



CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 705 495 A2

(51) Int. Cl.: G04B 17/20 (2006.01)  
G04B 15/00 (2006.01)

**Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01532/11

(71) Requêteur:  
The Swatch Group Research and Development Ltd.,  
Rue des Sors 3  
2074 Marin (CH)

(22) Date de dépôt: 15.09.2011

(72) Inventeur(s):  
Davide Sarchi, 1020 Renens (CH)  
Nakis Karapatis, 1324 Premier (CH)  
Thierry Hessler, 2024 St-Aubin (CH)  
Jean-Luc Helfer, 2502 Bienne (CH)

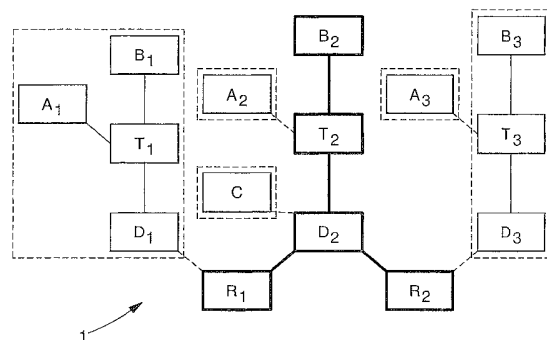
(43) Demande publiée: 15.03.2013

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

(54) **Oscillateurs synchronisés par un échappement à intermittence.**

(57) L'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie (1) comportant un premier résonateur ( $R_1$ ) oscillant à une première fréquence ( $f_1$ ) et relié à un train d'engrenages principal ( $T_2$ ) à une source d'énergie principale ( $B_2$ ) via un échappement principal ( $D_2$ ). Selon l'invention, la pièce d'horlogerie comporte un deuxième résonateur ( $R_2$ ) oscillant à une deuxième fréquence ( $f_2$ ) moins élevée que la première fréquence et coopérant avec l'échappement principal ( $D_2$ ) afin de synchroniser l'entretien du premier résonateur ( $R_1$ ) à ladite deuxième fréquence ( $f_2$ ).

L'invention concerne le domaine des oscillateurs synchronisés par un échappement à intermittence.



## Description

### Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant des oscillateurs synchronisés par un échappement à intermittence.

### Arrière plan de l'invention

[0002] Généralement, l'organe réglant d'une montre est constitué par un résonateur harmonique amorti presque isochrone, entretenu par un système d'échappement qui transfère l'énergie au résonateur à chaque alternance (échappement à ancre) ou à chaque période (échappement à détente) d'oscillation.

[0003] Plusieurs problèmes concernent l'entretien de l'organe réglant également appelé résonateur. Ainsi, le transfert d'énergie au résonateur perturbe sa fréquence (et donc la marche de la montre) dans tous les cas où le transfert n'est pas symétrique par rapport au point de repos du résonateur. De plus, l'énergie dépensée par l'échappement par alternance (ou par période) et la fréquence du résonateur déterminent la réserve de marche de la montre, qui est donc limitée.

[0004] En outre, l'amplitude de l'oscillateur étant limitée par des raisons géométriques, pour augmenter l'énergie de l'oscillateur (et donc sa stabilité face aux perturbations externes) on doit augmenter sa constante élastique ce qui peut impliquer l'impossibilité de démarrer des oscillateurs à haute fréquence.

[0005] Enfin, le rendement moyen de l'échappement et la fluctuation de rendement sont influencées, entre autres, par l'accélération des composants de l'échappement. Ainsi, plus le rattrapage du résonateur est rapide, plus le rendement est élevé et constant dans le temps. Dès lors, pour des résonateurs de très hautes fréquences, il est obligatoire d'augmenter les pertes (et diminuer la réserve de marche) et/ou d'augmenter les fluctuations de rendement.

### Résumé de l'invention

[0006] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients cités précédemment en proposant une pièce d'horlogerie dont la fréquence (amélioration de la résolution d'affichage) et l'énergie mécanique (amélioration de la stabilité et de la précision) sont augmentées tout en améliorant le rendement de l'entretien et de la réserve de marche.

[0007] A cet effet, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant un premier résonateur oscillant à une première fréquence et relié à un train d'engrenages principal à une source d'énergie principale via un échappement principal caractérisé en ce qu'elle comporte un deuxième résonateur oscillant à une deuxième fréquence moins élevée que la première fréquence et coopérant avec l'échappement principal afin de synchroniser l'entretien du premier résonateur à ladite deuxième fréquence.

[0008] On comprend que l'invention permet de réduire la fréquence de l'entretien d'un résonateur en dessous de sa fréquence. Elle permet également de garantir l'auto-démarrage d'un mouvement à haute fréquence tout en préservant sa réserve de marche par, notamment, une amélioration du rendement des fonctions d'échappement. Enfin, l'invention permet de réduire sensiblement les défauts de marche générés par les perturbations externes à la montre.

[0009] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- selon un premier mode de réalisation, l'échappement principal est du type à détente et comporte une roue d'échappement unique coopérant avec une première détente commandée par le premier résonateur et une deuxième détente commandée par le deuxième résonateur;
- selon un deuxième mode de réalisation, l'échappement principal est du type à détente et comporte une première roue d'échappement coopérant avec une première détente commandée par le premier résonateur et une deuxième roue d'échappement coopérant avec une deuxième détente commandée par le deuxième résonateur, les première et deuxième roues d'échappement étant solidaires par engrenement;
- selon une variante des modes de réalisation, le deuxième résonateur est également relié à un train d'engrenages secondaire à une source d'énergie secondaire via un deuxième échappement;
- le deuxième échappement est du type à ancre suisse;
- la variante comporte un dispositif d'affichage de l'heure comprenant une source d'énergie d'affichage reliée à un train d'engrenages pour l'affichage solidaire d'un mécanisme de distribution commandé par le résonateur principal ou un dispositif d'affichage de l'heure relié au train d'engrenages principal;
- selon une alternative particulière de la variante, la pièce d'horlogerie comporte des moyens sélectifs de blocage de l'échappement principal afin de mesurer un temps à partir du premier résonateur par libération desdits moyens sélectifs de blocage;
- l'alternative particulière comporte un dispositif d'affichage dudit temps mesuré comprenant une source d'énergie d'affichage reliée à un train d'engrenages pour l'affichage solidaire d'un mécanisme de distribution commandé par le résonateur principal et un dispositif d'affichage de l'heure relié au train d'engrenages secondaire.

### Description sommaire des dessins

**[0010]** D'autres particularités et avantages assortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la fig. 1 est une représentation schématique des éléments d'une pièce d'horlogerie selon l'invention;
- la fig. 2 est une représentation schématique de l'échappement principal selon une premier mode de réalisation;
- la fig. 3 est une représentation schématique de l'échappement principal selon une deuxième mode de réalisation;
- la fig. 4 est une représentation partielle et agrandie de la fig. 3;
- la fig. 5 est un graphique montrant la synchronisation des résonateurs selon l'invention;
- les fig. 6 et 7 sont des graphiques montrant la faible dépendance de chocs d'une pièce d'horlogerie selon l'invention suite à la synchronisation de ses résonateurs vis-à-vis respectivement de leur amplitude et de leur variation de marche.

### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0011]** Comme expliqué ci-dessus, l'invention vise à intégrer dans une montre-bracelet mécanique un résonateur à haute fréquence (par ex. 10 Hz ou 50 Hz ou plus) dont l'entretien est synchronisé par un résonateur à basse fréquence (par ex. 1 Hz ou 2 Hz) afin de l'entretenir sur une période supérieure à sa fréquence.

**[0012]** Dans un exemple de réalisation illustré à la fig. 1, la pièce d'horlogerie 1 comporte ainsi un premier résonateur  $R_1$  oscillant à une première fréquence  $f_1$  et relié par un train d'engrenages principal  $T_2$  à une source d'énergie principale  $B_2$  via un échappement principal  $D_2$ . Avantagusement, la pièce d'horlogerie 1 comporte en outre un deuxième résonateur  $R_2$  oscillant à une deuxième fréquence  $f_2$  moins élevée que la première fréquence et coopère avec le même échappement principal  $D_2$  afin de synchroniser l'entretien du premier résonateur  $R_1$  à ladite deuxième fréquence  $f_2$ .

**[0013]** Préférentiellement selon l'invention, la deuxième fréquence  $f_2$  est une fraction de la première fréquence ( $f_2 = f_1/N$  ou  $f_2 = f_1/2N$  où  $N$  étant un entier). On comprend donc que l'entretien du résonateur principal  $R_1$  est effectué uniquement avec la période du résonateur secondaire.

**[0014]** Une telle configuration permet de manière avantageuse de réaliser un mouvement de base (ou un mouvement chrono) à grande résolution (par exemple 1/20 s ou 1/100 s). Elle permet également d'augmenter la précision et la résistance aux chocs du résonateur principal et d'augmenter la réserve de marche tout en garantissant l'auto-démarrage d'un mouvement même à très haute fréquence comme par exemple à 50 Hz. Enfin, une telle configuration permet l'entretien de résonateurs à faible amplitude et la suppression partielle ou totale du rouage d'affichage et/ou d'entretien.

**[0015]** Selon un premier mode de réalisation illustré à la fig. 2, l'échappement principal  $D_2$  est du type à détente et comporte une roue d'échappement 3 unique coopérant avec une première détente 5 commandée par le premier résonateur  $R_1$  et une deuxième détente 7 commandée par le deuxième résonateur  $R_2$ .

**[0016]** A titre d'exemple, on peut considérer que la roue 3 est libre si les deux résonateurs  $R_1$  &  $R_2$  se trouvent autour du point de repos dans l'intervalle angulaire (-20°, +20°). Pour garantir l'entretien du résonateur principal  $R_1$ , dans le cas où les deux résonateurs ont une phase considérablement différente, c'est-à-dire qu'ils passent au point de repos à deux instants différents, la détente 7 du résonateur secondaire  $R_2$  peut être construite pour augmenter l'intervalle angulaire pour lequel l'échappement principal  $D_2$  est libéré par le résonateur secondaire  $R_2$ . On comprend alors que la détente 7 du résonateur secondaire  $R_2$  comporte, de manière préférée, une libération sur un intervalle angulaire supérieur à l'angle de la détente 5 pour lequel le résonateur principal  $R_1$  libère la roue 3.

**[0017]** De fait, lors de la libération de la détente, puisque la force de freinage agissant sur l'oscillateur est appliquée très proche du centre de rotation de l'oscillateur, le couple perturbateur qui en résulte est très faible, c'est-à-dire que l'angle de libération pour le résonateur secondaire  $R_2$  peut donc être augmenté considérablement sans en affecter la marche.

**[0018]** Si, suite à un choc, le déphasage des résonateurs est trop important et que l'entretien est empêché, on comprend que la courbe d'isochronisme du résonateur principal  $R_1$ , croissante ou décroissante, permet de rattraper la phase entre les deux résonateurs après quelques oscillations. En fait, le résonateur principal  $R_1$  perdra de l'amplitude jusqu'à ce que le phasage soit rétabli entre l'oscillation du résonateur secondaire  $R_2$  et une des  $N$  oscillations du résonateur principal  $R_1$ . On comprend donc que le défaut de marche additionnel sur l'affichage sera inférieur ou égal à une période du résonateur principal ce qui signifie qu'il sera d'autant plus petit que la fréquence  $f_1$  est très élevée.

**[0019]** Selon un deuxième mode de réalisation illustré aux fig. 3 et 4, l'échappement principal  $D_2$  est du type à détente et comporte une première roue d'échappement 11 coopérant avec une première détente 13 commandée par le premier résonateur  $R_1$  et une deuxième roue d'échappement 15 coopérant avec une deuxième détente 17 commandée par le

deuxième résonateur  $R_2$ , les première et deuxième roues 11, 15 d'échappement étant solidaires par engrènement. On comprend donc qu'on obtient structurellement alors les mêmes avantages que pour le premier mode de réalisation notamment lors de déphasages intrinsèque ou induit par un choc.

**[0020]** Toutefois, par rapport au premier mode de réalisation, on remarque que les résonateurs  $R_1$  &  $R_2$  libèrent par détente deux roues différentes 11 et 15, qui engrènent (en parallèle ou en série) avec le train d'engrenages principal T2. Une fois libérée, la roue 15 n'est plus bloquée jusqu'à la libération de la roue 11 et donc de l'échappement  $D_2$ . Dans ce cas, l'échappement  $D_2$  est libéré à chaque période (ou alternance) du résonateur principal  $R_1$  et l'entretien à chaque oscillation du résonateur secondaire  $R_2$  est garanti indépendamment du déphasage des résonateurs  $R_1$  et  $R_2$ .

**[0021]** Dans l'exemple illustré à la fig. 4, on peut voir l'engrènement des roues 11, 12, 15, 16 et des détentes 13, 17. La roue d'échappement 15 est libérée par la détente 17 au niveau de la denture supérieure 16 à chaque oscillation du résonateur secondaire  $R_2$  et décrit un petit angle avant d'être bloquée par la denture supérieure 16 à nouveau par la détente 17 du résonateur secondaire  $R_2$ . Toutefois, pendant le mouvement de la roue 15, la roue 11 reste bloquée au niveau de la denture supérieure 12 par la détente 13 du résonateur principal  $R_1$ .

**[0022]** Au passage du résonateur principal  $R_1$ , la roue 11 est libérée par la détente 13 au niveau de la denture supérieure 12 et permet l'entretien du résonateur principal  $R_1$ , avant d'être bloquée à nouveau par sa détente 13 au niveau de la denture supérieure 12 et/ou par la roue 15 qui joue alors un rôle comparable à un dispositif d'arrêtage. Bien évidemment, la roue 11 reste bloquée lors du passage du résonateur principal  $R_1$  si le résonateur secondaire  $R_2$  n'a pas libéré préalablement la roue 15.

**[0023]** On comprend donc que les deux modes de réalisation de l'échappement principal  $D_2$  aboutissent sensiblement aux mêmes avantages et utilisent un échappement principal  $D_2$  unique pour les deux résonateurs  $R_1$  et  $R_2$ , c'est-à-dire que ces derniers sont entretenus à partir de la même source d'énergie principale  $B_2$  par l'échappement principal  $D_2$ .

**[0024]** Selon une variante des deux modes de réalisation ci-dessus, le deuxième résonateur  $R_2$  est également relié à un train d'engrenages secondaire  $T_3$  à une source d'énergie secondaire  $B_3$  via un deuxième échappement  $D_3$ . En effet, si un entretien du résonateur secondaire  $R_2$  extérieur à l'échappement principal  $D_2$  s'avère nécessaire, un deuxième échappement  $D_3$ , préférentiellement du type à ancre suisse, entretient le résonateur secondaire  $R_2$ . Ainsi, à chaque alternance du résonateur secondaire  $R_2$ , ce dernier est alimenté par la source d'énergie secondaire  $B_3$  (ou, alternativement, par la source d'énergie principale  $B_2$  au moyen d'un différentiel) via le train d'engrenage secondaire  $T_3$ .

**[0025]** Une alternative particulière de cette variante qui nécessite un entretien du résonateur secondaire  $R_2$  extérieur à l'échappement principal  $D_2$  est présentée à la fig. 1. Dans cette alternative, la pièce d'horlogerie 1 comporte des moyens sélectifs de blocage C de l'échappement principal  $D_2$  afin de mesurer un temps à partir du premier résonateur  $R_1$  par libération desdites moyens sélectifs de blocage. On comprend donc que le résonateur principal  $R_1$  devient structurellement un dispositif de chronographe, c'est-à-dire qu'il ne fonctionne que pendant les périodes de mesure et le résonateur secondaire  $R_2$  est le mouvement de base, c'est-à-dire qu'il fonctionne en permanence. Bien évidemment, dans cette alternative, le résonateur secondaire  $R_2$  possède préférentiellement un très bon isochronisme pour permettre l'affichage correct à partir de la libération desdites moyens sélectifs de blocage C.

**[0026]** Les avantages de l'invention ont été quantifiés à partir de la variante du premier mode de réalisation de l'échappement principal  $D_2$ . La constante élastique du résonateur étant  $k_j$  et son inertie  $m_j$ , sa fréquence d'oscillation est:

$$f_j = \sqrt{k_j / m_j} / 2\pi \quad (1)$$

**[0027]** Pour une amplitude stationnaire  $A_j$ , l'énergie mécanique du résonateur j est:

$$E_j = \frac{1}{2} k_j A_j^2 \quad (2)$$

**[0028]** La perte d'énergie du résonateur j à chaque oscillation est:

$$\Delta E_j = \frac{\pi E_j}{2 Q_j} \quad (3)$$

et dépend du facteur de qualité  $Q_j$  du résonateur (qui, pour frottement visqueux, augmente avec la fréquence).

**[0029]** L'échappement doit fournir la même quantité d'énergie. Si le couple appliqué au résonateur est constant sur un angle donnée  $\theta_j$ , l'énergie d'entretien est:

$$E_{ech} = C_{ech} \theta_j = \Delta E_j = \frac{\pi E_j}{2 Q_j} \quad (4)$$

**[0030]** En augmentant la fréquence du résonateur, le facteur de qualité  $Q_j$  augmente ce qui est favorable pour une meilleure chronométrie. Si l'énergie du résonateur est constante, les pertes diminuent et l'énergie d'entretien diminue aussi. Puisque l'angle de transmission de l'énergie ne peut pas être diminué indéfiniment, le couple d'entretien doit être diminué.

**[0031]** Par ailleurs, la condition nécessaire pour le démarrage est que le couple d'entretien dépasse le couple de rappel élastique du résonateur à l'angle de sortie de celui-ci:

$$C_{ech} > k_j \theta_j / 2 \quad (5)$$

**[0032]** Cela signifie qu'on ne peut pas diminuer indéfiniment le couple d'entretien en conservant la propriété d'auto-démarrage du résonateur et, en même temps, sans diminuer l'énergie mécanique du résonateur ce qui diminue sa stabilité face aux perturbations externes.

**[0033]** Il faut aussi se rendre compte que l'augmentation de la fréquence et la diminution du couple d'entretien entraîne une vitesse du résonateur plus importante ( $v = 2 \pi f A$ , (7)) au point de repos, c'est-à-dire à l'instant où l'entretien ne donne pas des défauts de marche, tandis que l'accélération des mobiles d'échappement est plus faible. On s'aperçoit alors que le rendement d'échappement chute parce que l'échappement n'arrive pas à rattraper le résonateur. On comprend donc qu'il est nécessaire que les mobiles d'échappement rejoignent la vitesse du résonateur pendant le temps disponible à l'entretien:

$$C_{ech} / m_{ech} > v / dt_{ech} = v^2 / \theta_j \quad (8)$$

où  $m_{ech}$  est l'inertie équivalente de l'échappement.

**[0034]** Finalement, si on augmente la fréquence et l'énergie du résonateur, la réserve de marche va forcément diminuer, parce que l'échappement doit entretenir le résonateur plus souvent et avec plus d'énergie à chaque passage.

**[0035]** Ainsi, quantitativement, pour un résonateur habituel de fréquence  $f$  égale à 10 Hz, avec une inertie  $m$  égale à 2 mg.cm<sup>2</sup>, un coefficient élastique  $k$  égale à 0,79 μNm.rad<sup>-1</sup> et un facteur de qualité  $Q$  égale à 600, l'énergie d'entretien  $E_{ech}$  est sensiblement égale à 25 nJ. Cela correspond donc, selon la relation (4), à un couple d'entretien  $C_{ech}$  égale sensiblement à 28 nNm, pour un angle d'entretien  $\theta_j$  de 50°. Le système n'auto-démarré pas parce que le terme  $k \cdot \theta_j / 2$  est supérieur au couple d'entretien  $E_{ech}$  selon la relation (5).

**[0036]** D'un autre côté, le temps disponible à l'entretien, qui correspond au passage du résonateur du point de repos, se réduit à  $dt_{ech}$  égale à 40° soit, selon la relation (7), un temps de 2,3 ms pour une amplitude  $A$  égale à 280°. Pour atteindre une accélération suffisante des mobiles d'échappement avec un couple d'entretien si faible, selon la relation (8), il faut réduire considérablement l'inertie des mobiles d'entretien jusqu'à une inertie équivalente de sensiblement  $2 \cdot 10^{-3}$  mg.cm<sup>2</sup>.

**[0037]** Si un résonateur du même type est entretenu, par un échappement  $D^2$  selon l'invention, à une fréquence  $f_2$  égale à 1 Hz, la perte d'énergie à compenser à chaque fonction d'entretien est 20 fois plus élevée. A parité d'angle d'entretien  $\theta_j$  égale à 50°, le couple d'entretien  $C_{ech}$  est 20 fois plus élevé, c'est-à-dire d'environ 0,7 μNm, et le système auto-démarré en accord avec la relation (5).

**[0038]** Pareillement, l'accélération des mobiles d'entretien est augmentée de 20 fois et le rendement peut être optimisé librement selon la seule contrainte géométrique et tribologique et non plus dynamique et de bilan énergétique. Par conséquent, le rendement étant augmenté, la réserve de marche est forcément améliorée.

**[0039]** Pour montrer les avantages de la pièce d'horlogerie selon l'invention, les équations couplées des mouvements ont été résolues numériquement. Il a été considéré un résonateur secondaire  $R_2$  d'inertie  $m^2$  égale à 10 mg.cm<sup>2</sup>, de fréquence égale à 1 Hz et avec un facteur de qualité  $Q_2$  égale à 150. De plus, Le résonateur principal  $R_1$  a une énergie mécanique égale à 9,6 μJ, tandis que résonateur secondaire  $R_2$  a une énergie égale à 0,5 μJ.

**[0040]** La fig. 5 simule le démarrage des deux résonateurs  $R_1$  et  $R_2$ . Le résonateur principal  $R_1$  à haute fréquence rejoint son amplitude stationnaire après environ 50 secondes. On remarque que le résonateur secondaire  $R_2$  à basse fréquence rejoint son amplitude stationnaire plus lentement. Cela n'a toutefois pas d'influence notable car sa fonction de réguler le transfert d'énergie vers le résonateur principal  $R_1$ , est pleinement opérationnel dès que le résonateur secondaire  $R_2$  rejoint quelques dizaines de degrés. Par conséquent, la pièce d'horlogerie parvient à s'auto-démarrer et se stabilise sur une amplitude sensiblement stationnaire pour résonateur principal  $R_1$  même s'il est égal ou supérieur à 10 Hz.

**[0041]** La fig. 6 simule la perturbation  $P$  apportée à la pièce d'horlogerie lorsque les deux résonateurs et  $R_2$  sont stabilisés. Le résonateur principal  $R_1$  à haute fréquence rejoint son amplitude stationnaire après environ 50 secondes. La perturbation  $P$ , égale à 0,1 μJ, est opérée à l'instant  $t = 0$  par une accélération angulaire impulsée de 50 rad.s<sup>-2</sup> avec une forme gaussienne et une largeur de 20 ms. On remarque que les résonateurs  $R_1$  et  $R_2$  ne subissent pas de déphases notables avant et après la perturbation  $P$ .

**[0042]** De plus, la fig. 7 simule la même perturbation  $P$  apportée à la pièce d'horlogerie lorsque les deux résonateurs  $R_1$  et  $R_2$  sont stabilisés.

**[0043]** Cette fois-ci, c'est la marche de chaque résonateur qui est mesurée par rapport à celle d'un résonateur simple  $R_x$ . On s'aperçoit que la présence d'un échappement  $D_2$  selon l'invention n'amplifie pas le défaut de marche par rapport au résonateur simple  $R_x$ . On comprend donc que l'effet direct sur le résonateur principal  $R_1$  et l'effet indirect de l'entretien du résonateur principal  $R_1$  sur le résonateur  $R_2$  se compensent partiellement.

**[0044]** Par conséquent, la réponse d'une pièce d'horlogerie selon l'invention à une perturbation P donnée est similaire, voire meilleure à la réponse d'un résonateur simple  $R_x$  équivalent, c'est-à-dire avec une même énergie  $E_x$ , une même fréquence  $f_x$  et une même amplitude  $A_x$ . De plus, le résonateur secondaire  $R_2$  forme avantageusement un système anti-galop pour la fonction d'entretien en évitant notamment les défauts de marches liés au double entretien.

**[0045]** Suivant le mode de réalisation, la variante et/ou l'alternative choisie ci-dessus, la pièce d'horlogerie 1 selon l'invention propose trois types de dispositif d'affichage  $A_1$ ,  $A_2$  et/ou  $A_3$ .

**[0046]** Un premier type d'affichage comporte un dispositif d'affichage  $A_i$  comprenant une source d'énergie d'affichage reliée à un train d'engrenages pour l'affichage  $T_i$  solidaire d'un mécanisme de distribution  $D_i$  commandé par le résonateur principal  $R_1$ . Préférentiellement selon l'invention, le mécanisme de distribution  $D_i$  est formé par une détente 9 commandée par le résonateur principal  $R_1$  afin de libérer, à chaque période ou alternance du résonateur principal  $R_1$ , la roue 10 reliée au train d'engrenages  $T_1$  sans fournir de couple d'entretien supplémentaire au premier résonateur  $R_1$ .

**[0047]** On comprend donc que le dispositif d'affichage  $A_1$  bénéficie de la haute fréquence du résonateur principal  $R_1$  en affichant le déplacement par exemple de la roue 10, c'est-à-dire selon une résolution améliorée comme, par exemple, jusqu'au 1/20 de seconde ou jusqu'au 1/100 de seconde. Par conséquent, dans le cas des deux modes de réalisation et/ou de sa variante expliqués ci-dessus, le dispositif d'affichage  $A_1$  permet d'afficher l'heure avec une résolution améliorée. De plus, dans le cas de l'alternative expliquée ci-dessus, le dispositif d'affichage  $A_1$  permet d'afficher le temps mesuré avec une résolution améliorée.

**[0048]** Un deuxième type d'affichage comporte un dispositif d'affichage  $A_2$  de l'heure relié au train d'engrenages secondaire  $T_2$ . On comprend alors que l'affichage se fait au même temps que l'entretien du résonateur principal  $R_1$ . Dans ce cas, la haute fréquence n'est pas utilisée pour améliorer la résolution mais pour améliorer la stabilité. On réalise également que cette configuration forme un système anti-galop très efficace pour l'échappement à détente  $D_2$  quel que soit son mode de réalisation.

**[0049]** Enfin, un troisième type d'affichage comporte un dispositif d'affichage de l'heure  $A_3$  relié au train d'engrenages secondaire  $T_3$ . Ce troisième type est entièrement dédié à l'alternative ci-dessus dans laquelle le résonateur principal  $R_1$  est utilisé uniquement pour mesurer un temps. En effet, le résonateur secondaire  $R_2$  étant le seul à fonctionner en permanence, l'affichage de l'heure ne peut être effectué qu'à partir du train d'engrenages secondaire  $T_3$ .

**[0050]** Au vu des explications ci-dessus, on comprend que l'invention permet de réduire la fréquence de l'entretien d'un résonateur en dessous de sa fréquence. Elle permet également de garantir l'auto-démarrage d'un mouvement à haute fréquence tout en préservant sa réserve de marche par, notamment, une amélioration du rendement des fonctions d'échappement. Enfin, l'invention permet de réduire sensiblement les défauts de marche générés par les perturbations externes à la montre.

**[0051]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, d'autres types de résonateurs et/ou d'échappements peuvent être envisagés sans sortir du cadre de l'invention. A titre d'exemple, certains composants mécaniques pourraient être avantageusement remplacés et/ou assistés par des composants magnétiques.

**[0052]** Enfin, la pièce d'horlogerie peut comporter une source d'énergie unique, c'est-à-dire qu'une seule source d'énergie équipée de différentiels peut former respectivement les sources d'énergie décrites ci-dessus et/  $B_2$  et/ou  $B_3$ .

## Revendications

1. Pièce d'horlogerie (1) comportant un premier résonateur ( $R_1$ ) oscillant à une première fréquence ( $f_1$ ) et relié à un train d'engrenages principal ( $T_2$ ) à une source d'énergie principale ( $B_2$ ) via un échappement principal ( $D_2$ ) caractérisée en ce qu'elle comporte un deuxième résonateur ( $R_2$ ) oscillant à une deuxième fréquence ( $f_2$ ) moins élevée que la première fréquence et coopérant avec l'échappement principal ( $D_2$ ) afin de synchroniser l'entretien du premier résonateur ( $R_1$ ) à ladite deuxième fréquence ( $f_2$ ).
2. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'échappement principal ( $D_2$ ) est du type à détente et comporte une roue d'échappement (3) unique coopérant avec une première détente (5) commandée par le premier résonateur ( $R_1$ ) et une deuxième détente (7) commandée par le deuxième résonateur ( $R_2$ ).
3. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'échappement principal ( $D_2$ ) est du type à détente et comporte une première roue d'échappement (11) coopérant avec une première détente (13) commandée par le premier résonateur ( $R_1$ ) et une deuxième roue d'échappement (15) coopérant avec une deuxième détente (17) commandée par le deuxième résonateur ( $R_2$ ), les première et deuxième roues d'échappement (11, 15) étant solidaires par engrènement.
4. Pièce d'horlogerie (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le deuxième résonateur ( $R_2$ ) est également relié à un train d'engrenages secondaire ( $T_3$ ) à une source d'énergie secondaire ( $B_3$ ) via un deuxième échappement ( $D_3$ ).

## CH 705 495 A2

5. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le deuxième échappement ( $D_3$ ) est du type à ancre suisse.
6. Pièce d'horlogerie (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'affichage de l'heure ( $A_1$ ) comprenant une source d'énergie d'affichage ( $B_1$ ) reliée à un train d'engrenages pour l'affichage ( $T_1$ ) solidaire d'un mécanisme de distribution ( $D_1$ ) commandé par le résonateur principal ( $R_1$ ).
7. Pièce d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'affichage de l'heure ( $A_2$ ) relié au train d'engrenages principal ( $T_2$ ).
8. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens sélectifs de blocage ( $C$ ) de l'échappement principal ( $D_2$ ) afin de mesurer un temps à partir du premier résonateur ( $R_1$ ) par libération desdites moyens sélectifs de blocage.
9. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'affichage ( $A_1$ ) dudit temps mesuré comprenant une source d'énergie d'affichage ( $B_1$ ) reliée à un train d'engrenages pour l'affichage ( $T_1$ ) solidaire d'un mécanisme de distribution ( $D_1$ ) commandé par le résonateur principal ( $R_1$ ).
10. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'affichage de l'heure ( $A_3$ ) relié au train d'engrenages secondaire ( $T_3$ ).
11. Pièce d'horlogerie (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte une source d'énergie unique ( $B_1, B_2, B_3$ ).

Fig. 1

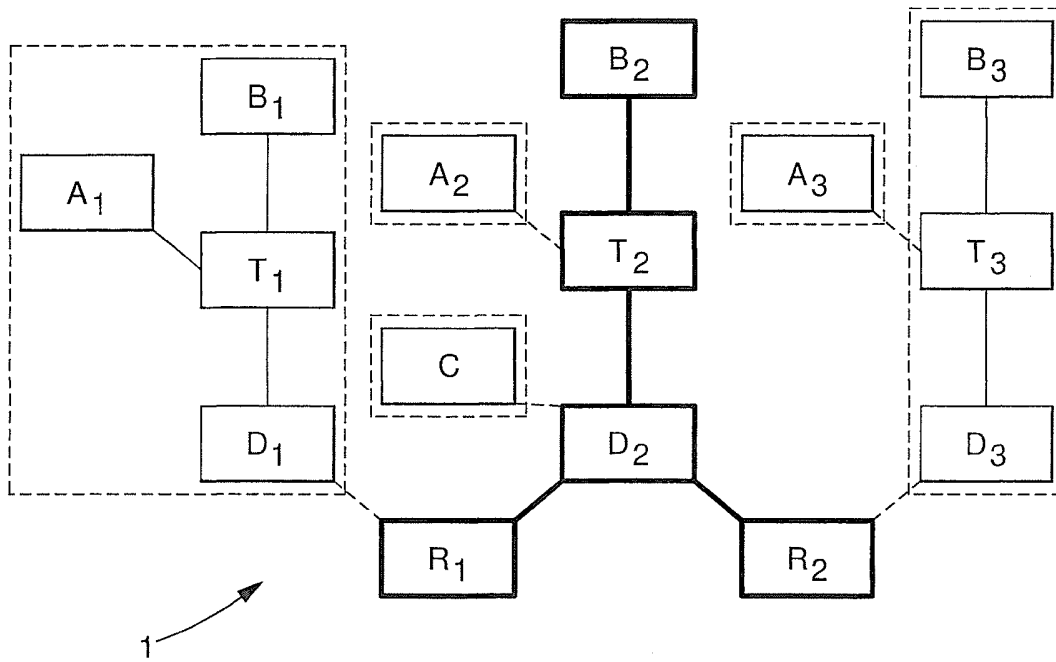
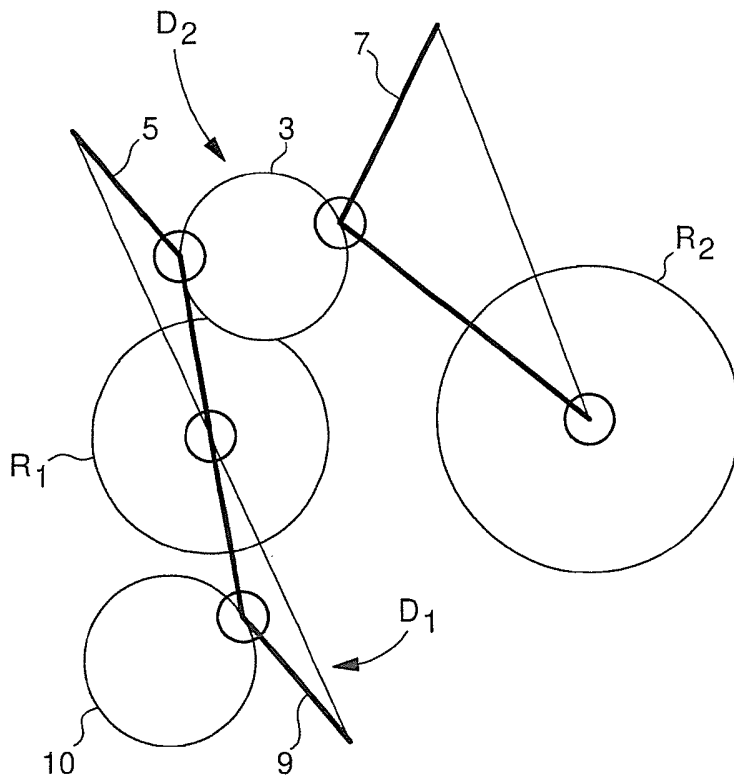


Fig. 2



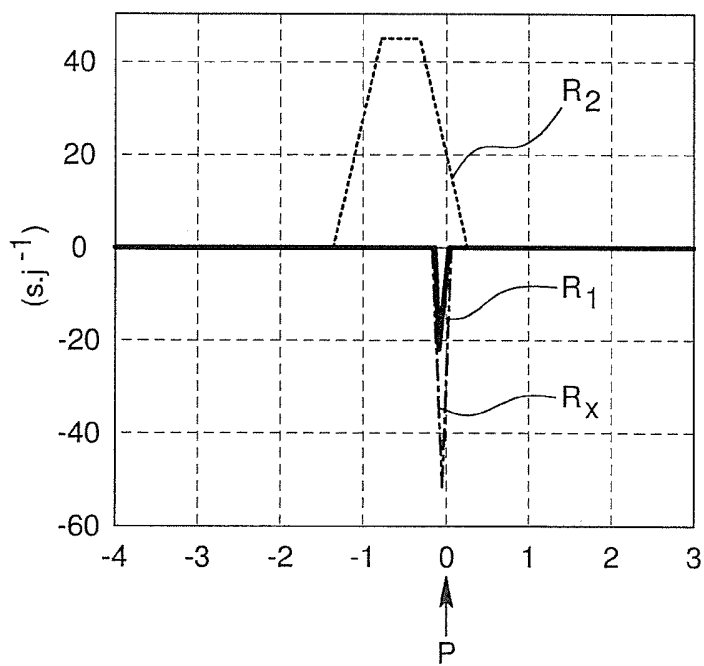
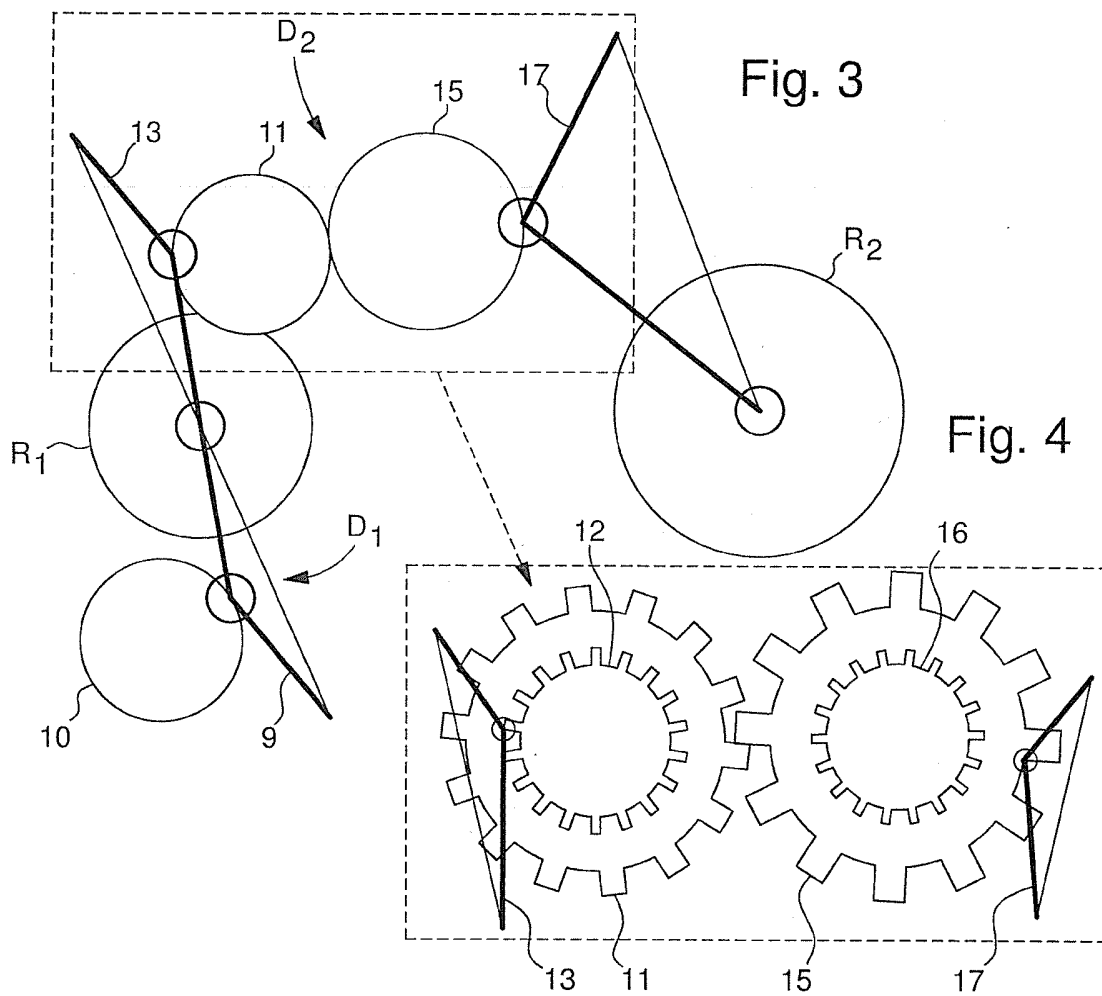


Fig. 7

Fig. 5

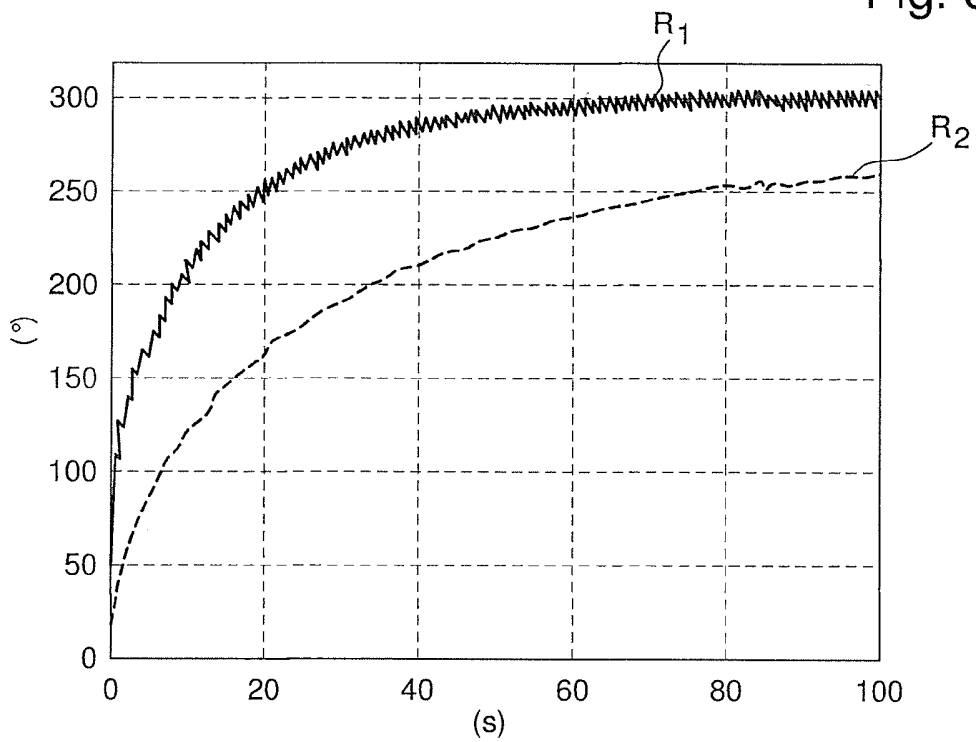


Fig. 6

