



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
20.03.2013 Bulletin 2013/12

(51) Int Cl.:
G04B 15/06 (2006.01) G04B 17/22 (2006.01)
G04F 7/08 (2006.01) G04B 17/26 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11181512.2**

(22) Date de dépôt: **15.09.2011**

(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

- **Karapatis, Nakis**
1324 Premier (CH)
- **Hessler, Thierry**
2024 St-Aubin (CH)
- **Helfer, Jean-Luc**
2502 Bienne (CH)

(71) Demandeur: **The Swatch Group Research and Development Ltd.**
2074 Marin (CH)

(74) Mandataire: **Couillard, Yann Luc Raymond et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(72) Inventeurs:
• **Sarchi, Davide**
1020 Renens (CH)

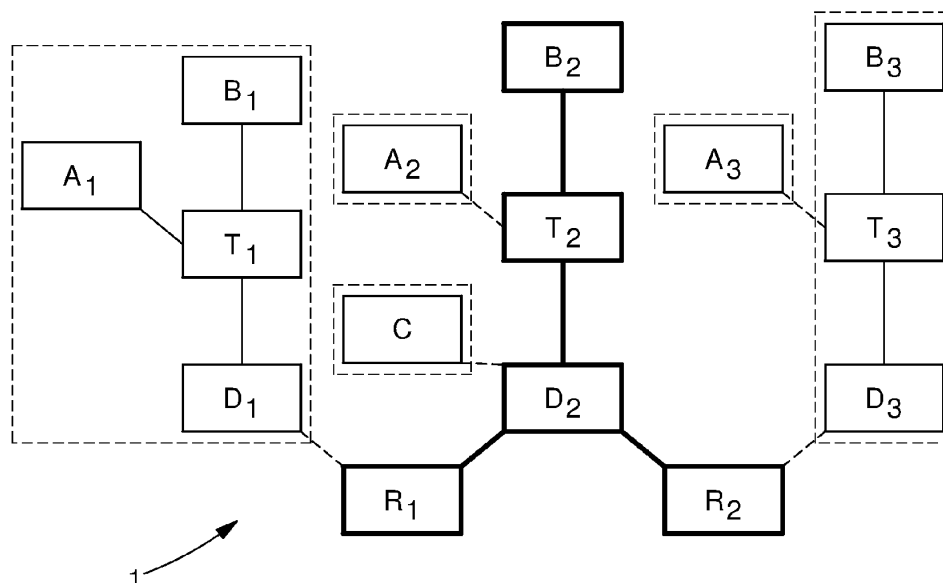
(54) **Oscillateurs synchronisés par un échappement à intermittence**

(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) os-

cillant 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 couplés.

Fig. 1



DescriptionDomaine de l'invention

5 **[0001]** L'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie comportant des oscillateurs synchronisés par un échappement à intermittence.

Arrière plan de l'invention

10 **[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 le 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.

15 **[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 faces aux perturbations externes) on doit augmenter sa constante élastique ce qui peut impliquer l'impossibilité de démarrer des oscillateurs à haute fréquence.

20 **[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.

25 Résumé de l'invention

[0006] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les 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.

30 **[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 caractérisée 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.

35 **[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 :

- 40
- 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 engrènement ;
 - 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 ;
 - 45 - 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 ;
 - 50 - 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
- 55

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 ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique des éléments d'une pièce d'horlogerie selon l'invention ;
- la figure 2 est une représentation schématique de l'échappement principal selon une premier mode de réalisation ,
- la figure 3 est une représentation schématique de l'échappement principal selon une deuxième mode de réalisation ;
- la figure 4 est une représentation partielle et agrandie de la figure 3 ;
- la figure 5 est un graphique montrant la synchronisation des résonateurs selon l'invention ;
- les figures 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 figure 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 figure 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 $(-20^\circ, +20^\circ)$. 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 R_1 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 figures 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 T_2 . 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 figure 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 , préférablement 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 figure 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 préférablement 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 θ_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.cm², un coefficient élastique k égale à 0,79 μNm.rad⁻¹ 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 θ_j de 50°. Le système n'auto-démarré pas parce que le terme $k \theta_j / 2$ 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 2.10⁻³ mg.cm².

[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 θ_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.cm², de fréquence f_2 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 figure 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 figure 6 simule la perturbation P apportée à la pièce d'horlogerie lorsque les deux résonateurs R_1 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 $0,1 \mu\text{J}$, est opérée à l'instant $t = 0$ par une accélération angulaire impulsée de 50 rad s^{-2} 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 figure 7 simule la même perturbation P apportée à la pièce d'horlogerie lorsque les deux résonateurs R_1 et R_2 sont stabilisés. 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.

[0043] 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.

[0044] 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 .

[0045] Un premier type d'affichage comporte un dispositif d'affichage 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 . Préférentiellement selon l'invention, le mécanisme de distribution D_1 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 .

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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 .

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 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 B_1 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) caracté-

térisée 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).

- 5 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).
- 10 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.
- 15 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).
- 20 5. Pièce d'horlogerie (1) selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** le deuxième échappement (D_3) est du type à ancre suisse.
- 25 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).
- 30 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).
- 35 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.
- 40 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).
- 45 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).
- 50 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).
- 55

Fig. 1

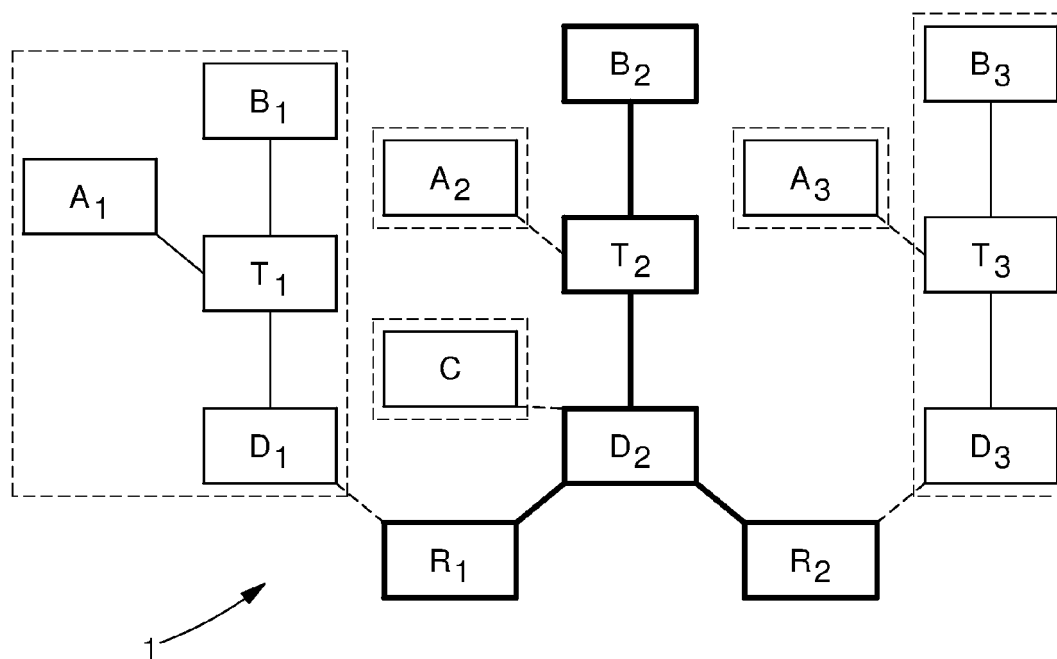
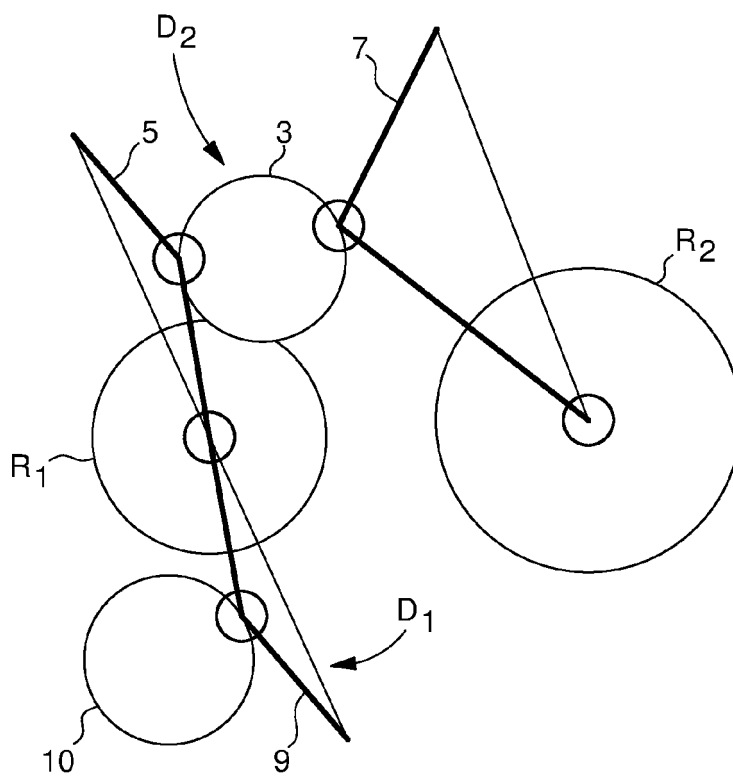


Fig. 2



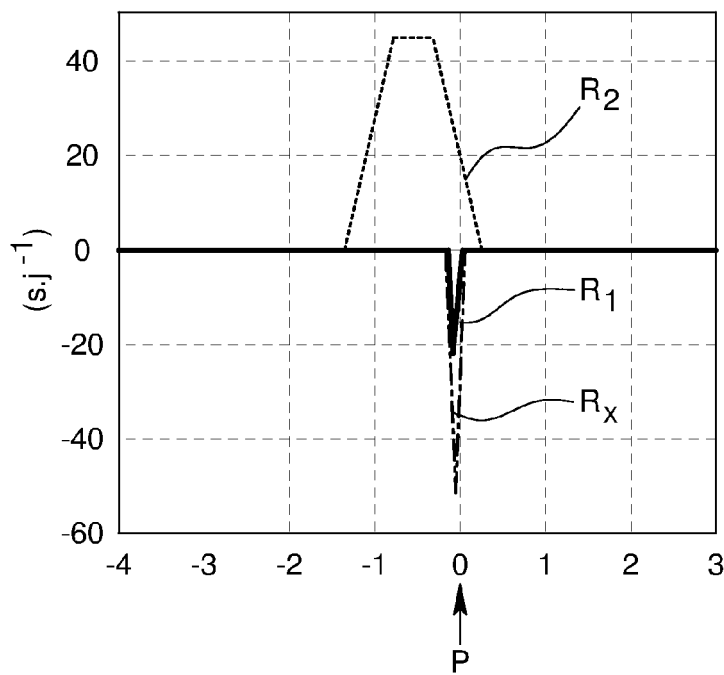
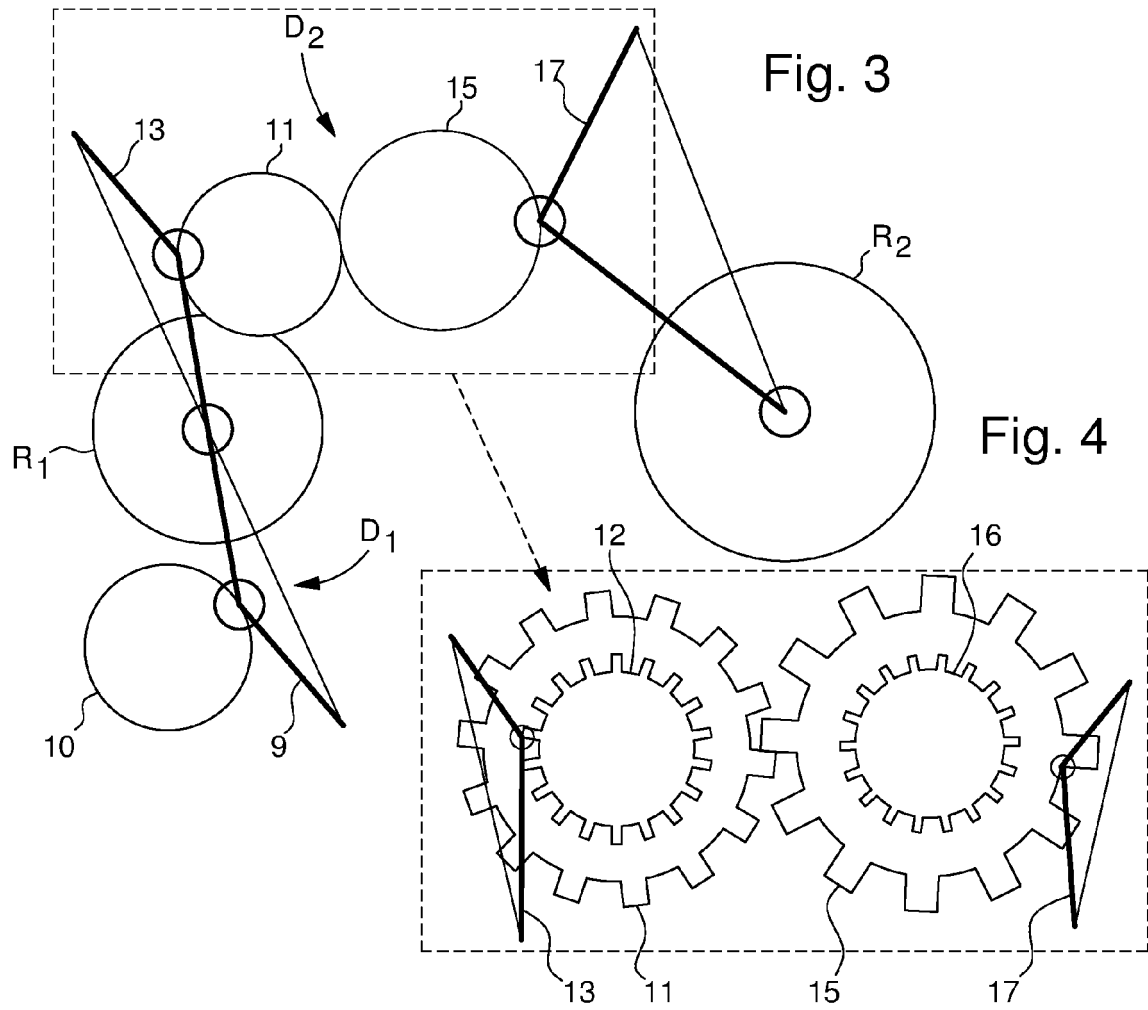


Fig. 5

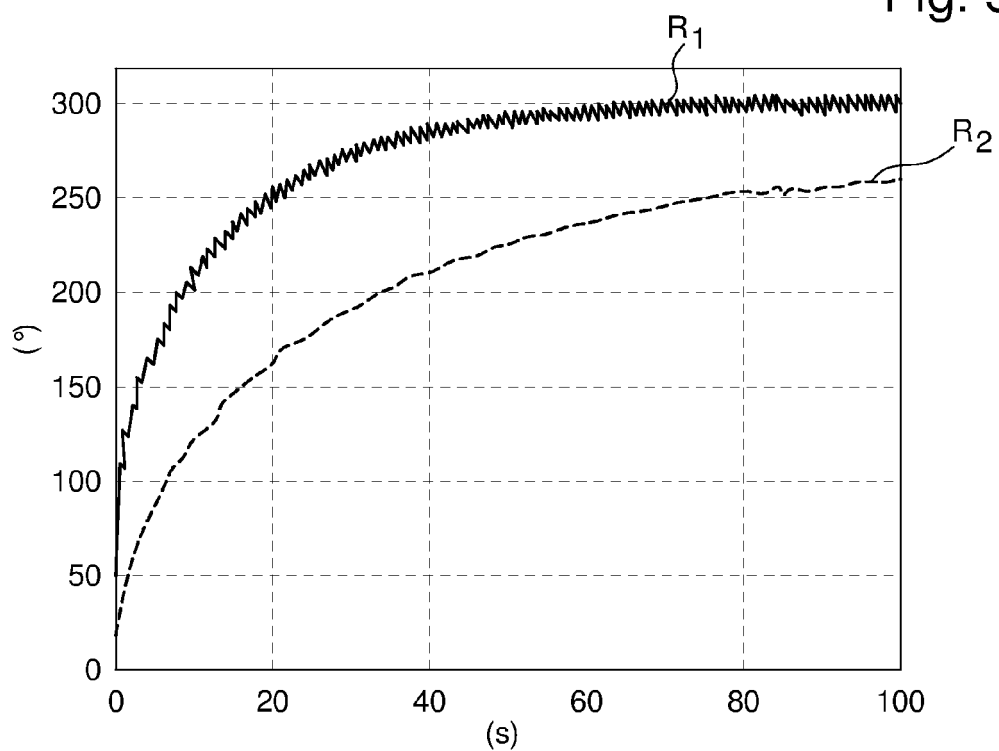
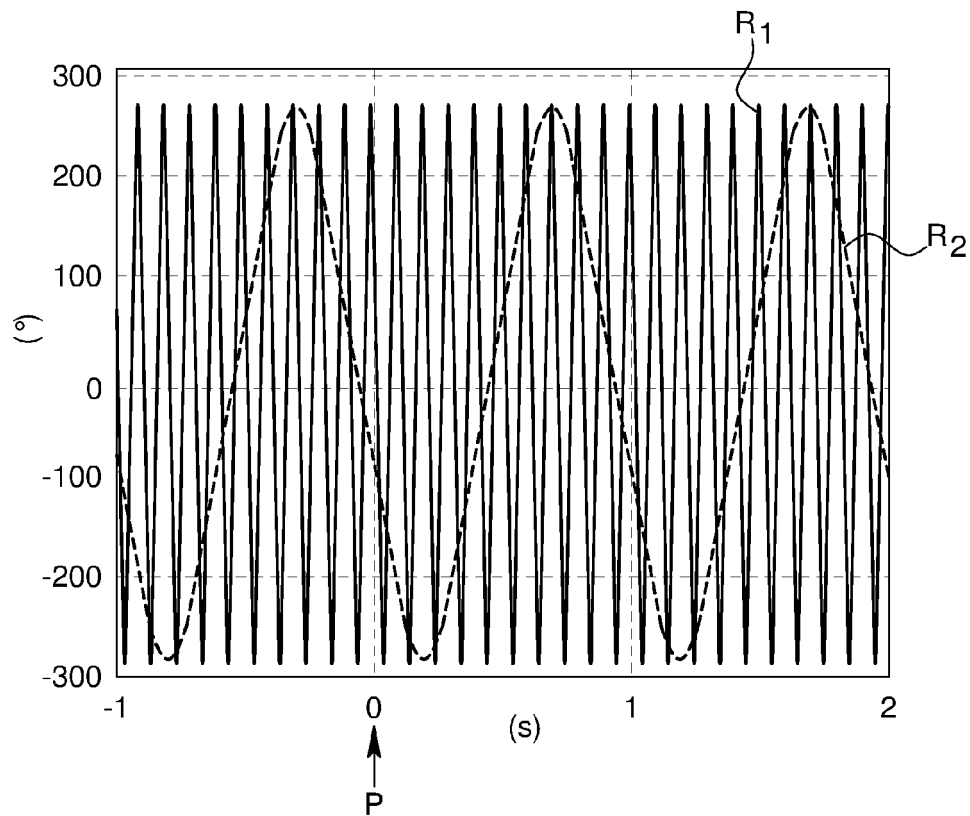


Fig. 6





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 18 1512

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	CH 156 801 A (VUILLEUMIER MARCEL [CH]) 31 août 1932 (1932-08-31)	1,3,7,11	INV. G04B15/06 G04B17/22 G04F7/08 G04B17/26
Y	* le document en entier *	4,5	
A	-----	8-10	
X	US 1 232 285 A (GREELEY JOHN H [US]) 3 juillet 1917 (1917-07-03)	1,2,7,11	
Y	* le document en entier *	4	
A	-----	8-10	
Y	CH 697 523 B1 (MONTRES BREGUET SA [CH]) 28 novembre 2008 (2008-11-28)	4,5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B G04F
	* le document en entier *		
A	EP 2 141 555 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 6 janvier 2010 (2010-01-06)	1	
	* le document en entier *		
A	EP 2 221 676 A1 (MONTRES BREGUET SA [CH]) 25 août 2010 (2010-08-25)	8-10	
	* le document en entier *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 26 avril 2012	Examineur Lupo, Angelo
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 11 18 1512

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.

26-04-2012

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 156801	A	31-08-1932	AUCUN
US 1232285	A	03-07-1917	AUCUN
CH 697523	B1	28-11-2008	AUCUN
EP 2141555	A1	06-01-2010	CN 101620406 A 06-01-2010 EP 2141555 A1 06-01-2010 JP 2010014717 A 21-01-2010 KR 20100004896 A 13-01-2010 TW 201017350 A 01-05-2010 US 2010002548 A1 07-01-2010
EP 2221676	A1	25-08-2010	AT 517373 T 15-08-2011 CN 101833279 A 15-09-2010 EP 2221676 A1 25-08-2010 JP 2010197392 A 09-09-2010 US 2010214879 A1 26-08-2010

EPO FORM P0480

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