



(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
27.06.2012 Bulletin 2012/26

(51) Int Cl.:  
**G04B 13/02 (2006.01)** **G04B 17/32 (2006.01)**  
**G04B 17/34 (2006.01)** **B81C 3/00 (2006.01)**  
**G04B 15/14 (2006.01)** **G04D 1/00 (2006.01)**  
**G04D 3/04 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: 10196580.4

(22) Date de dépôt: 22.12.2010

(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

(71) Demandeur: Nivarox-FAR S.A.  
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeurs:

- Verardo, Marco  
2336, Les Bois (CH)

- Cusin, Pierre  
1423, Villars-Burquin (CH)
- Queval, Arthur  
2000, Neuchâtel (CH)

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

### (54) Assemblage d'une pièce ne comportant pas de domaine plastique

(57) L'invention se rapporte à un assemblage d'un organe (5, 15) en un premier matériau dans l'ouverture (4) d'une pièce (3) en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique à l'aide d'une partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27'') en un troisième matériau montée entre l'organe et ladite pièce. Selon l'invention, la partie intermédiaire (3) comporte une lumière (8,

28, 28', 28", 28'') destinée à recevoir ledit organe. De plus, la partie intermédiaire, déformée élastiquement et plastiquement, serre radialement (B, C) ledit organe et contraint ladite pièce élastiquement afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

L'invention concerne notamment le domaine des pièces d'horlogerie.

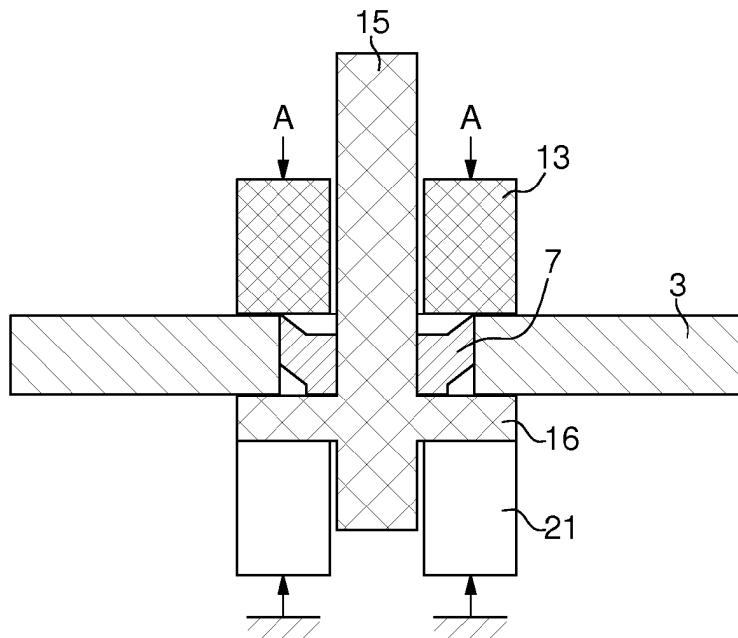


Fig. 6

**Description**Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention se rapporte à un assemblage d'une pièce dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique avec un organe comportant un autre type de matériau.

Arrière plan de l'invention

**[0002]** Les assemblages actuels comportant une pièce à base de silicium sont généralement solidarisés par collage. Une telle opération nécessite une extrême finesse d'application ce qui la rend coûteuse.

**[0003]** Le document EP 2 107 433 divulgue une première pièce faite à base silicium qui est assemblée sur une pièce intermédiaire métallique le tout étant ensuite assemblé sur un axe en métal. Toutefois, les formes de réalisation proposées dans ce document ne sont pas satisfaisantes et, soit, entraînent le bris de la pièce à base de silicium lors de son assemblage, soit, solidarisent insuffisamment les pièces entre elles.

**[0004]** En effet, dans ce document, une extrémité de la pièce intermédiaire est repliée sur la partie en silicium en générant des contraintes uniquement axiales ce qui a pour conséquence de briser la pièce en silicium. De plus, le document propose l'utilisation de facettage ce qui entraîne une répartition non uniforme de la contrainte sur le silicium causant également le bris de la pièce en silicium.

Résumé de l'invention

**[0005]** Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un assemblage sans colle capable de solidariser une pièce dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique avec un organe comportant un matériau ductile comme, par exemple, un métal ou un alliage métallique.

**[0006]** A cet effet, l'invention se rapporte à un assemblage d'un organe en un premier matériau dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique à l'aide d'une partie intermédiaire en un troisième matériau montée entre ledit organe et ladite pièce caractérisé en ce que la partie intermédiaire comporte une lumière destinée à recevoir ledit organe et en ce que la partie intermédiaire, déformée élastiquement et plastiquement, serre radialement ledit organe et constraint ladite pièce élastiquement afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

**[0007]** Cette configuration permet avantageusement de solidariser l'ensemble pièce - partie intermédiaire - organe sans collage avec un organe habituel à la précision maîtrisée tout en garantissant que la pièce ne subisse pas d'efforts destructifs même si elle est formée,

par exemple, à partir de silicium monocristallin.

**[0008]** Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- 5 - la paroi externe de la partie intermédiaire est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de ladite ouverture ;
- l'ouverture de la pièce est circulaire ;
- 10 - l'ouverture de la pièce est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage ;
- le deuxième matériau est à base de silicium monocristallin ;
- 15 - l'ouverture comporte une section comprise entre 0,5 et 2 mm.

**[0009]** De plus, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte un assemblage selon l'une des variantes précédentes.

**[0010]** Enfin, l'invention se rapporte à un procédé d'assemblage d'un organe en un premier matériau dans une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique comportant les étapes suivantes :

- 25 a) former la pièce avec une ouverture ;
- b) introduire sans contrainte, dans l'ouverture, une partie intermédiaire en un troisième matériau comportant une lumière ;
- 30 c) introduire sans contrainte l'organe dans la lumière ;
- d) déformer élastiquement et plastiquement la partie intermédiaire par rapprochement de deux outils afin d'exercer une contrainte radiale contre l'organe et contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture en sollicitant la déformation élastique de la pièce afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

**[0011]** Ce procédé permet avantageusement de solidariser radialement l'organe et la pièce sans qu'aucun effort axial ne soit appliqué sur la pièce. En effet, de manière avantageuse selon l'invention, seule une déformation élastique radiale est appliquée sur la pièce. Enfin, un tel procédé permet de solidariser l'ensemble pièce - partie intermédiaire - organe en s'adaptant aux dispersions de fabrication des différents constituants.

**[0012]** Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- 50 - la paroi externe de la partie intermédiaire est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture ;
- l'ouverture de la pièce est circulaire ;
- l'ouverture de la pièce est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit

assemblage ;

- lors de l'étape b), la différence entre la section de l'ouverture et la section externe de la partie intermédiaire est d'environ 10  $\mu\text{m}$  ;
- lors de l'étape c), la différence entre la section de l'organe et la section intérieure de la partie intermédiaire est d'environ 10  $\mu\text{m}$  ;
- lors de l'étape d), la déformation exerce un serrage compris entre 16 et 40  $\mu\text{m}$  ;
- lors de l'étape b), la partie intermédiaire comporte un évidement conique et coaxial par rapport à la lumière afin, lors de l'étape d), de faciliter l'orientation radiale de la contrainte induite par la déformation de la partie intermédiaire ;
- le deuxième matériau est formé à base de silicium monocristallin ;
- le troisième matériau est formé à base de métal ou d'alliage métallique
- la pièce peut être, par exemple, un mobile d'horlogerie, une ancre d'horlogerie, un spiral d'horlogerie, un résonateur ou encore un MEMS.

#### Description sommaire des dessins

**[0013]** 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 :

- les figures 1 et 2 sont des représentations schématiques d'étapes successives du procédé d'assemblage selon l'invention ;
- les figures 3 et 4 sont des représentations en coupe vues de face ou en perspective de la partie intermédiaire selon l'invention ;
- les figures 5 et 6 sont des représentations d'étapes alternatives du procédé d'assemblage selon l'invention ;
- les figures 7 à 10 sont des représentations de variantes de la partie intermédiaire selon l'invention.

#### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0014]** Comme expliqué ci-dessus, l'invention se rapporte à un assemblage et son procédé destinés à solidariser un matériau fragile, c'est-à-dire ne comportant pas de domaine plastique comme un matériau à base de silicium monocristallin, avec un matériau ductile comme un métal ou un alliage métallique.

**[0015]** Cet assemblage a été imaginé pour des applications dans le domaine horloger. Toutefois, d'autres domaines peuvent parfaitement être imaginés comme notamment l'aéronautique, la bijouterie, l'automobile ou les arts de la table.

**[0016]** Dans le domaine horloger, cet assemblage est rendu nécessaire par la part croissante que tiennent les matériaux fragiles comme ceux à base de silicium, de quartz, de corindon ou plus généralement de céramique.

On peut, à titre d'exemple, envisager de former le spiral, le balancier, l'ancre, les ponts ou même les mobiles comme les roues d'échappement totalement ou partiellement à base de matériaux fragiles.

**[0017]** Toutefois, le fait de toujours pouvoir utiliser des axes habituels en acier dont la fabrication est maîtrisée, est une contrainte qui est difficile à concilier avec l'utilisation de pièces ne comportant pas de domaine plastique. En effet, lors de tests effectués, le chassage d'un axe en acier est impossible et brise systématiquement les pièces fragiles, c'est-à-dire ne comportant pas de domaine plastique. Par exemple, il est apparu que le cisaillement généré par l'entrée de l'axe métallique dans l'ouverture d'une pièce en silicium brise systématique cette dernière.

**[0018]** Dans le domaine de l'horlogerie, un préjugé technique tend ainsi à considérer qu'il ne faut pas dépasser une contrainte comprise entre 300 et 450 MPa sur une pièce en silicium sous peine de briser cette dernière. Cette échelle de valeur est estimée théoriquement à partir du module d'Young caractérisant le domaine élastique du silicium.

**[0019]** Par conséquent, pour les cas où les contraintes estimées dépassent cette plage entre 300 et 450 MPa, des moyens de déformation élastique formés par des ajourages traversants dans le silicium ont alors été développés comme ceux divulgués dans les documents EP 1 445 670, WO 2006/122873 et WO 2007/099068.

**[0020]** Lors de tests supplémentaires effectués en déformant une partie intermédiaire et en augmentant au fur et à mesure la contrainte appliquée sur la partie en silicium, il est apparu, de manière étonnante, que la pièce en silicium pouvait supporter en fait une contrainte bien supérieure avant qu'une amorce de rupture soit détectée. Ainsi, de manière inattendue, les tests ont été prolongés jusqu'à une plage de contrainte comprise entre 1,5 et 2 GPa sans rupture, c'est-à-dire bien au-delà du préjugé technique s'étendant entre 300 à 450 MPa. Par conséquent, de manière étendue, les matériaux fragiles tels que le silicium, de quartz, de corindon ou plus généralement de céramique ne suivent pas nécessairement les modèles statistiques de pièces fragiles habituellement utilisés.

**[0021]** C'est pourquoi, l'invention se rapporte à un assemblage entre un organe en un premier matériau, par exemple ductile comme l'acier, dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique, comme un matériau à base de silicium, par déformation d'une pièce intermédiaire, en un troisième matériau, qui est montée entre ledit organe et ladite pièce.

**[0022]** Selon l'invention, la partie intermédiaire comporte une lumière destinée à recevoir ledit organe. De plus, la partie intermédiaire, déformée élastiquement et plastiquement, serre radialement ledit organe et constraint ladite pièce élastiquement afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

**[0023]** De plus, de manière préférée, la paroi externe

de la partie intermédiaire est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant ladite ouverture. En effet, lors des recherches effectuées, il est apparu préférable que la partie intermédiaire répartisse de manière uniforme les contraintes radiales induites par sa déformation sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture.

**[0024]** Par conséquent, si l'ouverture dans la pièce fragile est circulaire, il est préférable que la paroi externe de la partie intermédiaire soit en forme sensiblement de cylindre continu, c'est-à-dire sans fente radiale ou ajourage axial traversant autre que la lumière destinée à recevoir l'organe, pour éviter les contraintes localisées sur une faible surface de la paroi de la pièce entourant l'ouverture de la pièce fragile qui sont propres à briser la matière fragile.

**[0025]** Bien entendu, la forme de l'ouverture dans la pièce fragile peut différer en étant, par exemple, asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments de l'assemblage. Une telle ouverture asymétrique peut ainsi être, par exemple, sensiblement elliptique.

**[0026]** Par conséquent, la partie intermédiaire avec une forme correspondante à l'ouverture comportant une lumière peut s'interpréter, si la section de l'ouverture est circulaire, comme un anneau plein dont les parois interne et externe sont continues, c'est-à-dire sans rainure ou plus généralement de discontinuité de matière. La forme correspondante de la partie intermédiaire permet donc, par déformation élastique et plastique, de générer uniquement une contrainte radiale sensiblement uniforme sur une surface maximisée de la paroi de la pièce autour de l'ouverture.

**[0027]** Bien entendu, cette forme de paroi correspondante est également applicable à la paroi interne de la partie intermédiaire faisant vis-à-vis avec l'organe. On comprend alors que la forme de la paroi interne pourrait correspondre à celle externe de l'organe afin de générer une contrainte radiale sensiblement uniforme de la paroi interne de la partie intermédiaire sur une surface maximisée de la paroi externe de l'organe.

**[0028]** L'assemblage selon l'invention sera mieux compris en relation avec les figures 1 à 10 présentant des exemples d'assemblage. Aux figures 1 à 4, on peut voir un premier mode de réalisation selon l'invention. une première étape consiste ainsi à former la pièce 3 en un matériau n'ayant pas de domaine plastique avec une ouverture 4. Comme visible à la figure 1, l'ouverture 4 comporte une section  $e_1$ , qui, préférentiellement, est comprise entre 0,5 et 2 mm.

**[0029]** Une telle étape peut être réalisée par gravage sous forme sèche ou humide comme, par exemple, un gravage ionique réactif profond (également connu sous l'abréviation anglaise « DRIE »).

**[0030]** De plus, dans une deuxième étape, le procédé consiste à former l'organe, un axe de pivotement 5 dans l'exemple des figures 1 et 2, en un deuxième matériau avec une section principale  $e_2$ . Comme expliqué ci-des-

sus, la deuxième étape peut être réalisée selon les processus habituels de fabrication d'axes. L'organe 5 est préférentiellement métallique et peut, par exemple, être formé en acier.

**[0031]** Le procédé, dans une troisième étape, consiste à former la partie intermédiaire 7, en un troisième matériau, avec une lumière 8 de section interne  $e_4$  et de section externe  $e_3$  dont la paroi est de forme sensiblement correspondante à l'ouverture 4. La troisième étape peut ainsi être réalisée à partir d'un usinage habituel et/ou d'un processus d'électroformage. La partie intermédiaire 7 peut ainsi comporter une épaisseur comprise entre 100 et 600  $\mu\text{m}$  et une largeur  $l$ , c'est-à-dire la section externe  $e_3$  moins la section interne  $e_4$  divisées par deux ( $l = (e_3 - e_4)/2$ ), comprise entre 100 et 300  $\mu\text{m}$ .

**[0032]** Préférentiellement, le troisième matériau est plus ductile que le deuxième matériau de l'organe 5 afin que ce dernier se déforme moins ou pas du tout lors de l'étape de déformation. La partie intermédiaire 7 est préférentiellement métallique et peut ainsi comporter du nickel et/ou de l'or. Toutefois, tout autre matériau ductile peut avantageusement être ajouté au troisième matériau ou remplacer ce dernier.

**[0033]** Bien entendu, les trois premières étapes n'ont pas de consécutivité à respecter et peuvent même être réalisées en même temps.

**[0034]** Dans une quatrième étape, la partie intermédiaire 7 est introduite sans contact dans l'ouverture 4. Cela signifie comme visible à la figure 1 que la section  $e_1$  de l'ouverture 4 est plus grande ou égale à la section externe  $e_3$  de la partie intermédiaire 7.

**[0035]** De manière préférée, la différence entre la section  $e_1$  de l'ouverture 4 et la section externe  $e_3$  de la partie intermédiaire 7 est d'environ 10  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire un interstice d'environ 5  $\mu\text{m}$  qui sépare la pièce 3 par rapport à la partie intermédiaire 7.

**[0036]** De plus, préférentiellement selon l'invention, la partie intermédiaire 7 est maintenue dans l'ouverture 4 à l'aide d'un 11 des outils 11, 13 utilisés pour l'étape de déformation. Enfin, de manière préférée, l'outil 11 comporte un évidemment 12 destiné à recevoir l'organe 5.

**[0037]** Dans une cinquième étape, l'organe 5 est introduit sans contact dans la lumière 8 de la partie intermédiaire 7. Cela signifie comme visible à la figure 1 que la section  $e_4$  de la lumière 8 est plus grande ou égale à la section externe  $e_2$  de l'organe 5.

**[0038]** De manière préférée, la différence entre la section  $e_4$  de la lumière 8 et la section externe  $e_2$  de l'organe 5 est d'environ 10  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire un interstice d'environ 5  $\mu\text{m}$  qui sépare l'organe 5 de la partie intermédiaire 7.

**[0039]** De plus, préférentiellement selon l'invention, l'organe 5 est maintenu dans la lumière 8 à l'aide dudit évidemment 12 de l'outil 11 de section sensiblement équivalente à celle  $e_2$  de l'organe 5.

**[0040]** Enfin, le procédé comporte une sixième étape consistant à déformer élastiquement et plastiquement la partie intermédiaire 7 par rapprochement des outils 11, 13 selon la direction axiale A afin d'exercer une contrainte

radiale C, B respectivement contre l'organe 5 et contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture 4 en sollicitant la déformation élastique de la pièce 3.

**[0041]** En effet, de manière inattendue, il n'est pas nécessaire de prévoir d'ajourages traversant l'épaisseur de la pièce 3 autour de l'ouverture 4 comme ceux divulgués dans les documents EP 1 445 670, WO 2006/122873 et WO 2007/099068 pour éviter le bris de cette dernière. Ainsi, la pièce 3 va se déformer élastiquement même sous forte contrainte, c'est-à-dire supérieur à 450 MPa pour le silicium, sans amorce de rupture.

**[0042]** Ainsi, comme visible à la figure 2, le pressage de la partie intermédiaire 7 au niveau de ses parties supérieure et inférieure respectivement par l'outil 13 et 11 selon la direction axiale A va induire une déformation élastique et plastique de la partie intermédiaire 7, laquelle se déforme exclusivement radialement selon les directions B et C, c'est-à-dire vers la pièce 3 et vers l'organe 5. Une fois la contrainte des outils 11, 13 relâchée, la pièce 3 exerce un retour élastique propre à définitivement solidariser l'ensemble organe 5 - partie intermédiaire 7 - pièce 3.

**[0043]** De manière préférée selon l'invention, la déformation est paramétrée afin que le serrage soit supérieur aux interstices entre la partie intermédiaire 7 non déformée et, d'une part, la paroi de l'ouverture 4 et, d'autre part, l'organe 5. Préférentiellement, le serrage est compris entre 16 et 40  $\mu\text{m}$ .

**[0044]** Par conséquent, il est voulu que la déformation élastique et plastique de la partie intermédiaire 7 exerce aussi bien la déformation élastique de la pièce 3 autour de l'ouverture 4 mais également la déformation élastique et/ou plastique de l'organe 5 afin de solidariser ensemble l'organe 5, la partie intermédiaire 7 et la pièce 3 comme visible à la figure 2. Comme illustré à la figure 2, il peut également arriver que l'extrémité de la partie intermédiaire 7, lors de la déformation, se rabattra superficiellement au-dessus de la pièce 3 sans toutefois exercer une quelconque contrainte axiale sur la pièce 3. Enfin, il est à noter que ce mode de réalisation autorise notamment un centrage automatique de l'ensemble organe 5 - partie intermédiaire 7 - pièce 3.

**[0045]** Avantageusement selon l'invention, aucun effort axial (par définition risquant d'être destructif) n'est appliqué sur la pièce 3 pendant le procédé. Seule une déformation élastique radiale maîtrisée en fonction de la contrainte programmée des outils 11, 13, est appliquée sur la pièce 3. Il est également à noter que l'utilisation de la partie intermédiaire 7 dont la paroi externe est de forme sensiblement correspondante à l'ouverture 4 permet, lors de la déformation radiale B de la partie intermédiaire 7, d'exercer une contrainte uniforme sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture 4 afin d'éviter tout bris de la pièce 3 en matériau fragile et s'adapter aux dispersions de fabrication des différents éléments.

**[0046]** Comme visible aux figures 3 et 4, préférentiellement, la partie intermédiaire 7 comporte un évidement 10 conique et coaxial par rapport à la lumière 8 afin de,

lors de l'étape de déformation, faciliter l'orientation radiale B, C de la contrainte induite par la déformation de la partie intermédiaire 7 mais également rendre ladite contrainte progressive. En effet, la pente 9 formant l'évidement conique 10 induit une surface de contact initiale contre l'outil 12 réduite à un cercle en obligeant la paroi externe de la partie intermédiaire 7 à se déformer radialement avec un serrage progressif contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture 4.

**[0047]** Dans l'exemple illustré aux figures 3 et 4, on voit que l'évidement conique 10 communique avec la lumière 8 en formant un méplat entre la pente 9 et le bord de la lumière 8. Cette caractéristique, c'est-à-dire que l'évidement conique 10 communique avec la lumière 8, comme montrée ci-dessous n'est toutefois pas essentielle et l'évidement 10 ainsi que sa pente 9 peuvent être de formes et de dimensions différentes.

**[0048]** 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, un blocage axial de la pièce 3 peut être apporté dans une alternative du premier mode de réalisation.

**[0049]** A titre d'exemple, les figures 5 et 6 présentent un deuxième mode de réalisation du procédé. Ainsi, les figures 5 et 6 présentent une alternative dans laquelle l'organe 15 est sensiblement différent de l'organe 5 en présentant une colllerette 16. A ce titre, l'outil 21 en partie inférieure n'a plus besoin de présenter un évidement 12 apte à recevoir l'organe 15 mais plus simplement un trou traversant 22 de section au moins égale ou supérieure à celle de l'organe 15.

**[0050]** On comprend donc que la partie intermédiaire 7 et, éventuellement, la pièce 3 peuvent ainsi être portés par la colllerette 16. De plus, la déformation de la partie intermédiaire 7 au niveau de sa partie inférieure n'est plus réalisée directement par l'outil 21 mais par l'intermédiaire de la colllerette 16 sans que le procédé ne perde de son intérêt. Ainsi, la pièce 3 est sous contrainte élastique au niveau de la partie intermédiaire 7 et bloquée contre la colllerette 16 de l'organe 15.

**[0051]** A titre d'exemple, les figures 7 à 10 présentent un troisième mode de réalisation du procédé. Ainsi, les figures 7 à 10 présentent une alternative dans laquelle la partie intermédiaire 27, 27', 27", 27"" est sensiblement différente de la partie intermédiaire 7 du premier mode de réalisation en présentant une colllerette 26, 26', 26", 26"". Par conséquent, le troisième mode de réalisation utilise les mêmes outils 11, 13 que le premier mode de réalisation. Ainsi, la pièce 3 est sous contrainte élastique au niveau de la partie intermédiaire 27, 27', 27", 27"" et bloquée contre la colllerette 26, 26', 26", 26"".

**[0052]** Dans une première variante illustrée à la figure 7, la partie intermédiaire 27 comporte un évidement conique 30 dont la pente 29 communique directement avec la lumière 28, c'est-à-dire sans méplat.

**[0053]** Il est également possible dans une deuxième variante que la partie intermédiaire 27', 27", 27"" com-

porte un évidement conique 30', 30", 30"" dont la pente 29', 29", 29"" ne communique pas avec la lumière 28', 28", 28"" mais en est séparé par un anneau 31', 31", 31"". La hauteur de l'anneau peut ainsi être inférieure 31' à celle de l'extrémité de la pente 29', être égale 31 " à celle de l'extrémité de la pente 29" ou encore être supérieure 31 "" à celle de l'extrémité de la pente 29"". Bien entendu, pour cette deuxième variante, l'outil 13 fait vis-à-vis, lors de l'étape de déformation, à la pente 29', 29", 29"" sans entrer en contact avec l'anneau 31', 31", 31"".

**[0054]** Les modes de réalisation présentés ci-dessus sont susceptibles d'être combinés entre eux suivant les applications prévues. De plus, les assemblages peuvent être appliqués, de manière non exhaustive, à un élément d'une pièce d'horlogerie tel qu'une ancre, une roue d'échappement, un spiral, un balancier, un pont ou plus généralement un mobile.

**[0055]** Il est également possible d'utiliser l'assemblage divulgué ci-dessus en remplacement des moyens de déformation élastique 48 ou des cylindres 63, 66 du document WO 2009/115463 (lequel est incorporé par référence à la présente description) afin de fixer un résonateur du type balancier - spiral monobloc sur un axe de pivotement.

**[0056]** Bien entendu, deux organes tels que décrit ci-dessus peuvent également être assujettis sur le même axe à l'aide de deux assemblages distincts afin de solidaire leur mouvement respectif.

**[0057]** Enfin, les assemblages selon l'invention peuvent également permettre la solidarisation de tout type d'organe horloger ou non dont le corps est formé d'un matériau ne comportant pas de domaine plastique (silicium, quartz, etc.) avec un axe comme, par exemple, un résonateur du type diapason ou plus généralement un MEMS (acronyme provenant des termes anglais « Micro-Electro-Mechanical System »).

## Revendications

- Assemblage d'un organe (5, 15) en un premier matériau dans l'ouverture (4) d'une pièce (3) en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique à l'aide d'une partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27"') en un troisième matériau montée entre ledit organe et ladite pièce **caractérisé en ce que** la partie intermédiaire (3) comporte une lumière (8, 28, 28', 28", 28"') destinée à recevoir ledit organe et **en ce que** la partie intermédiaire, déformée élastiquement et plastiquement, serre radialement (B, C) ledit organe et constraint ladite pièce élastiquement afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.
- Assemblage selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la paroi externe de la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27"') est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture (4) de la pièce (3) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce (3) entourant l'ouverture (4).

(3) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de ladite ouverture.

- Assemblage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'ouverture (4) de la pièce (3) est circulaire.
- Assemblage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'ouverture (4) de la pièce (3) est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage.
- Assemblage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le deuxième matériau est à base de silicium monocristallin.
- Assemblage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'ouverture (4) comporte une section comprise entre 0,5 et 2 mm.
- Pièce d'horlogerie **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins un assemblage selon l'une des revendications précédentes.
- Procédé d'assemblage d'un organe (5, 15) en un premier matériau dans une pièce (3) en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique comportant les étapes suivantes :
  - former la pièce (3) avec une ouverture (4) ;
  - introduire sans contrainte, dans l'ouverture (4), une partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27"') en un troisième matériau comportant une lumière (8, 28, 28', 28", 28"') ;
  - introduire sans contrainte l'organe (5, 15) dans la lumière (8, 28, 28', 28", 28"') ;
  - déformer élastiquement et plastiquement la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27"') par rapprochement de deux outils (11, 13, 21) afin d'exercer une contrainte radiale (B, C) contre l'organe (5, 15) et contre la paroi de la pièce (3) entourant l'ouverture (4) en sollicitant la déformation élastique de la pièce (3) afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.
- Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la paroi externe de la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27"') est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture (4) de la pièce (3) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce (3) entourant l'ouverture (4).
- Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** l'ouverture (4) de la pièce (3) est circulaire.
- Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé**

**en ce que** l'ouverture (4) de la pièce (3) est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage.

12. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape b), la différence entre la section (e<sub>4</sub>) de l'ouverture (4) et la section externe (e<sub>3</sub>) de la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27'') est d'environ 10 µm. 5

13. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape c), la différence entre la section (e<sub>2</sub>) de l'organe (5, 15) et la section intérieure (e<sub>4</sub>) de la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27'') est d'environ 10 µm. 15

14. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 13, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape d), la déformation exerce un serrage compris entre 16 et 40 µm. 20

15. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 14, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape b), la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27'') comporte un évidement (10, 30, 30', 30", 30'') conique et coaxial par rapport à la lumière (8, 28, 28', 28", 28'') afin, lors de l'étape d), de faciliter l'orientation radiale (B) de la contrainte induite par la déformation de la partie intermédiaire (7, 27, 27', 27", 27''). 25

16. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 15, **caractérisé en ce que** le deuxième matériau est formé à base de silicium monocristallin.

17. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 16, **caractérisé en ce que** le troisième matériau est formé à base de métal ou d'alliage métallique. 35

18. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 17, **caractérisé en ce que** la pièce (3) est un mobile d'horlogerie. 40

19. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 17, **caractérisé en ce que** la pièce (3) est une ancre d'horlogerie. 45

20. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 17, **caractérisé en ce que** la pièce (3) est un spiral d'horlogerie. 50

21. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 17, **caractérisé en ce que** la pièce (3) est un résonateur. 55

22. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 8 à 17, **caractérisé en ce que** la pièce (3) est un MEMS.

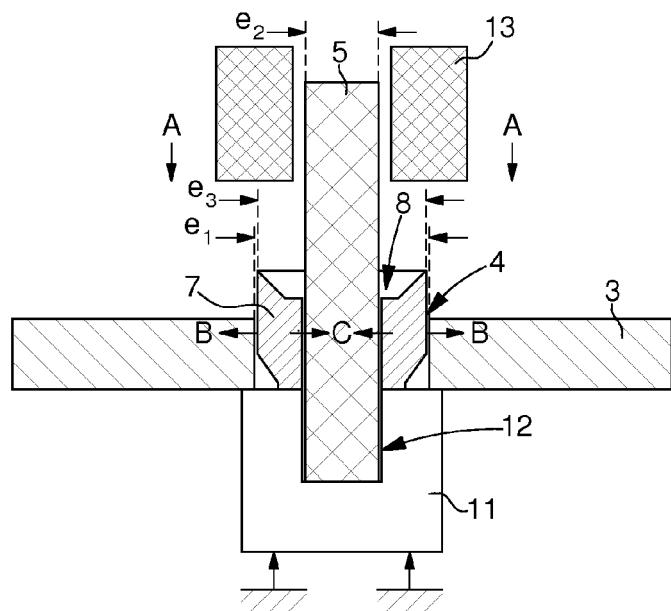


Fig. 1

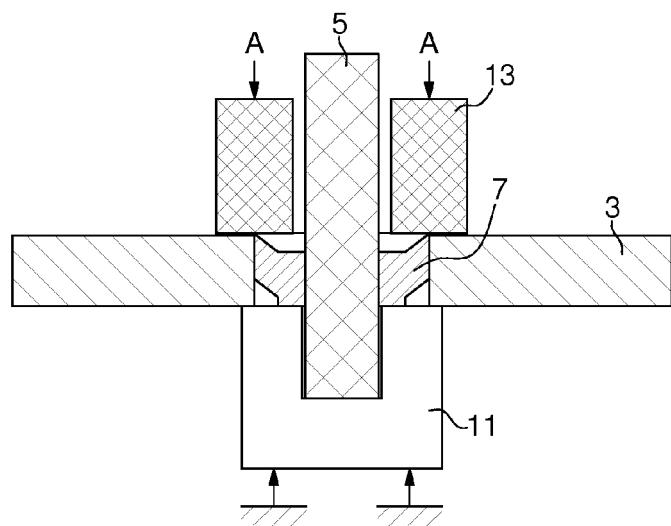


Fig. 2

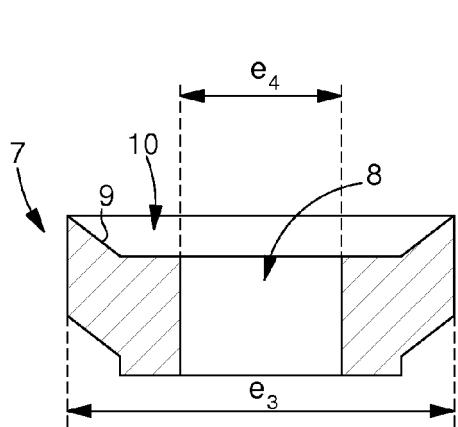


Fig. 3

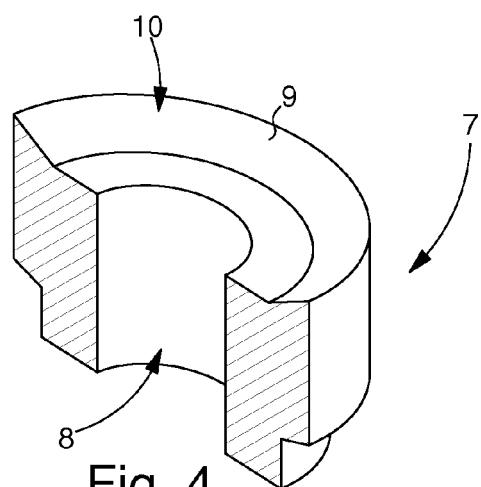


Fig. 4

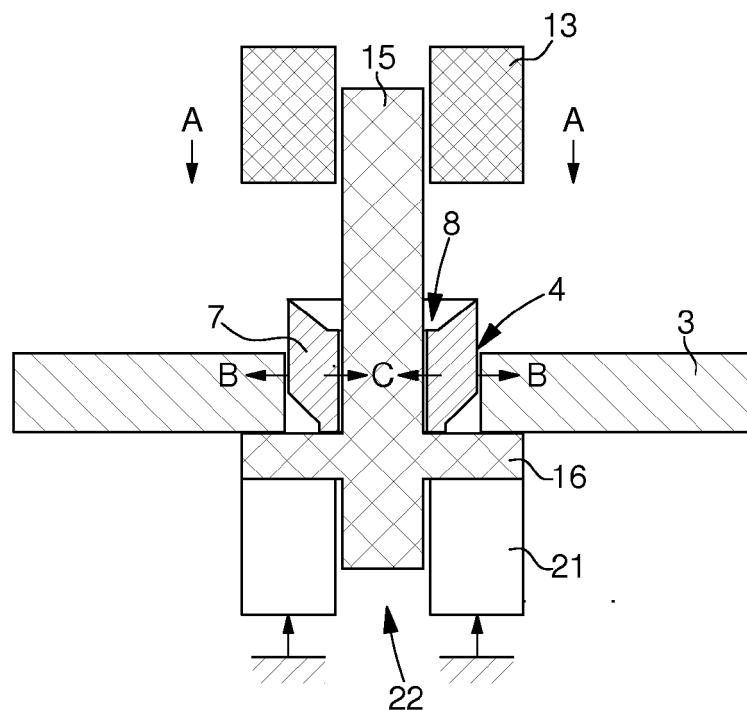


Fig. 5

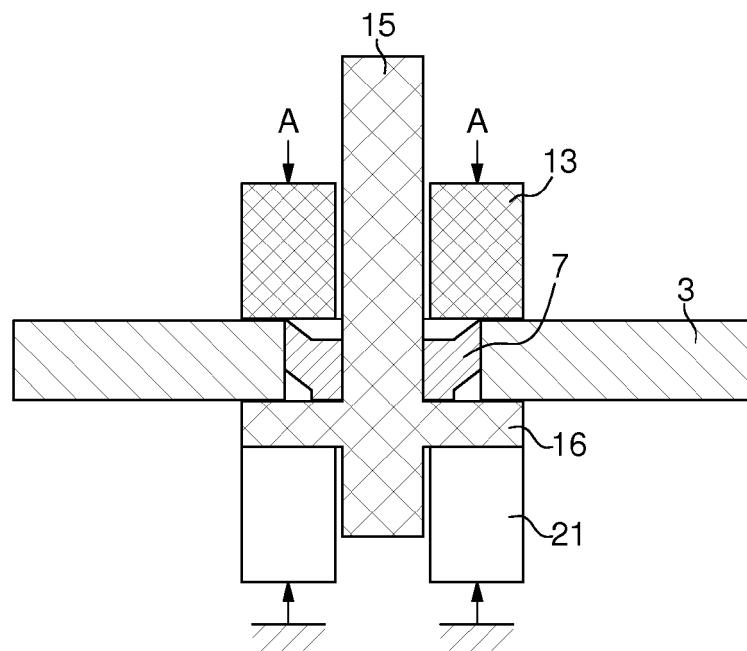


Fig. 6

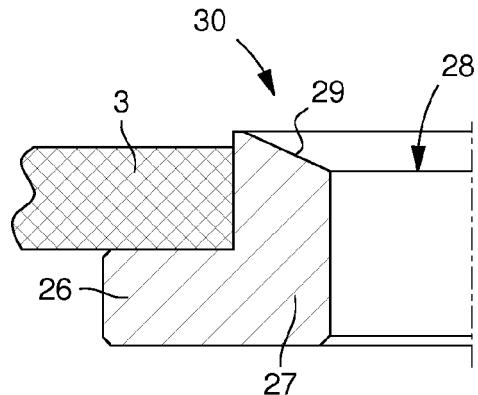


Fig. 7

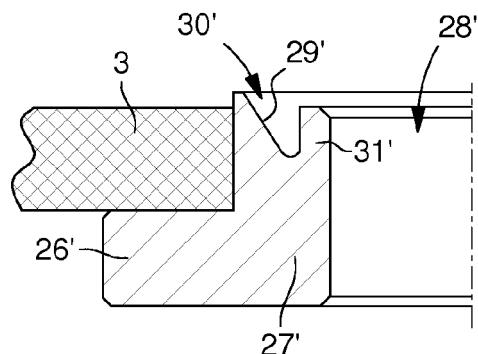


Fig. 8

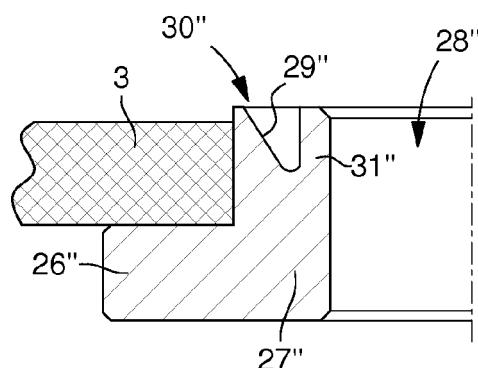


Fig. 9

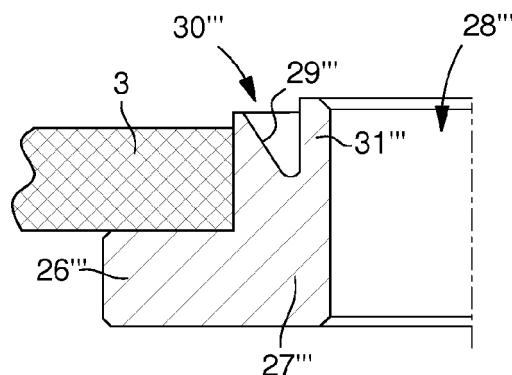


Fig. 10



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

 Numéro de la demande  
 EP 10 19 6580

| 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 699 680 A2 (RICHEMONTE INT SA [CH])<br>15 avril 2010 (2010-04-15)<br>* alinéas [0030], [0 32], [0 33], [0 34], [0 35], [0 39], [0 43], [0 45], [0 46], [0 48] *<br>-----  | 1-7                               | INV.<br>G04B13/02<br>G04B17/32<br>G04B17/34<br>B81C3/00<br>G04B15/14 |
| X   | EP 1 850 193 A1 (PATEK PHILIPPE SA [CH])<br>31 octobre 2007 (2007-10-31)<br>* alinéas [0007], [00 9], [0 10], [0 16], [0 18]; revendications 1-25 *  | 1-7                               | G04D1/00<br>G04D3/04   |
| A   | -----  | 8-22                              |  |
| X   | EP 2 075 652 A1 (CHOPARD TECHNOLOGIES SA [CH]) 1 juillet 2009 (2009-07-01)<br>* alinéas [0016], [0 20], [0 21], [0 22], [0 26]; revendications 2, 3, 9, 10, 12, 18; figure 4 *   | 1,4-7                             |  |
| X   | -----  |                                   |  |
| X   | CH 700 260 A2 (CARTIER CREATION STUDIO SA [CH]) 30 juillet 2010 (2010-07-30)<br>* alinéas [0017], [0 21], [0 24], [0 25] *   | 1-7                               |  |
| X   | -----  |                                   |  |
| X   | WO 2008/135817 A2 (PATEK PHILIPPE SA [CH]; MAIER FREDERIC [CH]; VON GUNTEN STEPHANE [CH];) 13 novembre 2008 (2008-11-13)<br>* page 5, ligne 20 - page 6, ligne 3; revendications 2, 3, 4, 10, 14, 17, 18; figures 4, 5 * | 1-3,5-7                           | G04B<br>B81C<br>G04D<br>F16H   |
| X   | -----  |                                   |  |
| X   | FR 1 427 115 A (AXHOR S A)<br>4 février 1966 (1966-02-04)<br>* page 1, colonne 2, ligne 31 - page 2, colonne 1, ligne 13; figure 2 *   | 1-3,7                             |  |
|   | -----  |                                   |  |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications  |  |                                   |  |
| 2   | Lieu de la recherche   | Date d'achèvement de la recherche | Examinateur  |
|   | La Haye  | 30 juin 2011                      | Guidet, Johanna  |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |  |                                   |  |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire                             |  |                                   |  |
| T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |  |                                   |  |

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

EP 10 19 6580

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.

30-06-2011

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s)             |  | Date de<br>publication                 |
|---|----|------------------------|---|--|--|
| CH 699680                                       | A2 | 15-04-2010             | AUCUN   |  |  |
| EP 1850193                                      | A1 | 31-10-2007             | AUCUN   |  |  |
| EP 2075652                                      | A1 | 01-07-2009             | HK 1127648 A1                                       |  | 05-11-2010                             |
| CH 700260                                       | A2 | 30-07-2010             | AUCUN   |  |  |
| WO 2008135817                                   | A2 | 13-11-2008             | CN 101675392 A<br>EP 2145237 A2<br>US 2010054089 A1 |  | 17-03-2010<br>20-01-2010<br>04-03-2010 |
| FR 1427115                                      | A  | 04-02-1966             | AUCUN   |  |  |

**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**

- EP 2107433 A [0003]
- EP 1445670 A [0019] [0041]
- WO 2006122873 A [0019] [0041]
- WO 2007099068 A [0019] [0041]
- WO 2009115463 A [0055]