(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 843 227 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
10.10.2007 Bulletin 2007/41

(51) Int Cl.:
G04C 5/00 *(2006.01)* ***G04B 17/06*** *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **06007397.0**

(22) Date de dépôt: **07.04.2006**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

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

(72) Inventeurs:
- **Hessler, Thierry**
  1020 Renens (CH)
- **Trümpy, Kaspar**
  4500 Soleure (CH)

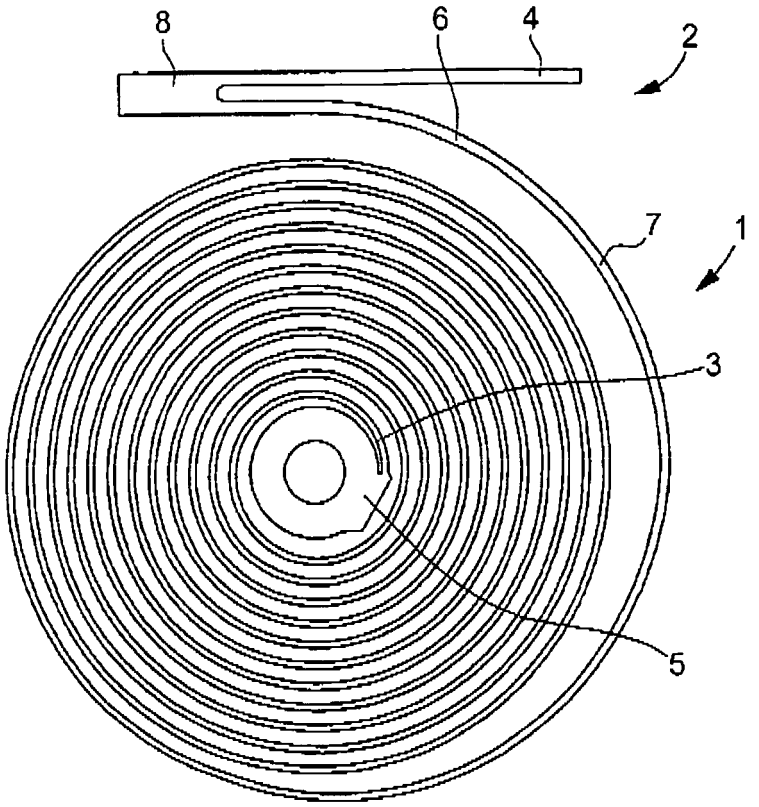
(74) Mandataire: **Thérond, Gérard Raymond et al**
I C B
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Rue des Sors 7
2074 Marin (CH)

(54) **Résonateur couplé système réglant**

(57) Le résonateur couplé comporte un premier résonateur à basse fréquence, tel qu'un spiral (1) et un deuxième résonateur à plus haute fréquence, tel qu'un diapason (2), les deux résonateurs (1, 2) comportant des moyens de couplage mécanique permanents.

Application au système réglant d'une pièce d'horlogerie.

Fig. 1



EP 1 843 227 A1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un résonateur couplé pour un système réglant, c'est-à-dire un ensemble formé de deux oscillateurs dont le couplage permet de stabiliser une fréquence et donc de la rendre plus indépendante des sollicitations extérieures. L'invention sera plus particulièrement illustrée par le système réglant d'un mouvement mécanique horloger pour lequel l'isochronisme est un facteur de qualité.

Arrière plan technologique

[0002] Pour stabiliser la fréquence d'un système réglant balancier-spiral, de nombreux dispositif ont déjà été proposés. Le brevet GB 1 138 818 publié en 1967 décrit un dispositif de couplage dans lequel les alternances d'un premier oscillateur viennent exciter par chocs un diapason, c'est-à-dire sans liaison mécanique directe. Les dispositifs de régulation plus récents reposent essentiellement sur des dispositifs associant un régulateur mécanique, tel qu'un balancier-spiral, associé par un couplage électromagnétique à un régulateur électronique, ledit couplage étant essentiellement effectué au moyen d'aimants disposés dans les bras ou dans la serge de balancier. Un tel dispositif a, par exemple, été décrit dans le brevet US 3 937 001. De nombreux perfectionnements ont été apportés à ce dispositif de base, essentiellement au niveau de la conception ou de l'agencement des aimants, du circuit électronique et du deuxième résonateur, ainsi qu'au niveau de la source d'énergie nécessaire pour alimenter ledit circuit électronique. De tels perfectionnements sont par exemple décrit dans les brevets EP 0 679 968, EP 0 732 243, EP 0 806 710, EP 0 822 470, EP 0 848 306, EP 0 935 177 et EP 1 521 141.
[0003] Tous ces dispositifs de couplage ont l'inconvénient, soit d'être peu fiables, soit d'exiger l'assemblage d'un grand nombre de composants dont les fonctions propres doivent être ajustées les unes par rapport aux autres, ce qui contribue finalement à augmenter fortement le coût du produit final.

Résumé de l'invention

[0004] La présente invention vise donc à palier les inconvénients de l'art antérieur précité en procurant un résonateur couplé de conception plus simple et plus fiable.
[0005] A cet effet l'invention concerne un résonateur couplé comportant un premier résonateur à basse fréquence par exemple de l'ordre de quelques hertz et un deuxième résonateur à plus haute fréquence, par exemple de l'ordre du kilohertz. L'invention est caractérisée en ce que le premier résonateur et le deuxième résonateur comportent des moyens de couplage mécanique permanent, ledit couplage permettant de stabiliser la fréquence en cas de perturbations extérieures, par exemple en cas de chocs.
[0006] Les deux résonateurs peuvent être fabriqués séparément en des matériaux identiques ou différents, puis assemblés mécaniquement par tout moyen connu de l'homme de l'art, tel que le collage, le rivetage, le soudage ou l'emboîtement.
[0007] Les deux résonateurs peuvent également être fabriqués en une seule pièce dans un unique matériau.
[0008] Les matériaux utilisés doivent avoir une certaine constante élastique et peuvent par exemple être choisis parmi les métaux ou alliage, ou les matériaux amorphes, monocristallins ou polycristallins, tels que le verre, le quartz et le silicium ou ses dérivés.
[0009] L'invention sera plus particulièrement illustrée par un résonateur couplé formé par un spiral et un diapason, un tel résonateur pouvant être intégré dans le système réglant d'une pièce d'horlogerie, en particulier une montre bracelet susceptible de recevoir des chocs.

Brève description des dessins

[0010] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description suivante d'un exemple de réalisation, concernant le système réglant d'un mouvement horloger mécanique, donné à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la figure 1 représente un premier mode de réalisation;
- la figure 2 est une représentation partielle d'un deuxième mode de réalisation;
- la figure 3 est une représentation partielle d'un troisième mode de réalisation;
- la figure 4 correspond à un graphe représentant les fréquences propres du système couplé, et
- la figure 5 correspond à un graphe montrant l'influence du couplage sur la stabilisation de la fréquence.

Description détaillée de l'invention

[0011] L'invention sera plus particulièrement illustrée par le résonateur couplé représenté à la figure 1 pour maintenir l'isochronisme d'un mouvement mécanique horloger.
[0012] Il comporte fondamentalement un premier résonateur constitué par un spiral 1 ayant typiquement une fréquence de l'ordre de quelques hertz et un deuxième résonateur constitué par un diapason 2 ayant typiquement une fréquence de l'ordre du kilohertz. La courbe à l'intérieur 3 du spiral 1 est fixée de façon classique sur une virole 5 pour l'assujettissement à un axe de balancier et le diapason 2 comporte, de façon également connue deux bras 4, 6 reliés par un pied 8. Le pied 8 du diapason 2 est fixé de façon connue à une pièce fixe du mouvement horloger, tel que le coq.
[0013] Comme on peut le voir, le spiral 1 et le diapason 2 sont reliés mécaniquement en permanence. Dans ce

mode de réalisation le bras 6 du diapason 2 est prolongé par la courbe à l'extérieur 7 du spiral 1.

[0014] En d'autres termes, les deux résonateurs sont réalisés en une seule pièce, par des techniques connues qui dépendent des matériaux utilisés. Ces matériaux sont évidemment des matériaux ayant une certaine constante élastique "k". tels que les métaux et alliages, ou les matériaux amorphes, monocristallins ou polycristallins, tels que le verre, le quartz, le silicium ou ses dérivés.

[0015] Les techniques de conformation de ces matériaux par étampage, technique LIGA, gravage, photolithographie, ou autres sont bien connues de l'homme de l'art et ne seront donc pas davantage décrites.

[0016] Ce mode de réalisation de base fera plus loin l'objet d'un exemple montrant comment un tel couplage a un effet favorable sur la stabilisation de la fréquence.

[0017] En se référant maintenant à la figure 2, on a représenté une variante de réalisation. Cette variante diffère du mode de réalisation précédent en ce que le premier résonateur, à savoir le spiral 1, et le deuxième résonateur, à savoir le diapason 2, sont initialement deux pièces indépendantes pouvant être réalisées dans des matériaux différents. Entre ces deux pièces, il est créé une liaison mécanique. Dans l'exemple représenté, le bras 6 du diapason 2 comporte une encoche 10 dans laquelle on engage l'extrémité de la courbe à l'extérieur 7 du spiral, en complétant éventuellement la liaison mécanique par collage. D'autres modes de liaison mécanique, bien connus de l'homme de l'art, sont évidemment possibles. Dans le mode de réalisation représenté, le pied 8 du diapason 2 comporte en outre un rétrécissement 12 permettant la fixation à une partie fixe du mouvement horloger, et pouvant influencer la constante de couplage "k_c" entre les deux résonateurs.

[0018] La figure 3 représente d'autres variantes permettant d'avoir une grande liberté pour ajuster la constante de couplage "k_c" entre le premier et le deuxième résonateur. Comme on peut le voir, le pied 8 peut comporter des évidements de matière qui vont permettre de modifier la constante de couplage "k_c". Ces évidements 14 peuvent par exemple être effectués par ablation laser. Ils pourraient également être effectués sur toute autre partie du diapason 2, notamment sur le bras libre 4 pour en modifier la masse "m" et donc la fréquence propre du diapason, Inversement, selon un mode de réalisation non représenté, il serait possible d'ajouter de la masse en un endroit quelconque du deuxième résonateur.

[0019] La figure 3 montre également une autre variante, qui peut être combinée avec la variante précédente, pour modifier la fréquence propre du premier résonateur. Le bras libre 4 comporte en effet une masselotte 16, mobile sur ledit bras 4 et pouvant être immobilisée en un endroit déterminé, par exemple au moyen d'une vis de serrage 18.

[0020] Selon encore une autre variante non représentée, lorsque le diapason 2 est réalisé en quartz selon des axes cristallographiques permettant d'obtenir un effet piézoélectrique, des électrodes peuvent être prévues sur les bras 4, 6 pour générer de l'énergie électrique. Dans le cas d'une montre bracelet cette énergie pourra par exemple être utilisée pour éclairer le cadran.

[0021] En se référant maintenant aux figures 4 et 5, on donne ci-après un exemple correspondant à un résonateur couplé selon le mode de réalisation représenté à la figure 1. Le spiral utilisé a une constante élastique $k_1 = 1.10^{-6}$ N.m/Rd et une masse d'inertie $m_1 = 16.10^{-10}$ kg, ce qui correspond à une fréquence propre $f_1 = 3,979$ Hz. Le diapason, dont le bras libre a une longueur de 10 mm et une largeur de 50 μm a une constante élastique $k_2 = 1,26$ N/m et une masse d'inertie $m_2 = 1,6.10^{-7}$ kg, ce qui correspond à une fréquence propre $f_2 = 446,627$ Hz. Lorsque les deux résonateurs sont couplés de façon mécanique, la valeur de la constante de couplage "kc" dépend de la forme du pied qui joint les deux résonateurs. On a fait varier cette fréquence de couplage k_c entre les valeurs 1.10^{-8} et 1.10^{4} et représenté à la figure 4 avec une échelle logarithmique les fréquences propres du système couplé. Comme on peut le voir, la fréquence f_2 la plus haute n'est pratiquement pas influencée par la variation du coefficient de couplage k_c, alors qu'on observe une augmentation de la fréquence la plus basse f_1 pour les couplages les plus faibles, c'est à dire ceux qui présentent le plus d'intérêt dans le cadre de la présente application.

[0022] Le graphe de la figure 5 correspond, en fonction d'une variation du coefficient du couplage k_c dans les limites sus-indiquées, à une étude de perturbation sur le premier résonateur par exemple due à un choc, c'est à dire à une comparaison de l'effet de la perturbation sur une variation de fréquence du premier résonateur lorsqu'il est seul et lorsqu'il est couplé avec le deuxième résonateur, supposé stable.

[0023] Comme on peut le voir, pour un coefficient de couplage $k_c = 1.10^{-5}$ on obtient une stabilisation de l'ordre de 70%, ce qui montre l'intérêt d'un résonateur couplé selon l'invention pour stabiliser la fréquence, par exemple celle du système réglant d'une pièce d'horlogerie, par une conception simple et relativement moins coûteuse.

Revendications

1. Résonateur couplé comportant un premier résonateur à basse fréquence et un deuxième résonateur à plus haute fréquence, **caractérisé en ce que** le premier résonateur et le deuxième résonateur comportent des moyens de couplage mécanique permanents.

2. Résonateur couplé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier et le deuxième résonateur sont réalisés en des matériaux identiques ou différents en étant assemblés par collage, rivetage, soudage, emboîtement ou autre.

3. Résonateur couplé selon la revendication 1, **carac-**

térisé en ce que le premier et le deuxième résonateur viennent de matière avec un même matériau.

4. Résonateur couplé selon les revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** les matériaux utilisés pour les premier et deuxième résonateurs sont choisis parmi les métaux ou alliages, ou les matériaux amorphes, monocristallins ou polycristallins, tels que le verre, le quartz et le silicium ou ses dérivés.

5. Résonateur couplé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier résonateur est un spiral (1) et **en ce que** le deuxième résonateur est un diapason (2) comportant deux bras (4, 6) reliés par un pied, l'un des bras (6) étant solidaire de la courbe à l'extérieur (7) du spiral (1) et l'autre bras (4) étant libre.

6. Résonateur couplé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le bras libre (4) du diapason (2) comporte en outre une masselotte (16) pouvant être déplacée pour modifier sa fréquence propre et ajuster ainsi la fréquence du résonateur couplé.

7. Résonateur couplé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le bras libre (4) du diapason (2) comporte en outre des zones (14) facilement usinables permettant de modifier sa fréquence propre et ajuster ainsi la fréquence du résonateur couplé,

8. Résonateur couplé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier résonateur a une fréquence propre de l'ordre de quelques hertz et le deuxième résonateur une fréquence propre de l'ordre du kilohertz.

9. Résonateur couplé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que**, lorsque le matériau est le quartz et lorsque la conformation dudit résonateur a été effectuée selon les orientations cristallographiques permettant d'obtenir un effet piézoélectrique, les bras (4, 6) du diapason (2) comportent en outre des électrodes permettant de générer de l'énergie électrique.

10. Pièce d'horlogerie à mouvement mécanique, **caractérisée en ce qu'**elle comporte comme système réglant un résonateur couplé selon une quelconque des revendications précédentes.

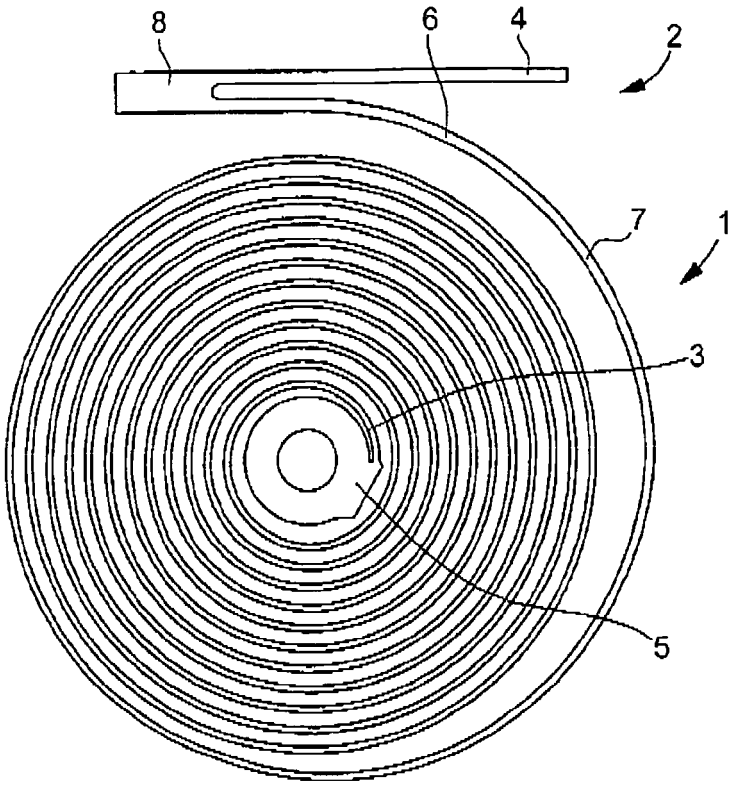


Fig. 1

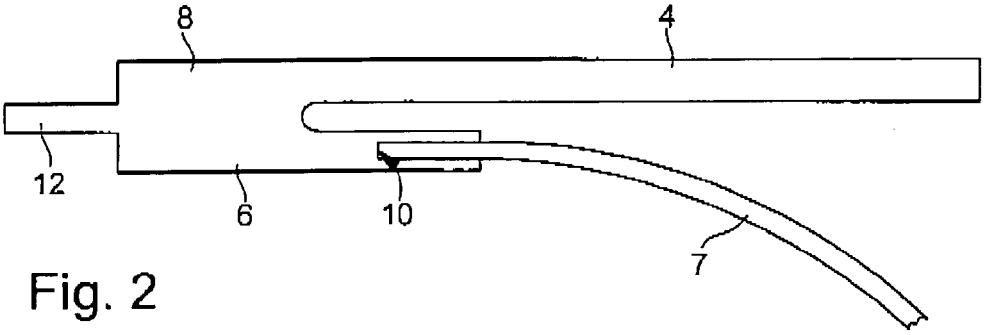


Fig. 2

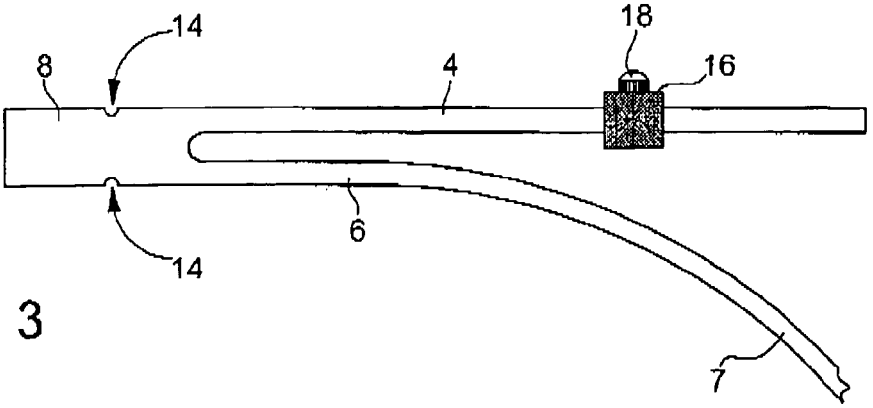


Fig. 3

Fig. 4

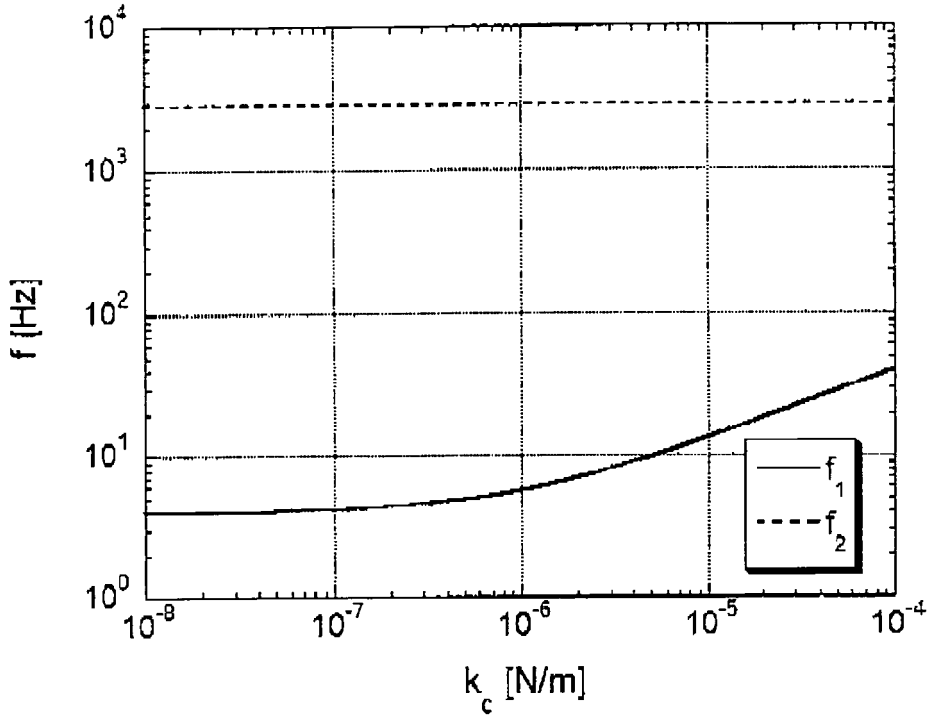
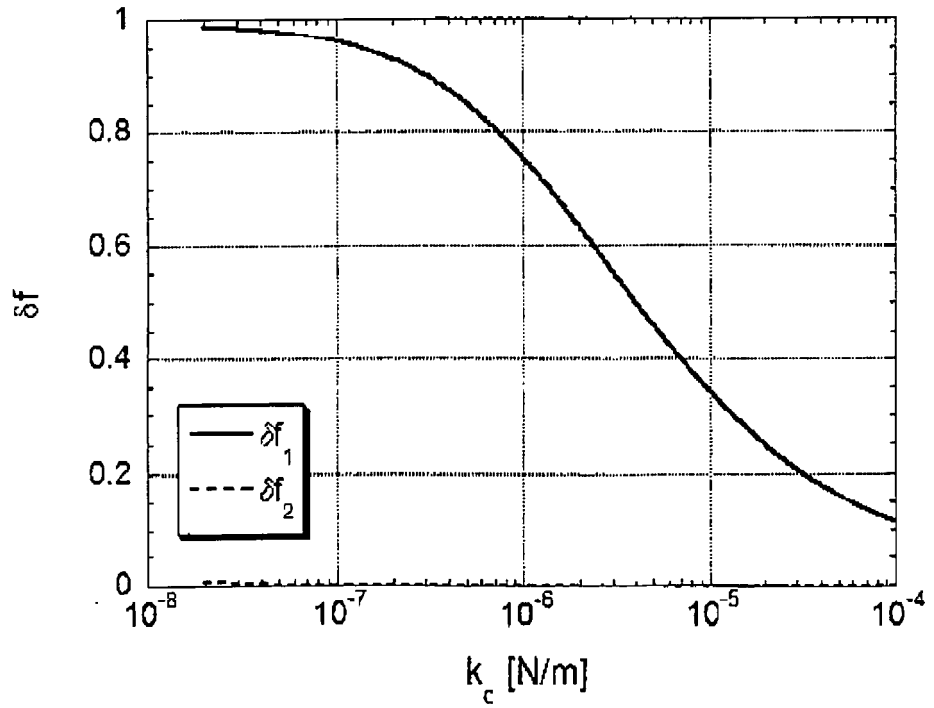

f [Hz]
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
10^{-8}
10^{-7}
10^{-6}
10^{-5}
10^{-4}
k_c [N/m]
f_1
f_2

Fig. 5


δf
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
10^{-8}
10^{-7}
10^{-6}
10^{-5}
10^{-4}
k_c [N/m]
δf_1
δf_2

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 06 00 7397

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 615 314 A (PATEK PHILIPPE SA) 31 janvier 1980 (1980-01-31) * abrégé * * page 3, colonne 2, ligne 62 - ligne 64 *	1,2,4,8, 10	INV. G04C5/00 G04B17/06
A	* page 4, colonne 1, ligne 32 - ligne 40; revendications 1,18; figures 3-5 * * page 5, colonne 2, ligne 16 - ligne 22 *	5,6	
X	FR 2 114 016 A (TEST SA SIEMENS AG [CH]) 30 juin 1972 (1972-06-30) * page 4, ligne 25 - ligne 30; revendication 2 *	1-4,8,10	
X	FR 563 314 A (H.SCHIEFERSTEIN) 3 décembre 1923 (1923-12-03) * page 4, ligne 87 - page 5, ligne 90; figure 13 *	1,2,4,8, 10	
X	CH 443 748 A (GOLAY BERNARD SA [CH]) 15 septembre 1967 (1967-09-15) * colonne 2, ligne 13 - ligne 18 * * colonne 2, ligne 30 - colonne 3, ligne 11 * * colonne 4, ligne 7 - ligne 10 *	1,2,4,8	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

G04C
G04B

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	26 février 2007	Guidet, Johanna

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

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 06 00 7397

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 members 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.

26-02-2007

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 615314 A	31-01-1980	AUCUN	
FR 2114016 A	30-06-1972	CH 535444 A	15-12-1972
		CH 1666770 D	15-12-1972
		DE 2155799 A1	25-05-1972
FR 563314 A	03-12-1923	AUCUN	
CH 443748 A	15-09-1967	AUCUN	

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- GB 1138818 A **[0002]**
- US 3937001 A **[0002]**
- EP 0679968 A **[0002]**
- EP 0732243 A **[0002]**
- EP 0806710 A **[0002]**
- EP 0822470 A **[0002]**
- EP 0848306 A **[0002]**
- EP 0935177 A **[0002]**
- EP 1521141 A **[0002]**