Delta P_2/\Delta T$ présente préférablement une valeur différente d'au moins 10% de celle du mélange de réactifs de la première enceinte.

[0037] Cette propriété permet à la seconde enceinte 6 d'être comprimée lorsque la première enceinte 5 se dilate en raison d'une augmentation de la température environnante, si $\Delta P_1/\Delta T$ est supérieur à $\Delta P_2/\Delta T$ ou, d'être dilatée si $\Delta P_2/\Delta T$ est supérieur à $\Delta P_1/\Delta T$.

[0038] Dans la suite de l'exposé, on va considérer le cas où $\Delta P_1/\Delta T$ est supérieur à $\Delta P_2/\Delta T$ pour des raisons de simplification de l'exposé et à titre non limitatif. L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour réaliser un mécanisme selon l'enseignement qui va suivre adapté au cas de figure inverse, c'est-à-dire lorsque $\Delta P_2/\Delta T$ est supérieur à $\Delta P_1/\Delta T$.

[0039] Les figures 2a et 2b présentent à cet effet l'évolution de la pression en fonction de la température, pour deux exemples de deux mélanges de réactifs comprenant chacun un hydrure métallique et du dihydrogène. Dans le premier mélange de réactifs, le MnNi_5 est utilisé dans la première enceinte, et le LaNi_5 dans la seconde, à titre illustratif et non limitatif. Dans le second mélange, le LaNi_5 est remplacé par le $\text{MnNi}_{4.15}\text{Fe}_{0.85}$.

[0040] Pour connaître plus en détail les propriétés de ces hydrures, on pourra avantageusement se reporter à la demande de brevet EP 2469350 A1, dont l'enseignement est incorporé dans la présente demande par référence.

[0041] Du point de vue structurel, dans un premier mode de réalisation préféré, le mécanisme pneumatique est agencé sous forme d'un piston double, tel que celui présenté à la figure 3.

[0042] Plus précisément, celui-ci comprend une première enceinte hermétique 5 présentant la forme générale d'une chambre de piston, de volume V_1 . La première enceinte hermétique 5 est pourvue d'une surface mobile 8 d'aire S_1 et, à l'intérieur, se trouve un premier hydrure sous une pression P_1 .

[0043] Une seconde enceinte hermétique 6, présentant aussi la forme d'une chambre de piston, de volume V_2 , possède également une paroi mobile 9 d'aire S_2 et, contient un autre hydrure sous une pression P_2 .

[0044] Les deux parois 8 et 9 sont liées par une tige 7 rigide. Ainsi, lorsque la température environnante augmente, la quantité de gaz augmente dans les deux enceintes, faisant augmenter leurs pressions internes respectives. Du fait que $\Delta P_1/\Delta T$ est supérieur à $\Delta P_2/\Delta T$, l'augmentation de la pression P_1 dans la première enceinte hermétique 5 est plus rapide que la pression P_2 dans la seconde enceinte et, entraîne une augmentation de son volume V_1 par déplacement de la paroi mobile 8. La tige 7, solidaire de la paroi mobile 8, repousse la paroi mobile 9 en direction de l'intérieur de la seconde enceinte et engendre par conséquent une diminution de son volume V_2 .

[0045] Par ailleurs, la tige 7 est reliée à un mécanisme de conversion de l'énergie 2, comprenant un organe mobile 10 en translation, solidaire de la tige 7. Un cliquet 12, destiné à verrouiller la source d'énergie secondaire 3 dans le sens de sa décharge, est prévu pour éviter qu'elle ne se décharge dans le mécanisme pneumatique lorsque la température environnante diminue.

[0046] On peut par exemple prévoir que la source d'énergie mécanique est un barillet 11, chargé par l'intermédiaire d'un rochet solidaire d'une bonde, elle-même solidaire d'une extrémité interne d'un ressort de barillet, tandis que l'autre extrémité du ressort de barillet est solidaire d'un tambour de barillet engrenant avec un rouage horloger. Ces éléments, bien connus de l'homme du métier, ne sont pas représentés. Dès lors, le mécanisme de conversion de l'énergie peut être associé à un cliquet 12, conventionnel, agencé pour verrouiller le rochet uniquement dans le sens de rotation correspondant à la décharge du ressort de barillet, de manière conventionnelle.

[0047] De manière alternative, un dispositif inverseur peut être inséré dans le mécanisme de conversion, de façon à ce que l'augmentation du volume de la seconde enceinte hermétique 6, lorsque la température diminue, permette également de recharger le ressort de barillet 11.

[0048] Un second mode de réalisation préféré de l'invention est représenté à la figure 4. Ici, la première enceinte hermétique 5 comprend une paroi fixe 13, et au moins une paroi déformable 14, comme par exemple un soufflet, portant une paroi mobile 8. La seconde enceinte hermétique 6 comprend également une paroi fixe 15 et au moins une paroi déformable 16 portant une paroi mobile 9.

[0049] Les parois mobiles 8 et 9 sont solidaires d'une tige 7 reliée à un mécanisme de conversion d'énergie 2, fonctionnant de manière analogue à celui qui vient d'être exposé. Un dispositif inverseur peut également être prévu de manière à ce que la source d'énergie secondaire 3 puisse être rechargée à la fois lorsque la température augmente et lorsqu'elle diminue.

[0050] Lorsque la température augmente, l'augmentation de la quantité de gaz dans la première enceinte 5 occasionne une augmentation du volume V_1 , par déformation de la paroi 14, et déplacement de la paroi mobile 8. Le mouvement de cette dernière entraîne un déplacement de la paroi mobile 9, et une contraction de la paroi 16, de sorte que le volume V_2 de la seconde enceinte hermétique diminue.

[0051] Dans un troisième mode de réalisation présenté aux figures 5a et 5b, le mécanisme pneumatique, également de type piston, est agencé dans un bâti cylindrique 17. A l'intérieur de ce dernier se trouve une première enceinte hermétique 5 présentant la forme générale d'une couronne, et comprenant une paroi 19 mobile annulaire dont la coupe en section est en forme de U, ainsi qu'une paroi 20 fixe, de forme annulaire et solidaire du bâti 17.

[0052] Le bâti 17 comprend également une seconde enceinte hermétique 6, de forme cylindrique, et agencée à l'intérieur de la première enceinte 5 en étant coaxiale à cette dernière. Tout comme la première enceinte 5, la seconde enceinte 6 est délimitée par une paroi mobile 22 en forme de cylindre ouvert, à l'intérieur duquel est agencée une paroi 23 fixe, en forme de disque et solidaire du bâti 17.

[0053] Les deux parois mobiles 19 et 22 sont reliées par quatre courroies 24 guidées par des poulies 25 avec lesquelles les courroies coopèrent sans glissement.

[0054] A une première température prédéfinie, le mécanisme pneumatique se trouve dans la configuration visible sur la figure 5a. Le volume V_1 de l'enceinte hermétique 5 est minimal, et le volume V_2 de l'enceinte hermétique 6 est maximal.

[0055] Lorsque la température environnante augmente, la pression dans la première enceinte 5 augmente plus rapidement que celle de la seconde enceinte 6. En conséquence, le volume V_1 de l'enceinte hermétique 5 augmente et génère un couple sur le système poulies-courroies, de sorte que le volume V_2 de l'enceinte hermétique 6 diminue.

[0056] Tout comme dans les modes de réalisation précédents, le bâti 17 est relié à un mécanisme de conversion de l'énergie 2 (non représenté), afin de transmettre une partie de l'énergie générée par l'augmentation du volume V_1 de l'enceinte hermétique 5 à la source d'énergie secondaire 3, en vue de son rechargement. De manière avantageuse, les mouvements internes du mécanisme pneumatique peuvent être exploités à partir de la rotation des axes de poulies lors des variations de la température environnante.

[0057] Alternativement, un dispositif inverseur peut également être prévu de manière à ce que la source d'énergie secondaire 3 se recharge lorsque le volume V_2 de l'enceinte hermétique 6 augmente, c'est-à-dire lorsque la température

environnante diminue.

[0058] Quel que soit le mode de réalisation retenu pour le contre-ressort, la seconde enceinte 6 doit réussir à fournir un travail suffisant, pour replacer la première enceinte 5 dans sa configuration initiale lorsque la température environnante diminue.

[0059] Aussi, la Demanderesse a examiné quels sont les paramètres pertinents à prendre en compte pour un bon fonctionnement du mécanisme pneumatique selon l'invention.

[0060] Du point de vue thermodynamique, le travail fourni par la seconde enceinte à la première enceinte peut s'exprimer comme suit :

$$W_{2 \rightarrow 1} = \int_{x(T)}^{x_0} P_2(T) S_2 dx \quad (1)$$

où dx est un déplacement élémentaire de la surface d'aire S_2 selon un axe orthogonal à la surface ;
 x_0 est la position d'équilibre de la paroi mobile de la première enceinte, lorsque la température est égale à une température de référence

T_0 , par exemple $T_0 = 18^\circ\text{C}$ pour correspondre sensiblement à la température ambiante ;

et $x(T)$ est la position de la paroi mobile de la première enceinte hermétique à une température quelconque T .

Etant donné que la pression interne P_2 varie peu en fonction de la température, et que la paroi déformable ne peut se déplacer que sur une distance limitée, il est important que l'aire S_2 soit suffisamment grande pour que la force exercée sur la paroi mobile de la première enceinte soit suffisante.

Les travaux de la Demanderesse ont donc notamment consisté à établir une relation entre l'aire de la paroi déformable de la seconde enceinte hermétique, et les autres paramètres pertinents du dispositif.

A l'état d'équilibre, le mécanisme pneumatique obéit à la relation :

$$(P_1(T_0) - P_a)S_1 = (P_2(T_0) - P_a)S_2 \quad (2)$$

où P_a est la pression atmosphérique.

Il s'agit ici d'un équilibre thermodynamique, qui s'établit entre les deux enceintes hermétiques, où les hydrures qu'elles contiennent ont une pression interne P_i qui peut s'écrire :

$$P_i(T_0) = P_0 \exp\left[\frac{\Delta H_{hyd,i}}{RT_0} - \frac{\Delta S_{hyd,i}}{R}\right] \text{ avec } i=1,2 \quad (3)$$

où $\Delta H_{hyd,i}$ représente l'enthalpie de formation de l'hydrure présent dans la première enceinte (respectivement dans la seconde enceinte) ;

$\Delta S_{hyd,i}$ représente l'entropie de formation de l'hydrure présent dans la première enceinte (respectivement dans la seconde enceinte) ;

P_0 est une pression de référence, par exemple $P_0 = 1 \text{ bar}$;

et R représente la constante des gaz parfaits.

Lorsque la température environnante varie, les enceintes hermétiques exercent une force F sur la source d'énergie mécanique grâce à leurs variations de volume. Celle-ci s'exprime sous la forme :

$$F(T) = S_1 P_1(T) - S_2 P_2(T) - P_a(S_1 - S_2) \quad (4)$$

C'est le travail relatif à cette force F qui permet de recharger la source d'énergie mécanique.

Les équations (2) et (4) permettent de déduire l'expression de l'aire S_2 :

$$S_2 = \left| \frac{F(T)(P_1(T_0) - P_a)}{(P_2(T_0) - P_a)(P_1(T) - P_a) - (P_2(T) - P_a)(P_1(T_0) - P_a)} \right| \quad (5)$$

[0068] Notons que la valeur absolue vient du fait que la force peut être positive ou négative suivant que la température est inférieure ou supérieure à T_0 .

[0069] La source d'énergie secondaire 3, qui est par exemple un barillet, exerce une force qui s'oppose à celle du mécanisme pneumatique. Celle-ci peut s'exprimer de la manière suivante :

$$F_b(T) = -K_b d(T) \quad (6)$$

où K_b est la raideur du ressort de barillet ;

$d(T) = x(T) - x_0$ est le déplacement relatif de la paroi mobile de la première enceinte hermétique.

[0070] Lorsque le système a atteint un équilibre mécanique, les forces $F(T)$ et $F_b(T)$ s'opposent exactement, de sorte que le travail fourni au barillet par le mécanisme pneumatique peut donc s'écrire :

$$W_{1+2 \rightarrow b}(T) = \frac{F_b^2(T)}{2K_b} = \frac{K_b d^2(T)}{2} \quad (7)$$

[0071] Ces deux dernières équations permettent de déduire l'expression de la force $F(T)$:

$$F(T) = \frac{2W_{1+2 \rightarrow b}(T)}{d(T)} \quad (8)$$

[0072] Finalement, la surface S_2 s'écrit :

$$S_2 = \left| \frac{2W_{1+2 \rightarrow b}(T)(P_1(T_0) - P_a)}{d(T)(P_2(T_0) - P_a)(P_1(T) - P_a) - d(T)(P_2(T) - P_a)(P_1(T_0) - P_a)} \right| \quad (9)$$

[0073] L'équation (9) montre que l'aire S_2 nécessaire au bon fonctionnement du mécanisme pneumatique dépend de la température environnante, mais aussi du travail fourni par le mécanisme pneumatique à la source d'énergie mécanique, ainsi que du déplacement relatif de la paroi mobile de la première enceinte hermétique.

[0074] La Demanderesse a donc déterminé l'évolution de l'aire S_2 en fonction de la température environnante, en utilisant des valeurs pertinentes de $W_{1+2 \rightarrow b}$ et d , et en employant différents mélanges de réactifs, de manière à ce que le dispositif puisse être inséré dans une pièce d'horlogerie de petite taille, comme une montre bracelet.

[0075] A titre d'exemple illustratif non limitatif, pour recharger une pièce d'horlogerie de ce type, on admet que l'énergie nécessaire est de l'ordre de 0.2 J/jour. Cela correspond globalement à un ressort de barillet délivrant un couple de 8 N.mm faisant quatre tours par jour.

[0076] On considère par ailleurs que la paroi mobile de la première enceinte hermétique peut avoir un déplacement maximum de 10 mm, par exemple, afin d'avoir des conditions acceptables d'un point de vue de l'encombrement du mécanisme.

[0077] Dans ces conditions, et pour les modes de réalisation exposés aux figures 3 et 4, ainsi que pour les mélanges de réactifs présentés à la figure 2a, l'aire S_2 connaît une évolution en fonction de la température telle que celle présentée sur la figure 6. On notera que dans cette représentation, $\Delta T = T - T_0$, où $T_0 = 18^\circ\text{C}$.

[0078] Pour une augmentation de la température de l'ordre de 10°C , qui correspond donc à une température environnante de 28°C , soit celle d'une montre de poche ou d'une montre portée, on remarque que l'aire S_2 doit être de l'ordre de 700 mm^2 . Cette aire correspond à un disque d'environ 15 mm de rayon, et rend l'introduction du mécanisme pneumatique possible dans une pièce d'horlogerie de petite taille.

[0079] La Demanderesse a effectué les mêmes calculs pour le mode de réalisation présenté aux figures 5a et 5b, et pour les mélanges de réactifs présentés à la figure 2b. Il en ressort que pour une augmentation de la température de 10°C par rapport à la température initiale, l'aire S_2 nécessaire, pour que le travail fourni par la seconde enceinte hermétique 6 à la seconde enceinte hermétique 5 soit suffisant, est de l'ordre de 450 mm², ce qui correspond à une enceinte de 12 mm de rayon.

[0080] Il ressort de ce qui précède que le mécanisme pneumatique comportant un contre-ressort comprenant une enceinte hermétique contenant un alliage d'hydrure métallique selon la présente invention présente un encombrement réduit, le rendant particulièrement adapté pour des pièces d'horlogerie de petites tailles, comme des montres bracelet par exemple.

[0081] La description qui précède s'attache à décrire des modes de réalisation particuliers à titre d'illustrations non limitatives et, l'invention n'est pas limitée à la mise en oeuvre de certaines caractéristiques particulières qui viennent d'être décrites, comme par exemple les composés chimiques mentionnés, ou les modes de réalisation présentés.

[0082] D'autres réactifs peuvent répondre aux conditions posées et être mis en oeuvre dans un mécanisme pneumatique de remontage de la source d'énergie mécanique d'une pièce d'horlogerie, sans sortir du cadre de la présente invention. Il est envisageable d'utiliser d'autres alliages métalliques tant qu'un changement de phase est impliqué dans le fonctionnement du mécanisme pneumatique pour présenter des valeurs suffisantes des coefficients $\Delta P/\Delta T$ respectifs, avec un écart d'au moins 10% entre eux.

[0083] Par ailleurs, l'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour adapter les différents modes de réalisation présentés en fonction de ses propres besoins, et mettre en oeuvre un mécanisme de remontage pneumatique répondant en partie aux caractéristiques qui viennent d'être exposées, sans sortir du cadre de la présente invention.

[0084] En particulier, on notera que les plages de valeurs proposées pour les paramètres pertinents sont relativement larges, notamment du fait que les conditions à respecter diffèrent sensiblement selon les dimensions de la pièce d'horlogerie à réaliser.

Revendications

1. Mécanisme pneumatique (1), destiné à produire de l'énergie mécanique à partir de variations de la température environnante, comportant une première enceinte hermétique (5) de volume variable, dont la pression interne peut alternativement croître et décroître en fonction des variations de la température environnante, ladite première enceinte hermétique (5) contenant un premier mélange de réactifs, de coefficient $\Delta P_1/\Delta T$, comprenant un premier alliage métallique agencé au contact d'un premier gaz et, susceptible de donner lieu à au moins un changement de phase en fonction des variations de la température environnante, **caractérisé en ce que** le mécanisme pneumatique (1) comprend une seconde enceinte hermétique (6) de volume variable, dont la pression interne peut alternativement croître et décroître en fonction des variations de la température environnante, ladite seconde enceinte hermétique (6) contenant un second mélange de réactifs, comprenant un second alliage métallique agencé au contact d'un second gaz et, susceptible de donner lieu à au moins un changement de phase en fonction des variations de la température environnante, ledit second mélange de réactifs présentant un coefficient $\Delta P_2/\Delta T$ dont la valeur est différente d'au moins 10% de celle de $\Delta P_1/\Delta T$, lesdites première et seconde enceintes hermétiques présentant entre elles une connexion mécanique (7) telle que le volume de l'une desdites enceintes hermétiques augmente lorsque le volume de l'autre diminue, ladite connexion mécanique (7) étant reliée à un organe mobile pouvant se déplacer relativement aux variations de volume desdites enceintes.
2. Mécanisme pneumatique (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est destiné à recharger une source d'énergie mécanique (3) d'une pièce d'horlogerie, **en ce que** ledit premier mélange de réactifs présente un coefficient $\Delta P_1/\Delta T$ sensiblement supérieur à 0.01 bar.°C⁻¹ dans des plages de fonctionnement, en température, comprise sensiblement entre 0 et 50°C et, en pression, comprise sensiblement entre 1 et 50 bars, ledit coefficient $\Delta P_2/\Delta T$ présentant une valeur différente d'au moins 10% de celle de $\Delta P_1/\Delta T$ dans lesdites plages de fonctionnement, et **en ce que** ledit organe mobile est connecté à un mécanisme de conversion (2) de l'énergie susceptible d'être relié à ladite source d'énergie mécanique (3).
3. Mécanisme (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** chacun desdits premier et second gaz comprend du dihydrogène ou du dideutérium susceptible de réagir avec ledit alliage métallique correspondant pour former un

alliage du type hydrure métallique, par changement de phase entre les phases gazeuse et solide.

4. Mécanisme (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** chacun desdits premier et second alliages métalliques répond à une formulation générale du type AB_5 , AB_2 ou AB , dans laquelle A est un métal ou un mélange métallique et B est un métal ou un mélange métallique.
5. Mécanisme (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** A comporte l'un au moins des éléments choisis dans le groupe comprenant Ce, La, Mn, Nd, Pr, Ti.
6. Mécanisme (1) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** B comporte l'un au moins des éléments choisis dans le groupe comprenant Co, Ni, Sn, Fe, Mn.
7. Mécanisme (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce qu'**au moins l'un desdits premier et second alliages métalliques comprend un troisième métal ou alliage métallique substitué en faible proportion à A ou à B.
8. Mécanisme (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit coefficient $\Delta P_1/\Delta T$ dudit premier mélange de réactifs dans ladite première enceinte hermétique (5) est sensiblement égal ou supérieur à $0.5 \text{ bar} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ dans une plage de fonctionnement préférée, en température, comprise sensiblement entre 15 et 40°C , plus préférablement entre 15 et 35°C .
9. Mécanisme (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit coefficient $\Delta P_1/\Delta T$ dudit premier mélange de réactifs dans ladite première enceinte hermétique (5) est sensiblement égal ou supérieur à $0.5 \text{ bar} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ dans une plage de fonctionnement préférée, en pression, comprise sensiblement entre 1 et 30 bars, plus préférablement entre 1 et 10 bars.
10. Mécanisme (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une paroi (14, 16) de chacune desdites enceintes hermétiques (5, 6) présente la forme générale d'un soufflet déformable en fonction des variations de pression interne dues aux changements de la température environnante.
11. Pièce d'horlogerie comportant un mécanisme pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour recharger une source d'énergie mécanique (3), **caractérisée en ce qu'**elle comporte un système de conversion d'énergie (2) associé au moins indirectement, d'une part, auxdites première et seconde enceintes hermétiques (5, 6) et, d'autre part, à ladite source d'énergie mécanique (3) pour recharger cette dernière à partir des variations de volumes desdites première et seconde enceintes hermétiques (5, 6).

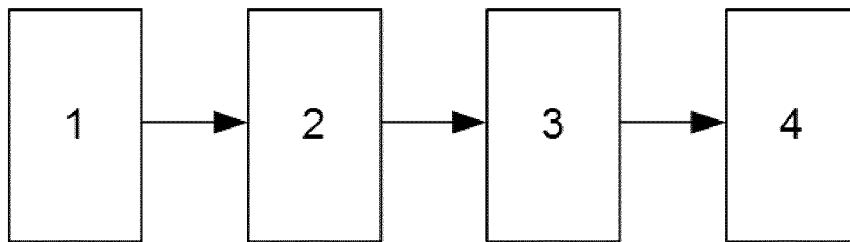


Fig. 1

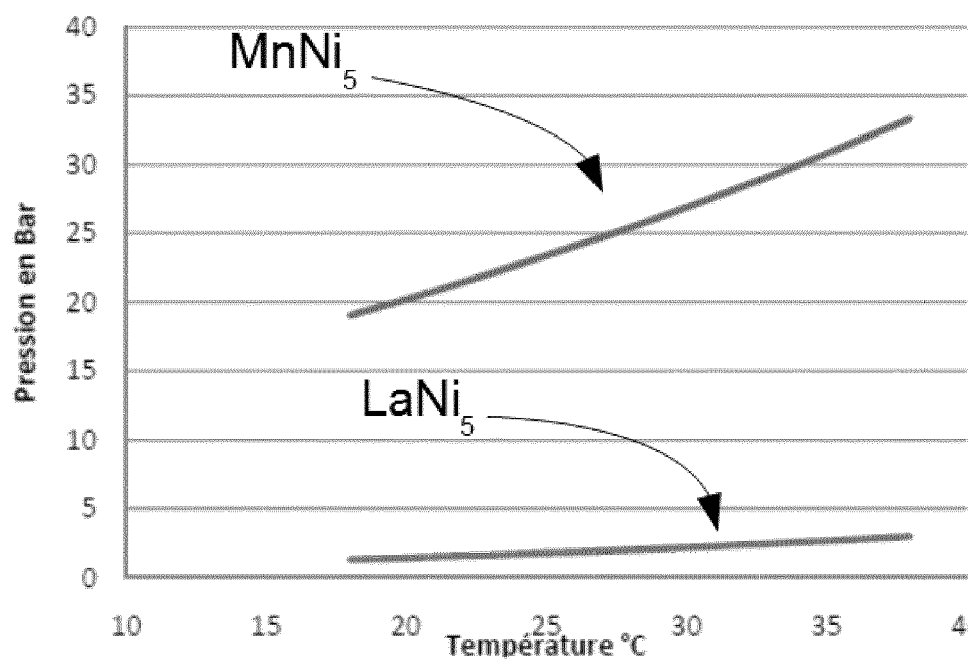


Fig. 2a

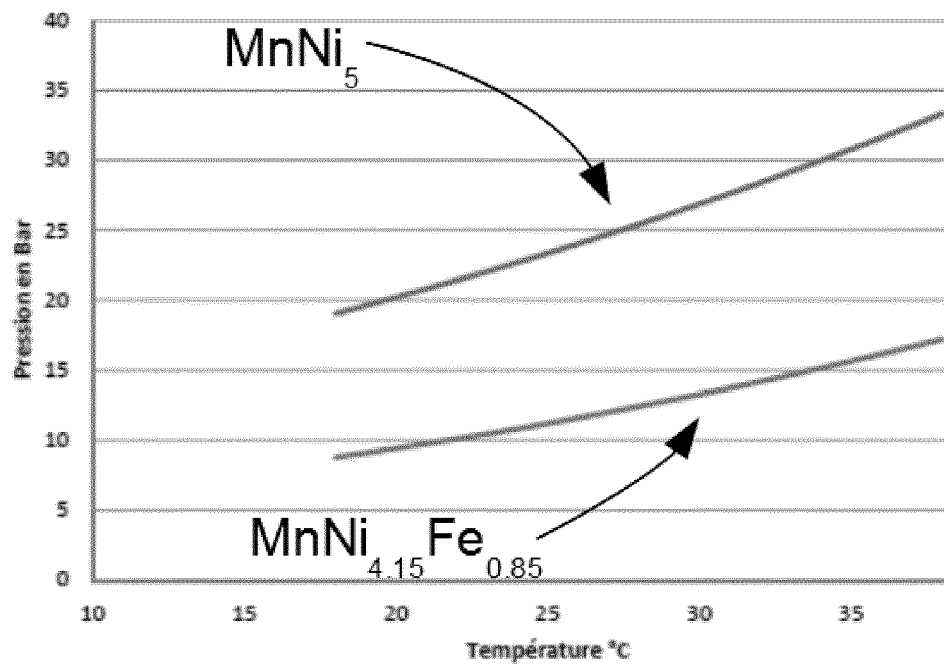


Fig. 2b

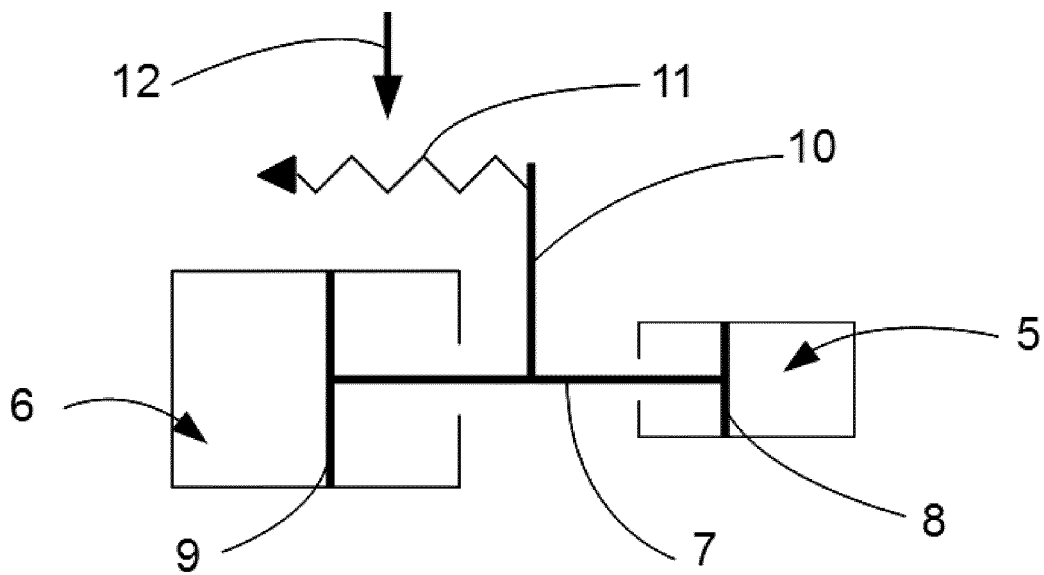


Fig. 3

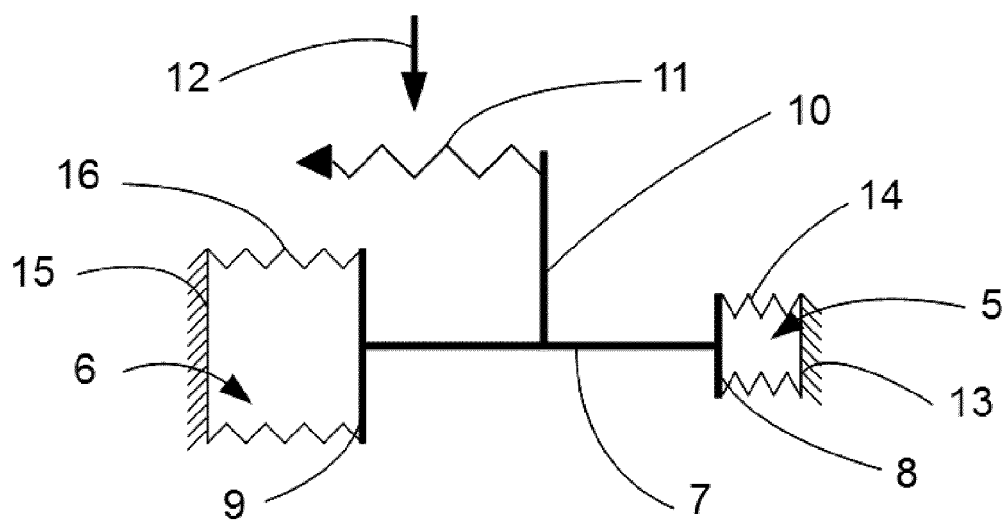


Fig. 4

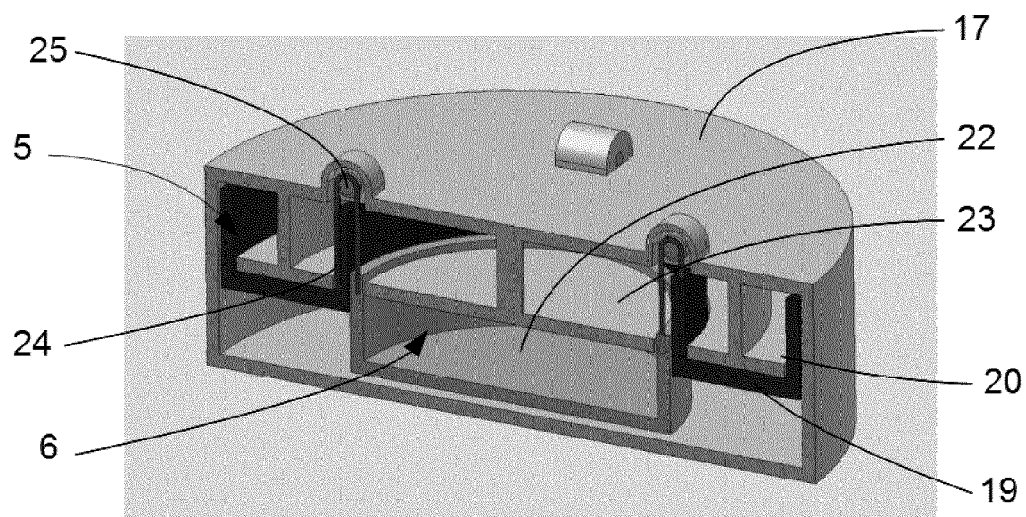


Fig. 5a

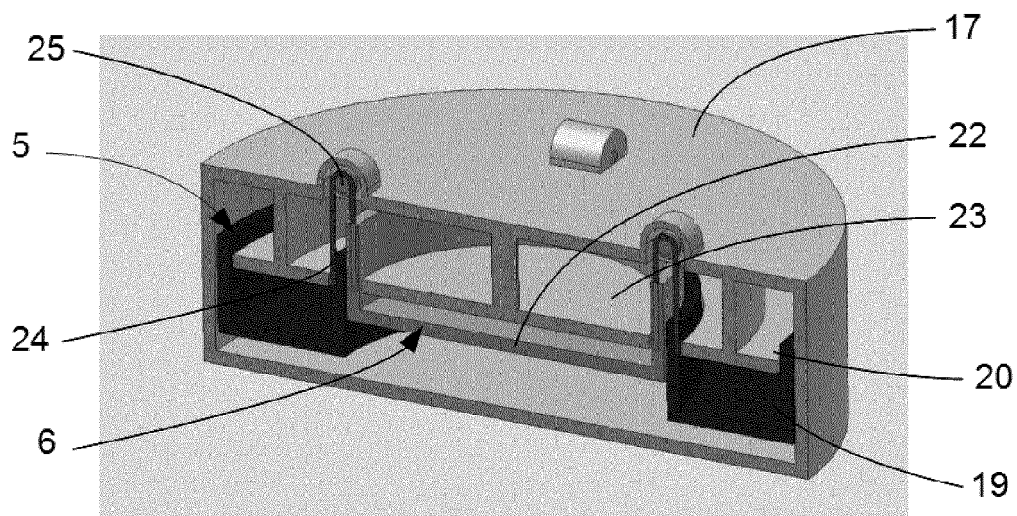


Fig. 5b

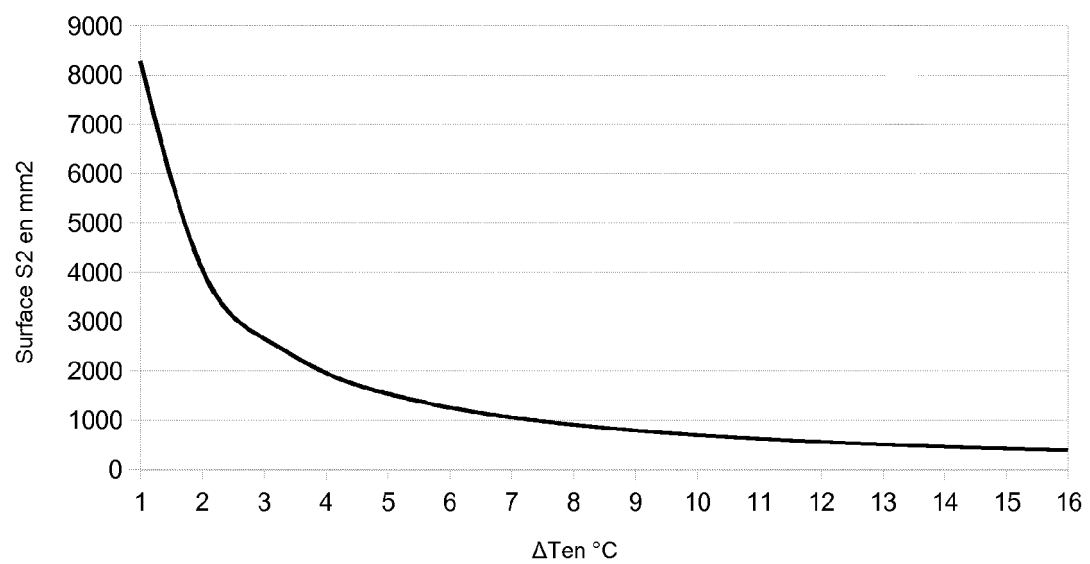


Fig. 6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 19 0043

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,D	EP 2 469 350 A1 (ASS SUISSE POUR LA RECH HORLOGERE [CH]) 27 juin 2012 (2012-06-27) * le document en entier * -----	1-11	INV. G04B5/22
A,D	JP 2003 028049 A (SEIKO EPSON CORP) 29 janvier 2003 (2003-01-29) * alinéa [0032] * -----	1	
A,D	JP 2003 120514 A (SEIKO EPSON CORP) 23 avril 2003 (2003-04-23) * le document en entier * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B F03G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 27 mars 2013	Examineur Lupo, Angelo
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			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 12 19 0043

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.

27-03-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2469350	A1	27-06-2012	EP 2469350 A1	27-06-2012
			WO 2012084700 A1	28-06-2012

JP 2003028049	A	29-01-2003	AUCUN	

JP 2003120514	A	23-04-2003	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

- JP 2003028049 A [0003]
- JP 2003120514 A [0003]
- EP 2469350 A1 [0004] [0040]