



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
28.06.2023 Bulletin 2023/26

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/20 (2006.01) G04D 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21216225.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/20; G04D 7/007

(22) Date de dépôt: **21.12.2021**

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Omega SA**
2502 Bienne (CH)

(72) Inventeur: **TESTORI, Léonard**
2502 Bienne (CH)

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

(54) **COMPENSATION DE LA VARIATION DE MARCHE DANS UNE MONTRE**

(57) Un aspect de l'invention concerne un procédé de compensation de la marche en fonction de la température d'une montre (1) dont la boîte (2) étanche contient un mouvement (3) avec un oscillateur (4), dans un volume interne V occupé par n moles d'un gaz de constante R, où on détermine le coefficient de pression Cp et le coefficient d'humidité Ch du mouvement (3), on calcule une valeur optimale Cto du coefficient thermique Ct dudit oscillateur (4) définissant la variation relativement linéaire de sa marche en fonction de la température T, compensant les écarts de pression et d'humidité, et,

pour l'après-vente on équipe la montre (1) de moyens de compensation (10) pour faire varier, dans la boîte (2), la pression P et/ou la constante R et/ou la quantité de gaz et/ou la température T, ou, en usine, on modifie le coefficient thermique des moyens de rappel élastique dudit oscillateur (4) par modification d'une couche d'oxyde et/ou application ou ablation d'un revêtement, et/ou la quantité et/ou la nature du gaz dans la montre, et/ou on modifie le volume interne de la boîte (2).

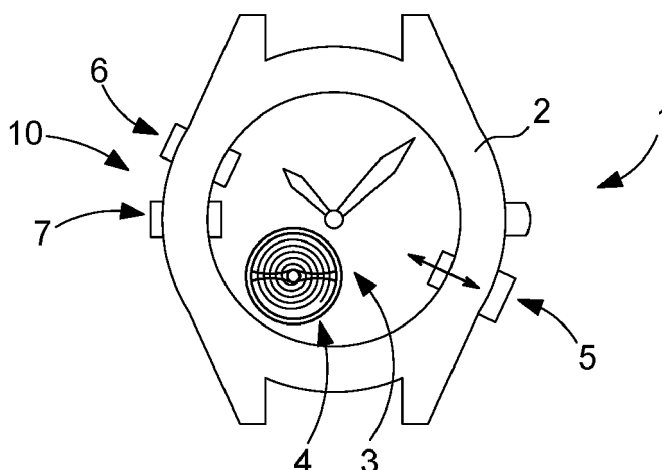


Fig. 3

DescriptionDomaine technique de l'invention

- 5 **[0001]** L'invention concerne un procédé de compensation de la marche en fonction de la température d'une montre étanche, dont la boîte étanche contient un mouvement comportant lui-même un oscillateur, ladite boîte contenant, en sortie d'usine après le réglage initial de marche, un volume interne V occupé par n moles d'un gaz de constante R suivant sensiblement la loi des gaz parfaits.
- 10 **[0002]** L'invention concerne encore une montre convenant à la mise en œuvre de ce procédé, notamment lors d'opérations d'après-vente.
- [0003]** L'invention concerne le domaine de l'ajustement de marche des montres mécaniques ou électro-mécaniques.

Arrière-plan technologique

- 15 **[0004]** La marche d'une montre est soumise à de nombreux paramètres, tels que, non limitativement la position de la montre dans l'espace, la lubrification, l'usure, l'armage des ressorts constituant les sources d'énergie, les frottements, et bien sûr les paramètres physiques de l'environnement dans lequel est placée la montre.
- [0005]** La variation de marche en fonction de la température est une préoccupation constante des constructeurs horlogers. Les moyens de rappel élastique de l'oscillateur sont particulièrement sensibles aux variations de température.
- 20 Dans le cas particulier et non limitatif où ces moyens de rappel élastique comportent un spiral ou plusieurs spiraux, le coefficient thermique C_t de chaque spiral fait varier la marche du mouvement en fonction de la température. On peut considérer, à titre d'exemple et pour simplifier les calculs, que la marche varie sensiblement linéairement en fonction du coefficient thermique C_t .
- [0006]** Pour avoir une meilleure précision du mouvement, le coefficient thermique est ciblé à 0 seconde par jour par Kelvin. Avec de tels paramètres, les variations de températures ne devraient pas avoir d'influence sur la marche du mouvement. La répartition typique du coefficient thermique pour une production de mouvements identiques est une courbe symétrique, plus proche d'un pic triangulaire que d'une cloche.
- 25 **[0007]** Il est connu en horlogerie que la marche d'un mouvement varie selon la pression du milieu dans lequel il se trouve. Plusieurs explications peuvent être avancées comme par exemple la variation de l'inertie de l'oscillateur (inertie du balancier et de l'air embarqué) car la densité d'air embarqué varie et donc son inertie également. Le cas du balancier et celui de l'air sont des cas particuliers, plus généralement on parlera de masse inertielle, et de gaz ou mélange de gaz. Les diverses expériences réalisées montrent que si la pression baisse, la marche augmente.
- 30 **[0008]** Il s'agit donc de compenser la marche de la montre en fonction de la variation des paramètres physiques: température du milieu, température corporelle de l'utilisateur, dilatation ou contraction de la boîte de montre en fonction de la température, pression du lieu, altitude, hygrométrie. Or il n'existe pas de mise au point simple pour traiter en particulier les problèmes inhérents aux variations de température et de pression.
- 35

Résumé de l'invention

- 40 **[0009]** L'invention concerne la compensation de la variation de marche d'une montre, basée sur la température et la pression.
- [0010]** A cet effet, l'invention concerne un procédé de compensation de la marche en fonction de la température d'une montre étanche, selon la revendication 1.
- 45 **[0011]** L'invention concerne encore une montre convenant à la mise en œuvre de ce procédé, notamment lors d'opérations d'après-vente.

Brève description des figures

- 50 **[0012]** Les buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :
- la figure 1 superpose trois graphes illustrant en ordonnée la marche, en seconde par jour, en fonction de la pression en abscisse, en hectopascal, pour trois mouvements mécaniques différents ;
 - 55 - la figure 2 superpose, pour un même mouvement d'horlogerie, deux graphes illustrant en ordonnée la pression en hectopascal, en fonction du temps en abscisse, en jours, l'un en trait plein calculée avec la loi des gaz parfaits, l'autre mesurée ;

- la figure 3 représente, de façon schématisée, une montre dont la boîte étanche contient un mouvement comportant lui-même un oscillateur, équipée de moyens de compensation qui comportent un dispositif volumétrique étanche pour modifier le volume interne de la boîte, un conduit étanche d'injection ou d'extraction de gaz, et un dispositif thermique permettant l'augmentation contrôlée et momentanée de sa température interne.

Description détaillée de l'invention

[0013] L'invention concerne la compensation de la variation de marche d'une montre, basée sur la température et la pression.

[0014] L'expérience réalisée dans une cuve en sous-pression montre une relativement bonne linéarité des variations de marche pour une pression variant de la pression atmosphérique (970 hPa) jusqu'à une pression de 200hPa, la variation de marche en secondes par jour en ordonnée, en fonction de la pression en hectopascal en abscisse, la mesure étant effectuée dans une cuve en sous-pression. La figure 1 présente les résultats de mesures réalisées sur différents mouvements mécaniques classiques très éprouvés. On constate l'allure générale très linéaire de la marche journalière en fonction de la pression, toutes choses égales par ailleurs, avec des pentes respectives de (-0,0206) pour la courbe supérieure, de (-0,0161) pour la courbe médiane, de (- 0,0145) pour la courbe basse.

[0015] Une expérience sur des montres équipées d'un autre calibre que ceux de la figure 1 met en évidence une variation de marche de l'ordre de 1.95 seconde par jour, pour une différence d'altitude d'environ 570m. En se basant sur la formule d'altitude suivante :

- $p(h)=1013.25*(1-(0.0065*h/288.15)^{5.255})$, on peut trouver que la variation de marche en fonction de l'altitude pour ce calibre est de l'ordre de 0.03 seconde par jour par hPa. Nous appellerons cette valeur le coefficient de pression: Cp.

[0016] En ce qui concerne la variation de la pression en fonction de la température, nous ferons l'hypothèse que la loi des gaz parfaits ($P*V=n*R*T$) est suffisante pour définir la situation.

[0017] Dans une montre fermée, le volume d'air à disposition est considéré comme donné et fini (en faisant l'hypothèse que les fuites sont nulles). Nous ferons également l'hypothèse que la différence de pression entre la pression à l'intérieur de la montre et à l'extérieur de la montre n'est pas suffisante pour déformer la montre; le volume à disposition dans la montre ne varie pas et reste donc constant.

[0018] L'expérience nous montre que ces approximations sont relativement correctes. Sur la figure 2, la pression mesurée est comparée à une pression théorique basée sur la loi des gaz parfaits : $P=(n*R/V)*T$. On constate que les mesures et l'approximation théorique sont relativement comparables. De plus, l'expérience nous a montré que les fuites sont relativement faibles pour une montre étanche même avec une grande différence de pression entre l'intérieur de la montre et le milieu dans lequel elle se trouve. Nous ferons donc l'hypothèse que la montre est parfaitement étanche.

[0019] Les hypothèses initiales ont montré que les fuites de la montre sont considérées comme nulles, la boîte de la montre est indéformable et le gaz enfermé reste le même. Il est donc possible de conclure que les paramètres n, R et V sont des constantes; la pression varie donc linéairement en fonction de la température.

[0020] L'invention se propose de traiter principalement la compensation à l'égard des variations de température et de pression. Une combinaison des deux effets a pour but de les opposer afin que leurs effets s'annulent (ou soient minimisés). Le principal avantage pour l'utilisateur est une meilleure précision de la montre au porter.

[0021] L'influence de l'humidité est plus faible que celles de la température et de la pression. Dans l'hypothèse de travail, le taux d'humidité change peu en fonction de la température ou de la pression, dans les domaines usuels de porter d'une montre. Un calcul approché consiste à négliger cette variation.

[0022] Les hypothèses suivantes sont faites pour simplifier les calculs :

- la pression dans la montre varie sensiblement linéairement en fonction de la température : $P = [(n*R)/V] * T$;
- la marche du mouvement varie sensiblement linéairement selon le coefficient thermique Ct de l'oscillateur, notamment du balancier spiral : $m(T) = Ct * T$;
- la marche du mouvement varie linéairement selon la pression des gaz : $m(P) = Cp * P$.

[0023] L'invention concerne ainsi un procédé de compensation de la marche en fonction de la température d'une montre 1 étanche, dont la boîte 2 étanche contient un mouvement 3 comportant lui-même un oscillateur 4. Cette boîte 2 contient, en sortie d'usine après le réglage initial de marche, un volume interne V occupé par n moles d'un gaz de constante R suivant sensiblement la loi des gaz parfaits. La constante R (ou nombre d'Avogadro) est connue. Elle dépend du gaz qui est dans la montre (dans notre cas en général de l'air). Le nombre de moles n va dépendre des conditions de la fermeture de la montre (pression atmosphérique, température ou fermeture et blocage du fond par

exemple).

[0024] Le volume à disposition V dépend de la géométrie de la boîte. Il est éventuellement possible de modifier la construction de l'habillage pour influencer ce point.

[0025] Selon l'invention, on détermine en usine par mesure et/ou calcul ce coefficient de pression Cp du mouvement 3, définissant la variation relativement linéaire de la marche du mouvement 3 en fonction de la pression P du gaz (ou du mélange de gaz le cas échéant). Le coefficient de pression du mouvement Cp peut être mesuré expérimentalement ou calculé théoriquement. Il dépend de chaque mouvement.

[0026] De la même façon, on détermine en usine après mesure et/ou calcul une valeur du coefficient d'humidité Ch du mouvement 3, définissant la variation relativement linéaire maximale de la marche du mouvement 3 en fonction de l'humidité H dans le mouvement 3 : $m(H) = Ch * H$. A défaut de variation linéaire on considère la valeur maximale de pente de la plus haute tangente au graphe marche/humidité.

[0027] On calcule une valeur optimale Cto du coefficient thermique Ct de l'oscillateur 4, définissant la variation relativement linéaire de la marche de l'oscillateur 4 en fonction de la température T, cette valeur optimale Cto étant destinée à compenser les écarts de pression et d'humidité selon la formule:

$$Cto = - [Cp * (n * R) / V] - [(Ch * H) / T].$$

[0028] En effet, afin d'améliorer la précision de la montre (et non du mouvement), nous pouvons établir la relation: $m(T) + m(P) + m(H) = 0$, d'où est tirée la valeur Cto ci-dessus. En effet le Cto est la valeur optimale, pour laquelle la somme des écarts de marche imputables à la pression, à la température, et l'humidité, est nulle ; à défaut Cto est la valeur pour laquelle ce total des écarts de marche a la valeur la plus basse possible.

$$Cto = - [Cp * (n * R) / V] - [Ch * H / T]$$

[0029] Dans le présent exemple, il a été considéré que le coefficient thermique et le coefficient de pression sont constants et font varier la marche linéairement en fonction de la température. Il est possible de construire un modèle similaire si ces paramètres suivent une loi non linéaire en fonction de la température.

[0030] Étant donné que l'humidité relative va varier en fonction de la température et que la marche de la montre va varier selon les variations d'humidité (via le Ch), ce modèle théorique intègre le paramètre humidité. Toutefois, ce paramètre peut, en régions tempérées, être négligé car l'influence de l'humidité sur la marche est très inférieure à celle de la température. Dans un calcul simplifié, on détermine à la valeur zéro le coefficient d'humidité Ch du mouvement 3. Afin d'améliorer la précision de la montre (et non du mouvement), on peut alors établir la relation simplifiée: $m(T) + m(P) = 0$, d'où on calcule la valeur optimale Cto du coefficient thermique Ct de l'oscillateur 4 selon la formule: $Cto = - [Cp * (n * R) / V]$, en application de la loi des gaz parfaits.

[0031] Le procédé peut être mis en œuvre de façon différente, selon qu'il s'agit de réaliser des réglages initiaux en usine, ou des opérations d'après-vente. Dans le cas de l'après-vente, il est difficile voire impossible de disposer de chambres à atmosphère contrôlée, mais il faut permettre au technicien d'après-vente de procéder à des réglages, avec un outillage spécial dont ne peut disposer l'utilisateur final. La latitude est plus grande en ce qui concerne les réglages en usine, puisqu'on peut y combiner des moyens de mise sous atmosphère contrôlée et température contrôlée, et aussi ces moyens spécifiquement conçus pour l'après-vente.

[0032] Ainsi, selon l'invention :

- ou bien pour une application d'après-vente ou lors de l'emboîtement en usine, on équipe la montre 1 de moyens de compensation 10 qui sont agencés pour faire varier, à l'intérieur de ladite boîte 2, la pression P et/ou la nature du gaz et sa constante R et/ou la quantité de gaz et son nombre de moles n et/ou la température T,
- ou bien pour une préparation en usine, on modifie le coefficient thermique des moyens de rappel élastique que comporte l'oscillateur 4 par modification d'une épaisseur de couche d'oxyde et/ou application d'un revêtement et/ou par ablation locale, et/ou on modifie le nombre de moles de gaz dans la montre et/ou la nature du gaz dans la montre, et/ou on modifie le volume interne de la boîte 2.

[0033] Plus particulièrement, on ajuste la pression P et/ou le nombre de moles n en modifiant la pression P et/ou en variant la température T de la montre 1 avant la fermeture de la boîte 2.

[0034] L'équation $Ct = - [Cp * (n * R) / V]$ met en évidence que le coefficient thermique Ct de l'oscillateur 4 est lié au coefficient de pression Cp par l'environnement dans la boîte 2 de la montre 1 (le gaz en présence de constante R, le volume à l'intérieur de la montre V et la quantité de moles dans la montre n). Afin de rendre la montre insensible (ou de

diminuer la sensibilité) de la montre à la température, il est possible de travailler sur les paramètres suivants de manière indépendante ou combinée :

- le coefficient thermique C_t de l'oscillateur 4 ;
- a constante R liée à la nature du gaz, ou du mélange de gaz, en présence;
- le volume V à disposition dans la boîte 2 de la montre 1 ;
- la quantité n de gaz en présence .

[0035] Un premier mode de réalisation consiste à travailler sur le coefficient thermique de l'oscillateur 4. Dans le cas particulier et non limitatif où cet oscillateur 4 est un balancier spiral, lors de la réalisation d'un spiral en silicium et/ou oxyde de silicium, le coefficient thermique C_t de l'ensemble balancier-spiral peut être ajusté notamment en fonction de l'épaisseur de la couche d'oxyde qui recouvre ce spiral.

[0036] Considérons que la variation de marche d'un mouvement en fonction de la pression varie comme suit : $C_p = -0.015$ seconde par jour par hectopascal. En considérant un habillage de montre avec un emboîtement générique, nous obtenons expérimentalement que la constante $(n \cdot R)/V$ vaut environ 3.3 hPa/K. Elle a été calculée sur la base des mesures de la pression et la température dans la tête de montre en utilisant la loi des gaz parfaits.

[0037] Afin que la montre soit le moins sensible aux variations de température, il conviendrait de cibler un coefficient thermique de l'oscillateur à 0.05 seconde par jour par Kelvin. Cette valeur est calculée sur la base de l'équation $C_t = -[C_p \cdot (n \cdot R) / V] : (0.015 \cdot 3.3 = 0.05)$.

[0038] En ciblant le coefficient thermique du balancier spiral à une valeur différente de 0 seconde par jour par Kelvin, les mesures chronométriques en mouvement seront perturbées. Par exemple, lors d'un passage d'une certification en tant que chronomètre avec des phases à 8°C et 38°C, il y aurait une différence de marche de l'ordre de 1.5 seconde par jour générée par le coefficient thermique du mouvement entre les phases chaudes et froides. Cependant, si on emboîte ce mouvement dans la montre de l'exemple précédent ($C_p = -0.015$, $(n \cdot R)/V = 3.3$), la marche devient pratiquement insensible à la variation de température.

[0039] Plus particulièrement, on réalise les moyens de rappel élastique de l'oscillateur 4 en silicium et/ou oxyde de silicium, et, lors de la préparation en usine, on modifie le coefficient thermique de ces moyens de rappel élastique par modification de l'épaisseur de couche d'oxyde de silicium.

[0040] Plus particulièrement, on réalise les moyens de rappel élastique de l'oscillateur 4 sous forme de lames minces élastiques par un procédé «LIGA», et, lors de la préparation en usine, on modifie le coefficient thermique de ces moyens de rappel élastique que comporte l'oscillateur 4 par application d'un revêtement et/ou par ablation locale.

[0041] Plus particulièrement, on réalise les moyens de rappel élastique de l'oscillateur 4 sous forme de lames minces élastiques par un procédé de tréfilage ou de laminage, et, lors de la préparation en usine, on modifie le coefficient thermique de ces moyens de rappel élastique que comporte l'oscillateur 4 par application d'un revêtement et/ou par ablation locale.

[0042] Un deuxième mode de réalisation consiste à modifier la quantité de gaz dans la montre. En effet, si on change le nombre de moles de gaz dans la montre, on peut compenser le C_t et le C_p . Le lien entre les deux constantes précédentes est exprimé dans l'équation $C_t = -[C_p \cdot (n \cdot R) / V]$. Par exemple, si $C_t = 0.055$ seconde par jour par Kelvin, $C_p = -0.015$ seconde par jour par hectopascal et $(n \cdot R)/V = 3.3$ hectopascal par Kelvin, il faudrait que le nombre de molécules d'air dans la montre soit multiplié par 1.1 ($0.055 / (0.015 \cdot 3.3) = 1.1$).

[0043] Afin de changer le nombre de molécules dans la montre, il y a deux solutions:

- fermer la montre dans un environnement avec une pression définie: si la pression atmosphérique est à 970hPa, il faudrait qu'elle soit à 1067hPa ($970 \cdot 1.1$) lors de l'emboîtement pour que la marche de la montre soit insensible à la température ;
- ou fermer la montre avec une température de montre donnée: si la température de l'environnement est de 23°C (~296K), il faudrait chauffer la montre à environ 53°C (~329K=296*1.1).

[0044] La température et la pression sont liées entre elles par la loi des gaz parfaits, il faut donc s'assurer que les deux paramètres sont monitorés afin d'éviter des erreurs liées à la variation de pression atmosphérique, à l'altitude ou la variation de température.

[0045] Modifier la pression avant emboîtement est relativement compliqué; surtout en après-vente lorsqu'une boutique ne dispose pas de l'équipement adapté. Modifier la température de la montre avant emboîtement semble relativement facile à mettre en œuvre; par exemple en déposant la montre ouverte sur une plaque chauffante ou refroidissante. Le

principal problème de cette mise en œuvre est que le C_t et le C_p peuvent s'annuler uniquement s'ils sont de signe opposés. Par ailleurs, si le C_t présente une variation de 5%, cela représente environ 20°C. Il faut donc s'attendre à ce que les températures nécessaires à compenser le C_t soient potentiellement difficiles à atteindre.

[0046] Plus particulièrement, lors de la préparation en usine, on modifie le nombre de moles de gaz dans la montre 1, ou bien par fermeture de la boîte 2 avec une pression définie par calcul pour rendre la marche de la montre insensible à la température, ou bien par fermeture de la boîte 2 avec une température définie par calcul pour rendre la marche de la montre insensible à la température, et par refroidissement lent de la boîte 2 après sa fermeture.

[0047] Un troisième mode de réalisation consiste à modifier la composition du gaz dans la montre. En modifiant la composition du gaz dans la montre 1, par exemple en fermant la montre 1 dans un milieu saturé avec un autre gaz, la constante R de l'équation $C_t = - [C_p * (n * R) / V]$ serait ainsi modifiée. Par exemple si $C_t = 0.02$ seconde par jour par Kelvin, $C_p = -0.015$ seconde par jour par hectopascal et la constante $(n * R) / V = 3.3$ hectopascal par Kelvin, l'air ($R = 287 \text{ J/kg/K}$) dans la montre pourrait, par exemple, être remplacé par du dioxyde de soufre ($R = 130 \text{ J/kg/K}$). Dans ce cas la correction serait faite à 90% ($0.015 * 3.3 * 130 / 287 = 0.0224$). De manière générale, en choisissant le bon gaz ou mélange de gaz (modification de R et sans impact sur les matériaux en contact), il est théoriquement possible de minimiser l'effet de la température en montre. On fait l'hypothèse que l'influence de la modification du gaz sur C_p est négligeable. De plus, en considérant que le C_t a une certaine variabilité cela signifie qu'il faudrait un mélange de gaz spécifique pour chaque montre. Un autre inconvénient réside dans le fait que lors de chaque fermeture du fond, il faudrait le faire sous atmosphère contrôlée. Finalement, cette solution est théoriquement réaliste uniquement lorsque C_t et C_p sont de signe opposés.

[0048] Plus particulièrement, lors de la préparation en usine, on modifie la nature du gaz contenu dans la montre, par échange total ou partiel du gaz par un nouveau gaz ou mélange de gaz présentant une autre valeur de ladite constante R , adaptée pour l'ajustement adéquat du coefficient thermique C_t pour rendre la marche de la montre insensible à la température.

[0049] Plus particulièrement, on scelle la boîte 2 après cet échange de gaz, pour empêcher toute action de l'utilisateur en l'absence d'un outil spécial.

[0050] Un quatrième mode de réalisation consiste à travailler sur la géométrie de l'intérieur de la montre. En effet, l'équation $C_t = - [C_p * (n * R) / V]$ peut s'exprimer sous la forme $V / (n * R) = - C_p / C_t$. Considérons que $C_p = -0.015$ seconde par jour par hectopascal et $C_t = 0.04$ seconde par jour par Kelvin. Pour un cas pratique donné, nous avons identifié que $(n * R) / V = 3.3 \text{ hPa/K}$. Afin de minimiser les effets sur la marche de la montre, le volume d'air dans la montre devrait être corrigé de manière à ce qu'il soit 1.24 ($3.3 * 0.015 / 0.04$) fois plus grand que celui actuellement disponible. Comme la valeur de C_t varie d'un mouvement à l'autre, cela signifie que l'habillage devrait être adapté à chaque mouvement. De plus, comme les volumes sont déjà bien optimisés, il semble difficile d'appliquer cette méthode sans avoir une influence sur le design de la montre. Une solution consiste à modifier le volume intérieur de la boîte par une course imprimée à un organe mobile tel qu'un piston ou similaire.

[0051] Ainsi, dans une variante conçue notamment pour une application d'après-vente, les moyens de compensation 10 comportent un dispositif volumétrique 5 étanche permettant à un technicien d'après-vente de modifier le volume interne de la boîte 2, et/ou au moins un conduit 6 étanche d'injection ou d'extraction de gaz, et/ou un dispositif thermique 7 permettant l'augmentation contrôlée et momentanée de sa température interne.

[0052] Plus particulièrement, ce dispositif volumétrique 5 comporte au moins un piston mobile dans la boîte 2 et sous l'action d'une commande micrométrique externe vissable et verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur.

[0053] Plus particulièrement, lors de la préparation en usine, on modifie le volume interne de la boîte 2 en réglant la course d'au moins un piston, sous l'action d'une commande micrométrique vissable et verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur.

[0054] Plus particulièrement, ce conduit 6 étanche d'injection ou d'extraction de gaz est verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur.

[0055] Plus particulièrement, ce dispositif thermique 7 comporte des moyens de conversion d'énergie lumineuse et/ou des moyens de stockage d'énergie.

[0056] Plus particulièrement, lors de la préparation en usine, on dessèche le gaz ou le mélange de gaz contenu dans la boîte 2, pour réduire l'humidité H .

[0057] Plus particulièrement, lors de la préparation en usine, on insère un dessiccateur dans la boîte, pour y fixer l'humidité H résiduelle.

[0058] Finalement, il est également possible de combiner plusieurs effets simultanément (variation du C_t , du C_p , des conditions d'emboîtement ou du volume dans la montre) afin d'atteindre l'objectif souhaité.

[0059] D'un point de vue général, il ressort que la dispersion du C_t doit être minimisée afin de minimiser l'effet de la température sur une montre.

[0060] L'invention concerne encore une montre 1 convenant à la mise en œuvre de ce procédé, notamment en service après-vente. Cette montre 1 étanche comporte une boîte 2 étanche, qui contient un mouvement 3 comportant lui-même

un oscillateur 4. Cette montre 1 comporte des moyens de compensation 10, chacun verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur, qui comportent un dispositif volumétrique 5 étanche permettant à un technicien d'après-vente de modifier le volume interne de la boîte 2, et/ou au moins un conduit 6 étanche d'injection ou d'extraction de gaz, et/ou un dispositif thermique 7 permettant l'augmentation contrôlée et momentanée de sa température interne.

Revendications

1. Procédé de compensation de la marche en fonction de la température d'une montre (1) étanche, dont la boîte (2) étanche contient un mouvement (3) comportant lui-même un oscillateur (4), ladite boîte (2) contenant, en sortie d'usine après le réglage initial de marche, un volume interne V occupé par n moles d'un gaz de constante R suivant sensiblement la loi des gaz parfaits, **caractérisé en ce qu'**on détermine en usine par mesure et/ou calcul le coefficient de pression Cp dudit mouvement (3), définissant la variation relativement linéaire de la marche dudit mouvement (3) en fonction de la pression P dudit gaz, **en ce qu'**on détermine en usine après mesure et/ou calcul une valeur du coefficient d'humidité Ch dudit mouvement (3), définissant la variation relativement linéaire maximale de la marche dudit mouvement (3) en fonction de l'humidité H dans ledit mouvement (3), **en ce qu'**on calcule une valeur optimale Cto du coefficient thermique Ct dudit oscillateur (4) définissant la variation relativement linéaire de la marche dudit oscillateur (4) en fonction de la température T, ladite valeur optimale Cto étant destinée à compenser les écarts de pression et d'humidité selon la formule :

$$Cto = - [Cp * (n * R) / V] - [(Ch * H) / T],$$

et en ce que,

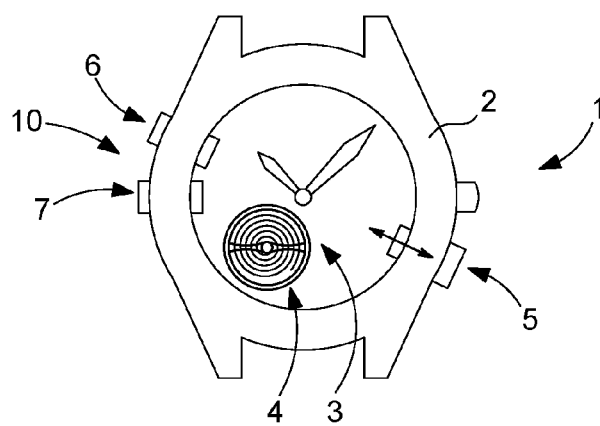
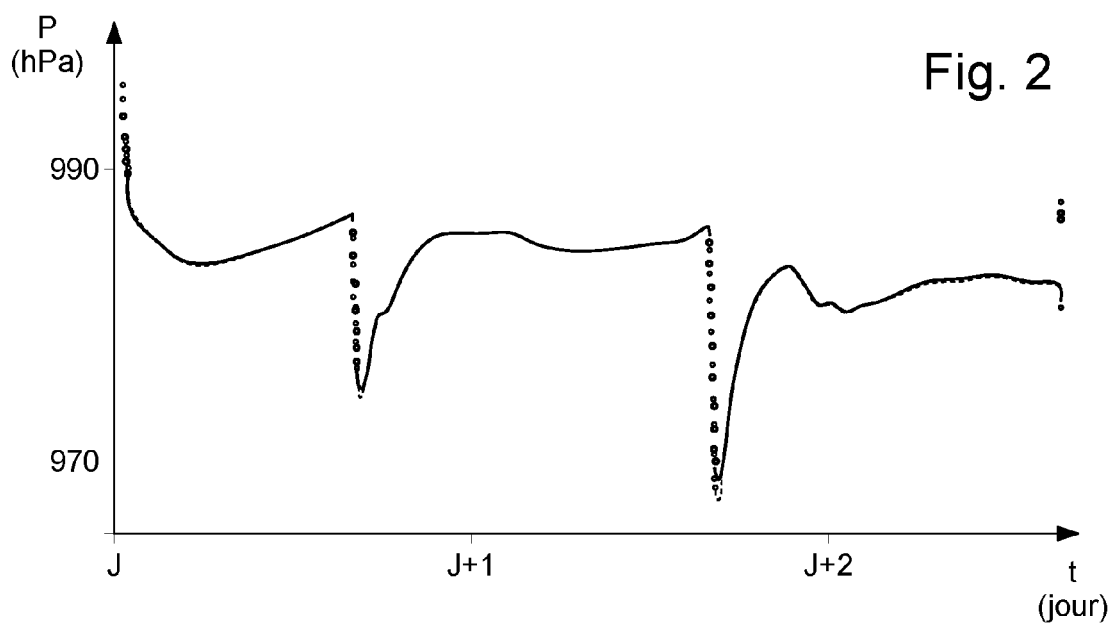
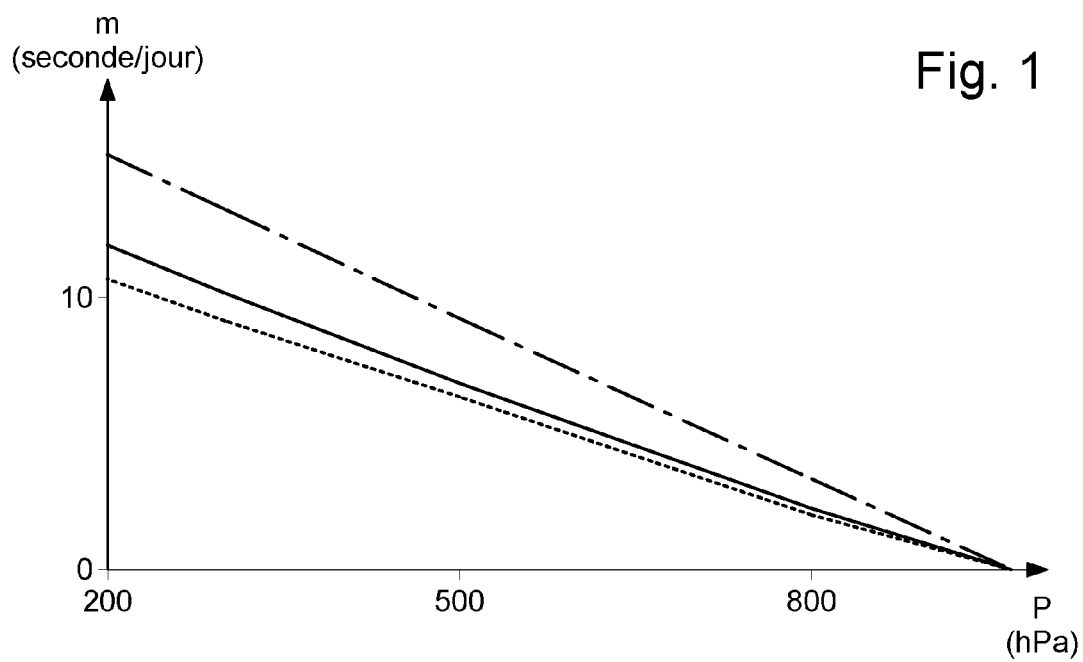
- ou bien pour une application d'après-vente ou lors de l'emboîtement en usine, on équipe ladite montre (1) de moyens de compensation (10) agencés pour faire varier, à l'intérieur de ladite boîte (2), la pression P et/ou la nature du gaz et sa constante R et/ou la quantité de gaz et son nombre de moles n et/ou la température T,
- ou bien pour une préparation en usine, on modifie le coefficient thermique des moyens de rappel élastique que comporte ledit oscillateur (4) par modification d'une épaisseur de couche d'oxyde et/ou application d'un revêtement et/ou par ablation locale, et/ou on modifie le nombre de moles de gaz dans ladite montre et/ou la nature du gaz dans la montre, et/ou on modifie le volume interne de ladite boîte (2).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**on ajuste la pression P et/ou le nombre de moles n en modifiant la pression P et/ou en variant la température T de ladite montre (1) avant la fermeture de ladite boîte (2).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**on détermine à la valeur zéro le coefficient d'humidité Ch dudit mouvement (3), et **en ce qu'**on calcule ladite valeur optimale Cto du coefficient thermique Ct dudit oscillateur (4) selon la formule:

$$Cto = - [Cp * (n * R) / V].$$

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**, pour une application d'après-vente lesdits moyens de compensation (10) comportent un dispositif volumétrique (5) étanche permettant à un technicien d'après-vente de modifier le volume interne de ladite boîte (2), et/ou au moins un conduit (6) étanche d'injection ou d'extraction de gaz, et/ou un dispositif thermique (7) permettant l'augmentation contrôlée et momentanée de sa température interne.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit dispositif volumétrique (5) comporte au moins un piston mobile dans ladite boîte (2) et sous l'action d'une commande micrométrique externe vissable et verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur.
6. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit conduit (6) étanche d'injection ou d'extraction de gaz est verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur.

7. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit dispositif thermique (7) comporte des moyens de conversion d'énergie lumineuse et/ou des moyens de stockage d'énergie.
- 5 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'on** réalise lesdits moyens de rappel élastique dudit oscillateur (4) en silicium et/ou oxyde de silicium, et **en ce que**, lors de la préparation en usine, on modifie le coefficient thermique desdits moyens de rappel élastique par modification de l'épaisseur de couche d'oxyde de silicium.
- 10 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'on** réalise lesdits moyens de rappel élastique dudit oscillateur (4) sous forme de lames minces élastiques par un procédé « LIGA », et **en ce que** lors de la préparation en usine, on modifie le coefficient thermique desdits moyens de rappel élastique que comporte ledit oscillateur (4) par application d'un revêtement et/ou par ablation locale.
- 15 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'on** réalise lesdits moyens de rappel élastique dudit oscillateur (4) sous forme de lames minces élastiques par un procédé de tréfilage ou de laminage, et **en ce que** lors de la préparation en usine, on modifie le coefficient thermique desdits moyens de rappel élastique que comporte ledit oscillateur (4) par application d'un revêtement et/ou par ablation locale.
- 20 11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** lors de la préparation en usine, on modifie le nombre de moles de gaz dans ladite montre, ou bien par fermeture de ladite boîte (2) avec une pression définie par calcul pour rendre la marche de la montre insensible à la température, ou bien par fermeture de ladite boîte (2) avec une température définie par calcul pour rendre la marche de la montre insensible à la température, et par refroidissement lent de ladite boîte (2) après sa fermeture.
- 25 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** lors de la préparation en usine, on modifie la nature du gaz contenu dans la montre, par échange total ou partiel dudit gaz par un nouveau gaz ou mélange de gaz présentant une autre valeur de ladite constante
- 30 13. R, adaptée pour l'ajustement adéquat dudit coefficient thermique Ct pour rendre la marche de la montre insensible à la température.
- 35 14. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'on** scelle ladite boîte (2) après ledit échange de gaz, pour empêcher toute action de l'utilisateur en l'absence d'un outil spécial.
- 40 15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** lors de la préparation en usine, on modifie le volume interne de ladite boîte (2) en réglant la course d'au moins un piston, sous l'action d'une commande micrométrique vissable et verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur.
- 45 16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** lors de la préparation en usine, on dessèche le gaz ou le mélange de gaz contenu dans ladite boîte (2), pour réduire l'humidité H.
- 50 17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** lors de la préparation en usine, on insère un dessiccateur dans ladite boîte, pour y fixer l'humidité H résiduelle.
- 55 18. Montre (1) étanche, dont la boîte (2) étanche contient un mouvement (3) comportant lui-même un oscillateur (4), **caractérisée en ce que** ladite montre (1) comporte des moyens de compensation (10), chacun verrouillable en position par un outil spécial non fourni à l'utilisateur, qui comportent un dispositif volumétrique (5) étanche permettant à un technicien d'après-vente de modifier le volume interne de ladite boîte (2), et/ou au moins un conduit (6) étanche d'injection ou d'extraction de gaz, et/ou un dispositif thermique (7) permettant l'augmentation contrôlée et momentanée de sa température interne.





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 21 6225

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 1 422 436 A1 (CSEMCT SUISSE D ELECTRONIQUE E [CH]) 26 mai 2004 (2004-05-26)	1, 3, 8	INV. G04B17/20 G04D7/00
Y	* alinéas [0010] - [0040]; revendications 1, 10 *	9, 10	

X	EP 1 388 766 A1 (ASULAB SA [CH]) 11 février 2004 (2004-02-11)	1, 2, 4, 6, 7, 11, 18	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04D G04B
A	* alinéas [0007] - [0025]; figures 1-3 *	5	

X	EP 3 333 649 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 13 juin 2018 (2018-06-13)	1, 2, 4, 6, 7, 11-14, 18	
A	* alinéas [0004], [0005] - [0043]; figures 1, 2, 4 *	5, 15-17	

X	CH 312 740 A (HUGUENIN FRERES & CIE S A [CH]) 29 février 1956 (1956-02-29) * le document en entier *	1	

X	EP 3 561 612 A1 (ROLEX SA [CH]) 30 octobre 2019 (2019-10-30)	1, 2, 4	
	* alinéas [0011] - [0045]; figures 5, 6 *		

Y	EP 2 264 553 A2 (NIVAROX SA [CH]) 22 décembre 2010 (2010-12-22)	9, 10	
	* alinéas [0014] - [0037] *		

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 16 juin 2022	Examineur Camatchy Toppé, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 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			

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

EP 21 21 6225

5 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.

16-06-2022

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EP 1422436 A1 26-05-2004 AT 307990 T 15-11-2005

AU 2003271504 A1 18-06-2004

CN 1717552 A 04-01-2006

DE 60206939 T2 27-07-2006

EP 1422436 A1 26-05-2004

HK 1067687 A1 15-04-2005

JP 4515913 B2 04-08-2010

JP 2006507454 A 02-03-2006

US 2005281137 A1 22-12-2005

WO 2004048800 A1 10-06-2004

EP 1388766 A1 11-02-2004 AU 2003258575 A1 11-03-2004

CN 1675598 A 28-09-2005

EP 1388766 A1 11-02-2004

EP 1529248 A2 11-05-2005

JP 2005535902 A 24-11-2005

KR 20050035874 A 19-04-2005

US 2005270908 A1 08-12-2005

WO 2004019141 A2 04-03-2004

EP 3333649 A1 13-06-2018 CN 108227464 A 29-06-2018

EP 3333649 A1 13-06-2018

HK 1256646 A1 27-09-2019

JP 6481014 B2 13-03-2019

JP 2018096979 A 21-06-2018

US 2018164746 A1 14-06-2018

CH 312740 A 29-02-1956 AUCUN

EP 3561612 A1 30-10-2019 CN 110389521 A 29-10-2019

EP 3561612 A1 30-10-2019

JP 2019215323 A 19-12-2019

US 2019324402 A1 24-10-2019

EP 2264553 A2 22-12-2010 CN 101930208 A 29-12-2010

EP 2264553 A2 22-12-2010

HK 1152573 A1 02-03-2012

JP 5323006 B2 23-10-2013

JP 2011002457 A 06-01-2011

KR 20100136922 A 29-12-2010

RU 2010125207 A 27-12-2011

US 2010320661 A1 23-12-2010

US 2014137411 A1 22-05-2014

EPO FORM P0460

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