



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Numéro de publication: **0 587 031 A1**

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

Numéro de dépôt: **93113954.7**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **G04C 3/12**

Date de dépôt: **01.09.93**

Priorité: **09.09.92 CH 2845/92**

Demandeur: **ASULAB S.A.**  
**Faubourg du Lac 6**  
**CH-2501 Bienne(CH)**

Date de publication de la demande:  
**16.03.94 Bulletin 94/11**

Inventeur: **Luthier, Roland**  
**Pâqueret 24**  
**CH-1025 St-Sulpice(CH)**

Etats contractants désignés:  
**DE FR GB IT**

Mandataire: **Théron, Gérard Raymond et al**  
**I C B**  
**Ingénieurs Conseils en Brevets SA**  
**Passage Max. Meuron 6**  
**CH-2001 Neuchâtel (CH)**

**Pièce d'horlogerie pourvue de moyens d'entraînement formés par un moteur piézo-électrique.**

L'invention concerne une pièce d'horlogerie.

Cette pièce d'horlogerie qui comprend des moyens d'affichage (2), et des moyens d'entraînement (M1, M2) destinés à piloter les moyens d'affichage (2), est caractérisée en ce que les moyens d'entraînement (M1, M2) comportent un moteur piézo-électrique engrenant directement avec les moyens d'affichage (2).

L'invention s'applique, par exemple, à l'entraînement d'un affichage des quantités.

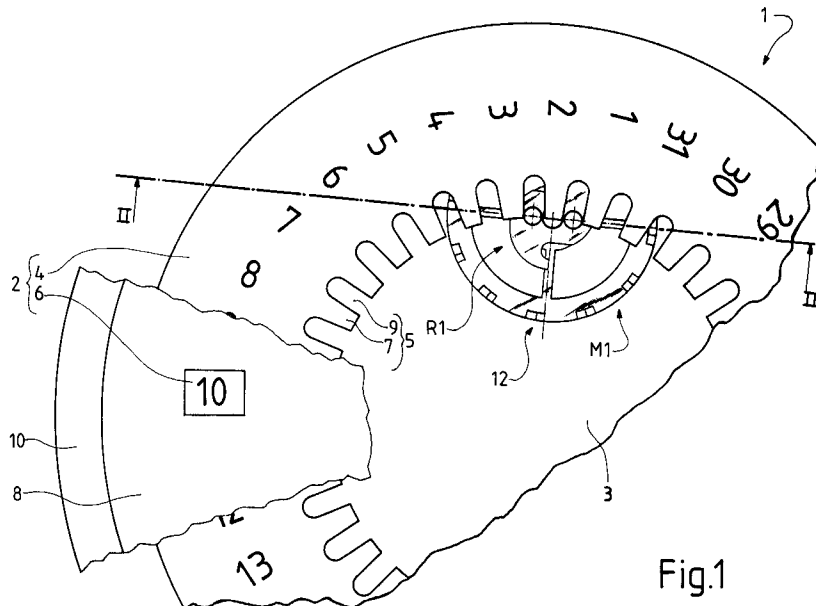


Fig.1

**EP 0 587 031 A1**

La présente invention concerne une pièce d'horlogerie pourvue de moyens d'entraînement formés par un moteur piézo-électrique.

Plus particulièrement, cette invention concerne une pièce d'horlogerie comportant un affichage des quantités entraîné par un moteur piézo-électrique.

5 Dans les pièces d'horlogerie classiques, l'affichage des quantités est réalisé par un disque, généralement intérieurement denté, qui se déplace en regard d'un guichet et qui est entraîné sur une période de vingtquatre heures par un rouage démultiplicateur, lui-même piloté, via la minuterie, par un moteur électromagnétique à aimant bipolaire, du type moteur pas-à-pas.

Ce type d'entraînement nécessite donc la disposition d'un rouage particulier, en prise avec la minuterie.

10 Ce rouage comporte généralement au moins une roue d'entraînement spécifique qui est pourvue, d'une part, d'une denture extérieure classique recevant un couple moteur depuis ladite minuterie, et qui est pourvue d'autre part, d'un bras élastique qui engrène avec le disque des quantités.

15 Ce bras est conformé pour être capable d'absorber les déplacements rapides avant ou arrière du disque des quantités, lors de la correction rapide effectuée par l'utilisateur, par l'intermédiaire de la couronne de mise à l'heure.

Par ailleurs, en plus de ces premiers moyens d'entraînement qui permettent le déplacement "normal" du disque des quantités, cet agencement nécessite la disposition d'autres moyens d'entraînement, formés par un mécanisme de correction particulier comportant, par exemple, un pignon baladeur coopérant avec un renvoi, capable d'effectuer la correction rapide susmentionnée, à l'aide de la couronne.

20 Cet agencement est donc complexe, encombrant et coûteux.

De plus, il est relativement fragile étant donné que certaines manipulations, telles que la correction rapide et la correction par la minuterie, aux alentours de minuit, peuvent solliciter anormalement et endommager le bras élastique de la roue d'entraînement pilotant le disque des quantités.

25 Par ailleurs, puisqu'il est entraîné en rotation de façon permanente par la minuterie, le rouage des premiers moyens d'entraînement crée une charge résistante importante sur la minuterie, alors que le disque des quantités n'a à être déplacé, en entraînement normal, qu'une fois toutes les vingt-quatre heures.

30 Il faut encore préciser que ce disque des quantités doit se retrouver parfaitement positionné, par rapport au guichet, après chaque déplacement, si bien que ce disque coopère généralement avec un ressort-sautoir qui augmente, de façon significative, le couple résistant

Ainsi, la présente invention a-t-elle pour but de pallier ces inconvénients en fournissant une pièce d'horlogerie comportant des moyens d'affichage, tels qu'un affichage des quantités, pilotés par des moyens d'entraînement permettant de simplifier la conception globale de cette pièce en diminuant le nombre de ses composants, ses dimensions, et la charge appliquée.

35 A cet effet, la présente invention a pour objet une pièce d'horlogerie comprenant :

- des moyens d'affichage, et
- des moyens d'entraînement destinés à piloter lesdits moyens d'affichage, cette pièce étant caractérisée en ce que lesdits moyens d'entraînement comportent un moteur piézo-électrique engrenant directement avec lesdits moyens d'affichage.

40 On précisera aussi que ce moteur piézo-électrique qui comprend un stator et un rotor, comporte des moyens d'indexage angulaire intégrés audit rotor et conformés pour arrêter le mouvement rotatif du rotor dans au moins une position angulaire déterminée.

Par ailleurs, lesdits moyens d'indexage comportent un moyeu rigide qui présente un profil de came sur lequel est amenée à reposer latéralement une lame élastique de contact.

45 Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite lame coopère avec un circuit électrique de détection de position qu'elle ouvre dans la position angulaire déterminée du rotor.

On précisera encore que ladite lame est montée sur un support chassé dans une platine ou un pont, avec interposition d'un isolant électrique.

50 Mais d'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite en référence aux dessins annexés qui sont donnés uniquement à titre d'exemple et dans lesquels:

- La figure 1 est une vue de dessus schématique d'une pièce d'horlogerie selon l'invention, représentant essentiellement un disque des quantités accouplé à des moyens d'entraînement selon l'invention,
- 55 - la figure 2 est une vue en coupe faite selon la ligne II-II de la figure 1,
- la figure 3 est une vue de dessus des moyens d'entraînement de la figure 2, représentés sans le disque des quantités,

- la figure 4 est une vue faite selon la flèche IV de la figures 5, représentant uniquement un corps et des lames de transmission d'un rotor équipant les moyens d'entraînement selon l'invention, représentés aux figures 1 à 3,
- la figure 5 est une vue faite selon la flèche V de la figure 4 et représentant de côté, et dans une position de repos, l'ensemble corps-lame de la figure 4,
- la figure 6 est une vue en coupe représentant des moyens d'entraînement selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 7 est une vue de côté uniquement du rotor et d'un stator des moyens d'entraînement, notamment de la figure 2, mais représentés à une échelle différente pour une meilleure compréhension des dessins,
- la figure 8 est une demi-vue en section du stator des figures 1 à 3, et 6 et 7, représenté en traits plein dans sa position de repos, et en traits mixtes interrompus dans ses deux positions extrêmes de déformation lorsque ce stator est excité en vibration, selon un premier mode d'un mouvement vibratoire des moyens d'entraînement selon l'invention,
- les figures 9 et 10 sont des diagrammes représentant les courbes de variation d'amplitude de la déformation du stator dans son premier mode de vibration, en fonction, respectivement, du rayon sur le stator et d'une position angulaire sur celui-ci,
- la figure 11 est une demi-vue en section, similaire à la figure 8, mais représentant un deuxième mode du mouvement vibratoire des moyens d'entraînement selon l'invention, et
- les figures 12 et 13 sont respectivement des vues similaires à celles des figures 9 et 10, mais représentant des courbes de variation d'amplitude du stator lorsqu'il est mis en vibration selon le mode vibratoire de la figure 11.

En se référant à la figure 1, on décrira ci-après une pièce d'horlogerie selon l'invention, repérée par la référence générale 1.

La pièce d'horlogerie 1, qui est représentée sur cette figure de façon très schématique, comporte des moyens d'affichage, constitués ici par un affichage des quantièmes 2. La pièce 1 peut comporter d'autres moyens d'affichage classiques, non représentés, tels qu'un affichage des heures et des minutes, un affichage des secondes et un affichage du jour, qui peuvent être éventuellement associés à encore d'autres moyens d'affichage du temps ou d'une information, sans limitation

Les moyens d'affichage 2 sont constitués de façon classique par un disque annulaire 4 intérieurement denté, dit disque des quantièmes, guidé par des moyens classiques, non représentés, et conformé pour se déplacer en regard d'un guichet 6, ménagé dans un cadran 8 qui est par exemple solidaire d'une boîte 10 (ces deux éléments étant représentés ici de façon partielle, en vue arrachée).

Le disque 4 d'affichage des quantièmes comporte une denture intérieure 5 qui est constituée par des dents 7 (une seule étant référencée) espacées, les unes des autres, par des creusures oblongues 9 à flancs parallèles.

La pièce 1 comporte, de plus, des moyens d'entraînement 12 qui coopèrent directement avec les moyens d'affichage 2, et plus particulièrement avec la denture intérieure 5, et qui les pilotent pour assurer leur déplacement en rotation.

Les moyens d'entraînement 12 qui sont disposés essentiellement sous le disque 4, comportent un moteur piézo-électrique représenté plus particulièrement, selon un premier mode de réalisation, aux figures 2 à 5.

Ce moteur, qui est repéré par la référence générale référence M1, est suspendu sur un support (figure 2) qui est, dans cet exemple, constitué par une embase 3 formée par une platine de la pièce d'horlogerie 1, partiellement représentée.

Le moteur M1 comporte un rotor R1 monté à rotation, autour d'un axe géométrique X1, sur un stator S1 qui est quant à lui monté fixement, par emmanchement à force (chassage) ou par collage dans le support. Ce stator S1 qui est donc encastré dans l'embase 3, forme une structure porteuse assurant le support axial et le guidage en rotation du rotor R1.

Cette structure porteuse est constituée essentiellement par un plateau annulaire suspendu P1, maintenu fixement dans l'embase 3.

Sur une face F1 du stator S1, disposée en regard de l'embase 3, sont montés des moyens piézo-électriques 16 constitués, d'une part, d'un élément piézo-électrique 16a, telle qu'une céramique polarisée uniformément selon son épaisseur, et d'autre part, de deux électrodes 16b et 16c qui sont reliées de façon classique à une alimentation électrique AL, représentée ici de façon schématique.

Les moyens piézo-électriques 16 forment un transducteur qui, en réponse à une excitation électrique fournie par l'alimentation AL via les électrodes 16b et 16c peut prendre un mouvement vibratoire. Ces phénomènes de piézo-électricité ainsi que la construction et l'agencement de tels transducteurs piézo-

électriques dans des moteurs de ce type sont bien connus de l'homme du métier et ne seront donc par conséquent pas décrits ici de façon détaillée.

Le plateau P1 est formé, d'une part, d'un disque mince 14 élastiquement déformable sous lequel sont assujettis, notamment par collage les moyens piézoélectrique 16. A titre indicatif, le disque 14 présente une épaisseur uniforme faible, de l'ordre de 0,1 mm ( $0,1 \cdot 10^{-3}$  mètre)

Le plateau P1 comporte, d'autre part, un canon tubulaire cylindrique 18 faisant saillie du disque 14 et venant de matière avec celui-ci. Le canon 18 est donc chassé fixement par montage à force ou par collage dans un orifice, non référencé, de l'embase 3.

Le canon 18 comporte un orifice central débouchant 20 dans lequel est chassé un tenon cylindrique lisse à tête V qui retient axialement et assure le guidage en rotation du rotor R1, autour de l'axe X1, grâce à deux portées coaxiales (non référencées) ménagées sur ce tenon.

A cet effet, le rotor R1, qui repose élastiquement, en appui axial, sur une face F2 du disque 14, opposée à la face F1, comporte un moyeu tubulaire étagé 22 de structure rigide, monté à rotation autour de l'axe X1, directement sur le tenon V.

Le moyeu 22 comporte des moyens d'engrènement mécanique formés par deux goupilles 24 chassées dans le moyeu 22 et faisant axialement saillie de celui-ci, de part et d'autre du tenon V. Les deux goupilles 24 sont placées sur un axe radial X2 du moyeu 22, passant par l'axe longitudinal X1.

Le moyeu 22 comporte par ailleurs, sous celui-ci (selon l'orientation du moteur M1, dans sa position représentée à la figure 2) une portée épaulée 26 sur laquelle est engagé fixement le corps du rotor R1, notamment par chassage.

De façon avantageuse, le corps du rotor R1 est, selon l'invention, essentiellement constitué par un disque souple ajouré D1.

Comme on le voit plus particulièrement sur la figure 4, le disque D1 comporte une partie centrale annulaire 28 qui comporte une ouverture centrale 30 destinée à venir s'engager sur la portée 26.

Le disque D1 comporte par ailleurs un anneau périphérique 32 sur lequel sont ménagés des moyens de transmission de mouvement conformés pour transmettre, au rotor R1, le mouvement vibratoire du stator S1 et pour déplacer le rotor R1 en rotation autour de son axe X1, dans un plan de déplacement moyen Pdm (figure 7), normal à cet axe.

Ces moyens de transmission sont formés par des organes élastiquement déformables constitués par des lames de flexion 34, ménagées à chant sur le disque D1.

Dans cet exemple de réalisation, les lames de flexion 34 sont ménagées à la périphérie du disque D1 par une opération de déformation à froid, et notamment par emboutissage de l'anneau périphérique 32.

De plus, le disque D1 comporte des bras de flexion 36 (par exemple ici au nombre de quatre, un seul étant référencé) qui relie de façon élastique la partie centrale 28 et l'anneau périphérique 32. Les moyens de transmission, formés par les lames de flexion 34 s'étendant depuis l'anneau périphérique 32 vers le stator S1, ainsi que les bras de flexion 36, la partie centrale 28, et l'anneau 32 viennent de matière et forment une pièce rotorique monolithique. On précisera que l'anneau périphérique 32, les bras de flexion 36 et la partie centrale 28 présentent la même épaisseur et sont, à l'état de repos (figures 4 et 5), disposés dans un même plan (non référencé).

On comprend donc que le corps du rotor R1 est formé par une structure qui est élastiquement déformable, au moins en direction du stator S1, et qui forme au moins en partie des moyens d'appui élastique du rotor R1 sur le stator S1. Ces moyens sont formés aussi en partie par le moyeu 22 qui sollicite le disque D1 axialement vers le stator, de façon axisymétrique (par rapport à l'axe X1), en étant retenu par la tête, non référencée, du tenon encastré V.

On comprend qu'en d'autres termes, le corps du rotor R1 est formé essentiellement par le disque élastiquement déformable D1 qui forme de façon intégrée les dits moyens de transmission 34 et lesdits moyens d'appui élastique, non référencés.

Comme on le voit sur la figure 2, à l'état assemblé, et prêt à fonctionner, le moyeu 22 déforme de façon permanente, sous l'action du tenon V, le corps du rotor R1 qui est précontraint et qui prend une forme de cuvette. Cette mise sous contrainte fait naître des forces axiales d'appui et de contre-appui sur la face F2 du stator S1 et à l'extrémité libre des lames 34.

Par ailleurs, on précisera que les électrodes 16b et 16c des moyens piézo-électriques 16 présentent toutes deux en projection frontale une structure pleine et entière, c'est-à-dire non découpée et non structurée par des segments polarisés, comme cela est le cas dans les structures classiques.

Le disque 14 formant le stator S1 est de préférence réalisé en un matériau métallique, tel que du laiton, un alliage d'acier inoxydable ou de l'aluminium, éventuellement revêtu d'une couche mince d'un matériau dur, notamment du chrome ou du nitrure de titane. Les électrodes 16b et 16c sont réalisées de préférence en nickel ou en argent.

En se référant désormais à la figures 7, on donnera plus précisément quelques indications sur la structure du rotor R1 et du stator S1.

Les lames de flexion 34 (trois étant ici uniquement représentées) font saillie du rotor R1, et notamment du disque D1, en direction de la face avant F2 du stator S1, selon un angle d'inclinaison  $\beta$  ayant pour origine une droite parallèle à l'axe de rotation X1; cet angle  $\beta$  étant compris entre 10 et 30°.

Par ailleurs, chaque lame de flexion 34 qui a une forme plane du type parallélépipédique fait saillie du rotor R1 sur une longueur libre  $L_{cs}$  choisie de préférence parmi les valeurs se situant entre 0,1 et 0,5 mm (0,1 et  $0,5 \cdot 10^{-3}$  mètre). De préférence, chaque lame 34 présente une épaisseur  $ec$  se situant entre 0,025 et 0,1 mm (0,025 et  $0,1 \cdot 10^{-3}$  mètre) et une largeur  $lc$  se situant entre 0,1 et 0,3 mm (0,1 et  $0,3 \cdot 10^{-3}$  mètre). On remarque donc que les lames de flexion 34, qui en étant interposées entre le rotor R1 et le stator S1 forment une interface mécanique entre ceux-ci, aboutent et reposent directement sur la face avant essentiellement plane F2 du stator S1, cette face F2 étant lisse et exempte de tout élément en saillie ou protubérance.

Les lames de flexion 34 et donc le disque D1 sont réalisés en un matériau, tel qu'un alliage du type béryllium-cuivre ou du type acier inoxydable.

En se référant désormais aux figures 8 à 10, on décrira ci-après un premier mode du mouvement vibratoire du stator selon l'invention, donnée à titre d'exemple.

Comme le montre clairement la demi-vue en section du stator S1, représentée à la figure 8, le stator S1 présente une déformation en flexion de part et d'autre de sa position de repos repérée par la référence A. Cette déformation est représentée de façon très exagérée par les positions extrêmes respectivement haute B et basse C. En réalité, cette déformation ne dépasse pas une amplitude de battement supérieure à  $5 \mu\text{m}$  ( $5 \cdot 10^{-6}$  mètre), à la périphérie du stator (flèche). Cette déformation donne aussi au stator S1 une forme de cuvette. Cette déformation en cuvette est due à des contraintes de flexion générées dans le stator S1 grâce aux moyens piézo-électriques 16. Ces contraintes de flexion sont dues à la structure de bimorphe hétérogène formée par l'assemblage rigide des moyens piézo-électriques 16 sur le stator S1.

On précisera ici que pour obtenir la déformation du stator S1 recherchée, on utilise une céramique particulière adaptée pour se déformer radialement lorsqu'une excitation électrique spécifique, via les électrodes, lui est appliquée. Plus particulièrement, on a choisit une céramique présentant une constante piézoélectrique  $d_{31}$  élevée, cette constante représentant la déformation obtenue par rapport au champ appliqué.

Ce mouvement vibratoire est du type axisymétrique et fournit au stator une déformation du même type. Ceci est corroboré par les courbes C1 et C2 de la figure 9, où l'on remarque que la variation d'amplitude  $Amp$  de la déformation du stator S1 en fonction de son rayon  $R_b$  est de même signe, c'est-à-dire croissante, depuis le centre vers la périphérie du stator S1.

On remarque que les courbes C1 et C2 ne présentent aucun point d'inflexion, ni aucun passage par une valeur d'amplitude nulle. Ce mode vibratoire ne fait donc apparaître aucun cercle nodal sur le stator S1. Cette caractéristique est confirmée par les courbes C3 à Cn (figure 10) qui présentent toutes des valeurs d'amplitude différentes de 0 (zéro). Ces courbes C3 à Cn représentent les variations d'amplitude de déformation du stator en fonction de la position angulaire sur celui-ci pour différentes valeurs données du rayon, ces variations étant prises pour une variation d'amplitude positive correspondant à la courbe C1 de la figure 9. De plus, on observe que ces courbes sont droites et toutes parallèles entre elles, ce qui démontre que ce mode vibratoire n'induit aucun diamètre nodal. On a donc une vibration selon la norme internationale  $B_{nm}$  (n étant le nombre de cercles nodaux et m le nombre de diamètre nodaux) du type  $B_{00}$ .

On précisera aussi que ce mouvement vibratoire et cette déformation axisymétriques sont centrés sur l'axe de rotation X1. On a donc fourni un moteur plan étagé, c'est-à-dire ayant un stator et un rotor de forme essentiellement plane et superposés, moteur qui grâce au mouvement axisymétrique centré sur l'axe de rotation et orienté selon celui-ci, est du type à mouvement vibratoire essentiellement axiale, en référence à l'axe X1.

Grâce à ces modes de vibration et de déformation axisymétriques de très faible amplitude, chaque point par exemple Pt1 à Pt3 (figure 7) du stator S1 effectue un déplacement essentiellement parallèle à l'axe de rotation X1, de même amplitude sur un cercle inscrit du rotor au niveau d'un rayon donné (par exemple  $R_{b1}$  à  $R_{bn}$ ) et en phase.

Le mode de vibration du moteur piézo-électrique selon l'invention étant axisymétrique, les vecteurs vitesse  $T$  en tout point du stator, et notamment dans la région de contact entre le stator et le rotor, (seulement trois, T1 à T3, étant représentés sur la figure 7) sont essentiellement normaux au plan de déplacement  $P_{dm}$  du rotor R1. Le stator S1 ne présente donc aucune composante de vitesse significative dans le plan de déplacement  $P_{dm}$  au vu des amplitudes de vibrations extrêmement faibles. Il ne présente donc aucune accélération du type radiale, centrifuge ou centripète qui soit significative. Il est aussi

remarquable de noter que ce stator ne présente aucune accélération tangentielle, accélération que l'on retrouve à l'opposé dans les stators des moteurs piézoélectriques classiques ayant un mode vibratoire à ondes progressives ou stationnaires.

La figure 11 représente la déformation du stator S1 lorsqu'il est soumis à un deuxième mode du mouvement vibratoire axisymétrique selon l'invention, la référence D représentant sa position de repos, tandis que les références E et F représentent l'allure du stator dans ses positions extrêmes de déformation lorsqu'il est excité. Ce mouvement présente cette fois un cercle nodal, repéré notamment au rayon Rb3 (figures 12 et 13). On remarque en effet que les courbes C1 et C2 de la figure 12 passent par une amplitude de valeur nulle marquant un noeud de vibration dans le stator. Les courbes C3 à Cn de la figure 13 illustrent le caractère axisymétrique du mode vibratoire et de la déformation du stator S1 en montrant que pour un rayon donné Rbx du stator, tout cercle inscrit sur celui-ci présente sur 360° d'angle une amplitude (valeur de flèche) constante, les courbes C3 à Cn de la figure 13 étant des droites parallèles entre elles. Ces courbes C3 à Cn représentent les variations d'amplitude du stator en fonction de positions angulaires sur celui-ci, ces variations étant prises pour une variation d'amplitude correspondant à la courbe C2 de la figure 12. Ce mode vibratoire n'induit aucun diamètre nodal sur le stator S1. Ce mode vibratoire est donc du type B<sub>10</sub>.

Pour obtenir ces modes vibratoires axisymétrique du type B<sub>00</sub> et B<sub>10</sub>, on a généré au moyen de l'alimentation électrique AL, un courant alternatif de fréquence F, après avoir dimensionné, à titre d'exemple, le stator et les moyens piézo-électriques de la façon suivante (en référence à la figure 7) :

|           | Mode B <sub>00</sub> en mm (10 <sup>-3</sup> m) | Mode B <sub>10</sub> en mm (10 <sup>-3</sup> m) |
|-----------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <u>Hb</u> | 0,2                                             | 0,2                                             |
| <u>hb</u> | 0,1                                             | 0,1                                             |
| <u>Rb</u> | 2,5                                             | 2,5                                             |
| <u>ra</u> | 1                                               | 1                                               |
| <u>ha</u> | 0,1                                             | 0,1                                             |
| <u>la</u> | 1,5                                             | 1,5                                             |
| <u>F</u>  | en KHz (10 <sup>3</sup> hertz)<br>14            | en KHz (10 <sup>3</sup> hertz)<br>94            |

où Hb est la hauteur totale de la partie suspendue du stator (disque 14 plus moyens piézo-électriques 16), hb est la hauteur du disque 14, c'est-à-dire la hauteur du stator sans les moyens piézo-électriques 16, Rb est le grand rayon du stator (pris à la périphérie du disque 14), ra est le petit rayon de l'anneau formant les moyens piézo-électrique 16, ha est la hauteur totale des moyens piézo-électriques 16 (l'épaisseur des électrodes étant ici négligeable), la est la largeur des moyens piézo-électriques 16 et F est la fréquence de vibration du stator S1. Le disque 14 est dans ce cas constitué d'un alliage d'acier inoxydable, alors que l'élément piézo-électrique 16a est constitué d'une céramique piézo-électrique du type PZT (Titane de plomb dopé au Zirconium). Etant donné que deux modes vibratoires axisymétriques ont été ici décrits (B<sub>00</sub> et B<sub>10</sub>), on comprendra que les modes vibratoires du moteur selon l'invention peuvent être généralisés à une notation du type B<sub>x0</sub>; où x peut varier de 0 à un nombre n.

En fonctionnement, les moyens piézo-électriques 16 sont excités par l'alimentation électrique AL, ce qui les fait vibrer. La composante radiale de la vibration des moyens piézo-électriques 16 engendre une vibration de flexion du disque 14 par le principe du bimorphe hétérogène, connu de l'homme du métier.

L'alimentation électrique AL délivre un signal alternatif de fréquence F correspondant à la fréquence de résonance du mode B<sub>x0</sub> désiré.

Le stator S1 dans son intégralité est ainsi excité en résonance dans le mode B<sub>x0</sub> correspondant à un mouvement vibratoire axisymétrique tel qu'on la décrit ci-avant.

La déformation en flexion du stator, et donc le déplacement essentiellement parallèle à l'axe de rotation X1 de chaque point élémentaire du stator S1 dû à la flèche obtenue, sont transformés en un déplacement en rotation concomitant du rotor R1 dans le plan de déplacement Pdm, et ce grâce aux organes élastiquement déformables formés par les lames de flexion 34. Ces organes 34, en étant sollicités, fléchissent et induisent dans le rotor R1, des composantes de vitesse tangentielles à la périphérie du rotor, parallèles au plan de déplacement Pdm du rotor R1 et situées dans celui-ci.

Les organes élastiquement déformables formés par les lames de flexion 34 forment donc des moyens de transformation de mouvement capables de transmettre, et en même temps de transformer, le mouvement essentiellement axial linéaire (ou normal) du stator, en un mouvement rotatif perpendiculaire du rotor.

En se reportant de nouveau aux figures 2 et 3, on décrira ci-après des moyens d'indexage (ou moyens de positionnement angulaire) conformés pour arrêter le mouvement rotatif du rotor R1, dans au moins une position angulaire déterminée. De façon avantageuse, les moyens qui sont ici décrits permettent d'arrêter le moteur M1 dans deux positions angulaires, décalées à 180° l'une de l'autre.

Ces moyens d'indexage comportent une lame élastique de contact 50 qui est disposée dans le plan de rotation (non référencé) du moyeu 22 et qui est conformée pour venir en contact latéral sur le pourtour extérieur de celui-ci, au moins lors d'une partie de sa rotation.

La lame élastique de contact 50 est montée solidaire de la platine ou embase 4 par l'intermédiaire d'un support 52 qui est chassé dans la platine 4, avec interposition d'un manchon 54 réalisé en un matériau électriquement isolant.

On remarque notamment sur la figure 3, que le pourtour du moyeu 22 présente un profil de came 56 comportant deux régions caractéristiques 56a et 56b. Les deux régions 56a et 56b présentent une forme générale circulaire, en arc, et les courbes qui les forment sont excentrées l'une par rapport à l'autre et respectivement par rapport à l'axe X1.

Les deux régions 56a et 56b qui sont discontinues, se rejoignent de façon brisée par l'intermédiaire de deux décrochements, respectivement 58a et 58b. A l'extrémité des deux régions 56a et 56b sont donc formés des becs, respectivement 60a et 60b.

En fonctionnement, le rotor R1, conformément au principe décrit ci-avant, tourne selon un sens de rotation représenté par la flèche RO, de même signe que le sens de rotation (non représenté) du disque des quantités 4. Dans cet exemple, le moteur M1 et le disque des quantités 4 tournent dans le sens horaire.

En prenant pour référence le sens de rotation RO, on remarque que les becs 60a et 60b sont ménagés dans la partie arrière des régions 56a et 56b.

Entre le bec 60a et la région 56a et entre le bec 60b et la région 56b sont ménagés respectivement des dégagements 62a et 62b, de forme oblongue, ouverts vers l'extérieur et orientés de façon parallèle entre eux et tous deux de façon parallèle à l'axe radial X2 du moyeu 22, sur lequel sont alignés les deux goupilles d'engrènement 24.

Plus particulièrement, on remarque que chaque région 56a, 56b présente un profil variable dont le rayon de courbure R varie progressivement de R1 à R2. Les parties avant 57a, 57b des régions respectivement 56a et 56b sont ménagées par rapport à l'axe X1 sur un rayon R1 plus faible que le rayon R2 des becs correspondants 60a et 60b.

A l'état de repos, et dans les deux positions discrètes du rotor R1 (une seule étant représentée à la figure 3), l'extrémité libre de la lame élastique 50 se trouve dans l'un des dégagements 62a, 62b et est disposée à distance du pourtour extérieur du moyeu 22. A contrario, lorsque l'alimentation AL fournit un courant d'alimentation au stator S1, la partie avant 57a ou 57b disposée en regard de la lame 50 vient en contact tangentiel avec la lame 50 qui fléchit tout d'abord faiblement. Le déplacement angulaire du moyeu 22, dans le sens de rotation RO, augmente la contrainte appliquée à la lame 50 pour arriver à une contrainte maximale au niveau du bec 60a ou 60b. De cette façon, on augmente progressivement la contrainte appliquée à la lame 50 et on applique, au démarrage, une charge relativement faible au moteur.

La lame élastique de contact 50 est réalisée en un matériau électriquement conducteur ou comporte un revêtement ou une piste (non représenté) présentant cette propriété.

La pièce d'horlogerie selon l'invention comporte un dispositif électronique de commande Dc qui est relié à un circuit horloger Ch (représentés ici de façon schématique). Le dispositif Dc est conformé pour pouvoir commander la rotation du moteur M1, via l'alimentation électrique AL.

Le circuit Ch comporte des moyens horométriques classiques qui fournissent au dispositif de commande Dc une information de temps, telle que le passage du jour suivant à minuit.

La lame 50 est reliée, par une première branche de circuit 64, au dispositif électronique de commande Dc qui est par ailleurs connecté selon un premier mode de réalisation à une seconde branche de circuit 66, reliée elle-même par exemple à la platine 4. Ainsi, dans ce mode de réalisation, les deux branches de circuit 64 et 66, la lame 50, le moteur M1 et la platine 4 forment un circuit électrique 68 de détection de position. On comprend que dans ce mode de réalisation la lame 50 et le moyeu 22 constituent à l'intérieur du circuit de détection 68, un interrupteur électro-mécanique.

Dans un second mode de réalisation de même représenté à la figure 3, la platine 4 est pourvue d'un plot conducteur 70, par exemple chassé dans celle-ci. Le plot 70 qui est disposé au proche de la lame 50 est relié au dispositif de commande Dc par l'intermédiaire d'une branche de circuit 72 (représentés en traits

interrompus). Dans ce cas, le moyeu 22, l'ensemble du moteur M1 et/ou la platine 4, ou des parties de ceux-ci, peuvent être réalisés en un matériau isolant, tel que du plastique.

Ainsi, le circuit de détection 68 est ouvert dans la position de repos de la lame, représentée à la figure 3, position dans laquelle la lame 50 dans sa fonction d'électrode est libre de tout contact électrique avec l'électrode correspondante formée soit par le rotor R1 lui même (moyeu 22) soit par le plot 70.

En fonctionnement normal et dans cette application particulière, le circuit Ch délivre au dispositif Dc, notamment aux alentours de minuit, une information de temps sous la forme d'un signal numérique dit signal de quantième. Le dispositif de commande Dc délivre alors un signal de commande à l'alimentation Al qui alimente électriquement les moyens piezo-électriques 16a pour faire vibrer comme décrit précédemment le stator S1 et pour entraîner le rotor R1 en rotation. Ce déplacement en rotation du rotor R1 dans le sens de rotation RO, provoque le déplacement subséquent du disque des quantième 4, via les goupilles d'engrènement 24 en prise avec la denture 5.

Lorsque le rotor R1 a effectué une rotation d'environ 180°, et que l'un des décrochements 58a ou 58b se présente sous la lame 50, celle-ci tombe soudainement dans l'un des évidements ou dégagements correspondants 62a,62b, ce qui, dans le premier mode de réalisation, suffit à ouvrir le circuit électrique de détection 68, puisque le contact électrique entre la lame 50 et le moyeu 22 est rompu.

Cette information est traitée par le dispositif de commande Dc qui instantanément coupe l'alimentation du moteur en agissant sur l'alimentation AL.

Le fonctionnement est sensiblement identique pour le deuxième mode de réalisation, sauf que le circuit de détection 68 qui, à l'état de repos, est normalement fermé lorsque la lame 50, sous l'action du profil de came 56 du moyeu 22, vient en contact latéral avec le plot 70, se retrouve ouvert lorsque la lame 50 quitte ce contact, au moment où elle tombe dans l'un des décrochements 58a ou 58b.

En se référant désormais à la figure 6, où on a utilisé les mêmes références que celles des figures précédentes pour repérer les éléments analogues à ceux précédemment décrits, on décrira désormais un deuxième mode de réalisation du moteur selon l'invention, référencé par la référence générale M2.

Le moteur M2 comporte un stator S2 qui est pourvu de l'élément piézo-électrique 16 et du disque annulaire 14, décrits ci-avant. Sur ce stator S2 est monté un rotor R2 dont le corps qui est identique au rotor R1, comporte un disque souple ajouré D2 de même structure que le disque D1.

Le rotor R2 se différencie en ce qu'il comporte un moyeu étagé 80 chassé sur un axe d'entraînement 82 traversant le stator S2, au travers d'un canon 84 venant de matière avec le disque 14 du plateau suspendu P2.

Le moyeu 80 ne fait que supporter le disque souple ajouré D2 pour le maintenir sollicité, comme représenté à la figure 6, sous contrainte élastique, vers le plateau P2 du stator S2.

L'axe d'entraînement 82 est monté par un premier moyen de guidage 86 formé par un pivot (même référence) monté à rotation dans un palier 88 formé, dans cet exemple, par une pierre chassée dans un second support 89 formé par une platine ou par un pont de la pièce d'horlogerie 1 (représenté ici de façon partielle).

Cet axe 82 est supporté en rotation par un second moyen de guidage 90 constitué par une portée cylindrique (même référence) ménagée sur l'axe 82, et montée à rotation dans un palier 92 formé de même par une pierre qui est chassé dans une creusure, non référencée, ménagée dans le canon 84. On notera que le canon 84 est lui même chassé dans une platine ou un pont 94 qui forme le support du stator S2.

On précisera par ailleurs que l'axe d'entraînement 82 qui est solidaire en rotation du corps du rotor R2, via le moyeu 80, pour assurer son guidage autour de l'axe X1, est monté à rotation au moins à l'intérieur du support 94 qu'il traverse pour faire extérieurement saillie de celui-ci et pour coopérer avec les goupilles d'engrènement mécanique 24.

Le stator S2 présente à titre d'exemple, les mêmes modes de vibration que ceux précédemment décrits, les moteurs M1 et M2 présentant à titre d'exemple les mêmes dimensions.

On comprend de ce qui vient d'être décrit qu'on a fourni des moyens d'entraînement autobloquants, grâce à l'état précontraint permanent du rotor du moteur M1, M2. De plus, grâce à la disposition des goupilles 24, le disque est maintenu fixement à l'état de repos du moteur piézo-électrique selon l'invention.

## Revendications

1. Pièce d'horlogerie du type comprenant :

- des moyens d'affichage (2), et
- des moyens d'entraînement (M1, M2) destinés à piloter les dits moyens d'affichage (2), caractérisée en ce que lesdits moyens d'entraînement (M1, M2) comportent un moteur piézo-électrique engrenant directement avec lesdits moyens d'affichage.

2. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit moteur piézo-électrique qui comprend un stator (S1, S2) et un rotor (R1, R2), comporte des moyens d'indexage angulaire intégrés audit rotor et conformés pour arrêter le mouvement rotatif du rotor dans au moins une position angulaire déterminée.
- 5
3. Pièce d'horlogerie selon la revendication 2, caractérisée en ce que lesdits moyens d'indexage comportent un moyeu rigide (22) qui présente un profil de came (56) sur lequel est aménagée à reposer latéralement une lame élastique de contact (50).
- 10
4. Pièce d'horlogerie selon la revendication 3, caractérisée en ce que ladite lame (50) coopère avec un circuit électrique de détection de position (68) qu'elle ouvre dans la position angulaire déterminée du rotor.
- 15
5. Pièce d'horlogerie selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite lame (50) est montée sur un support (52) chassé dans une platine ou un pont (4), avec interposition d'un isolant électrique (54).
6. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits moyens d'entraînement comportent deux goupilles (24) s'étendant axialement et coopérant avec des encoches radiales (9) ménagées dans un disque annulaire (4) formant lesdits moyens d'affichage (2)
- 20
7. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ledit moteur piézo-électrique (M1, M2) présente un rotor (R1, R2) qui est constitué essentiellement par un disque souple ajouré (d2, d2).
- 25
8. Pièce d'horlogerie selon la revendication 7, caractérisée en ce que le disque (D1, D2) formant ledit rotor comporte des bras de flexion (36) qui relie de façon élastique une partie centrale (28) du rotor et un anneau périphérique (32) ménagé sur celui-ci, sur lequel sont conformés des moyens de transmission de mouvement (34).
- 30
9. Pièce d'horlogerie selon la revendication 8, caractérisée en ce que les moyens de transmission qui sont formés par des lames de flexion (34) s'étendant depuis l'anneau périphérique (32) vers le stator du moteur, les bras de flexion (36), ladite partie centrale (28), ainsi que ledit anneau périphérique (32) viennent de matière.
- 35
10. Moteur piézo-électrique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit rotor comporte un axe d'entraînement (82) qui est solidaire en rotation dudit corps et qui assure son guidage, cet axe étant monté à rotation au moins à l'intérieur d'un support qu'il traverse pour faire extérieurement saillie de celui-ci et pour coopérer avec un moyen d'engrènement mécanique (96), ce support étant formé par un pont ou par une platine.
- 40

45

50

55

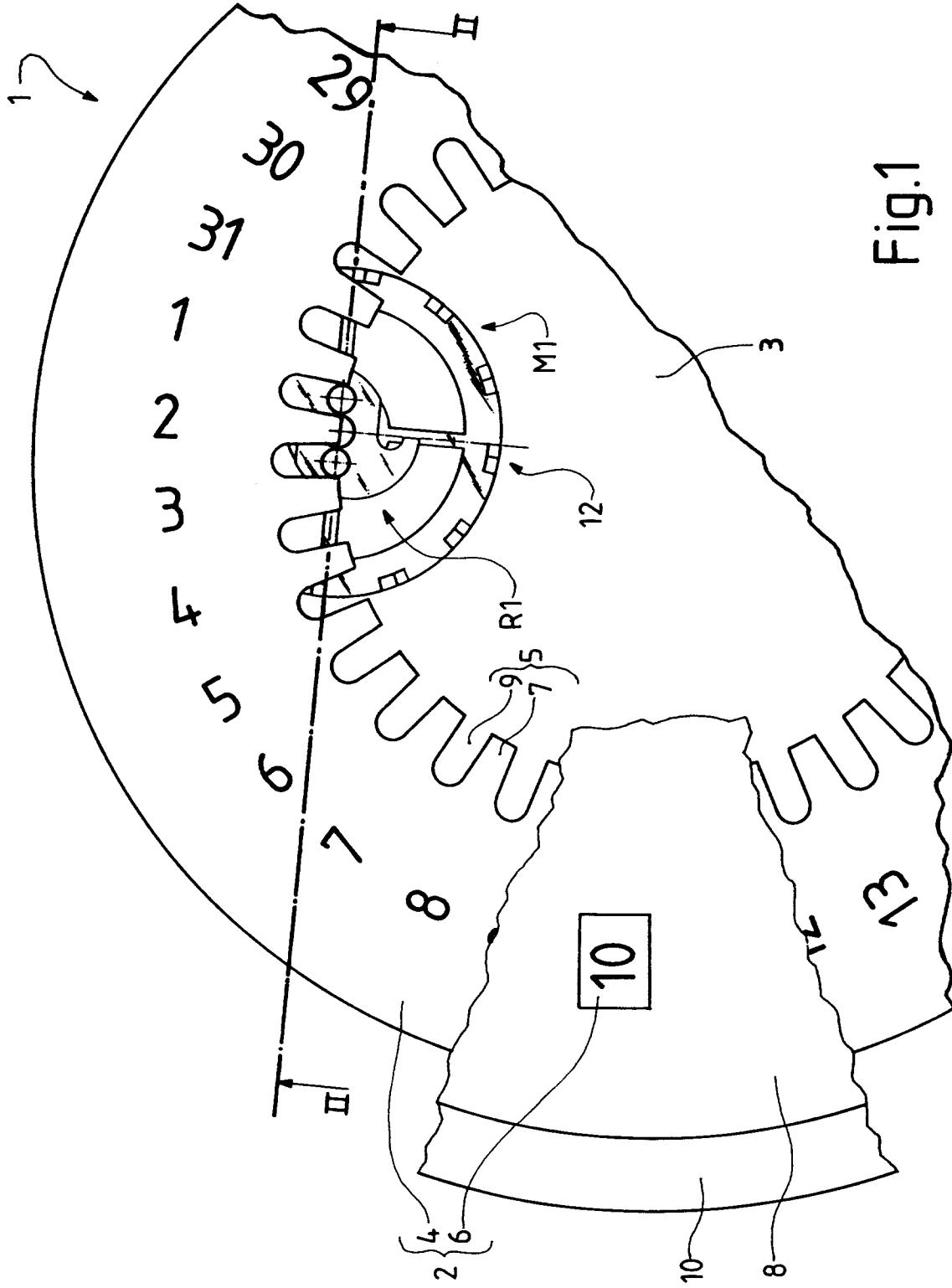


Fig.1





Fig. 4

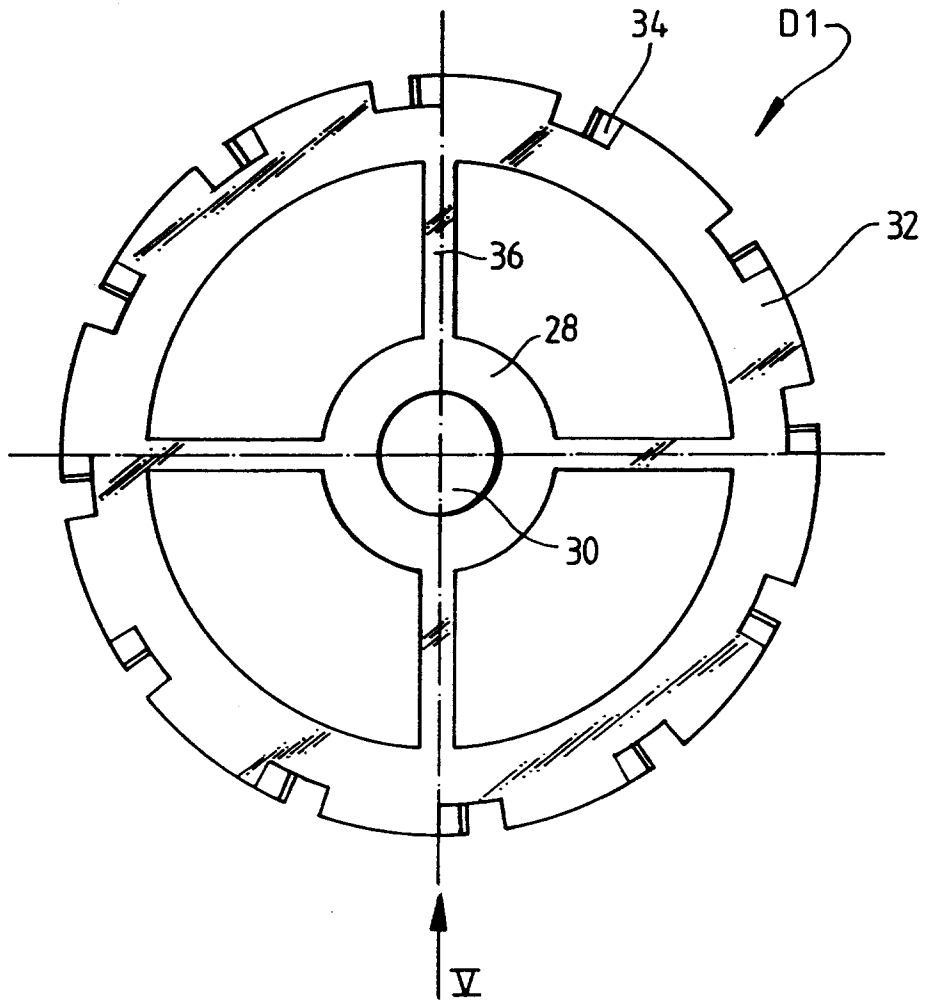
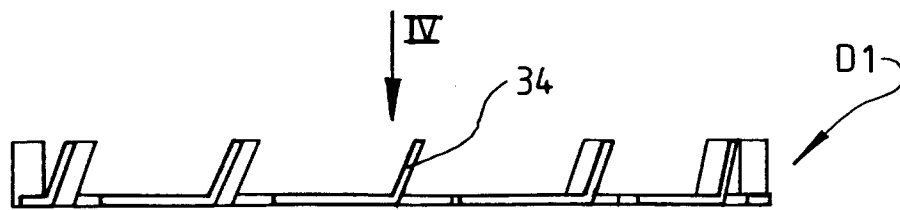


Fig. 5



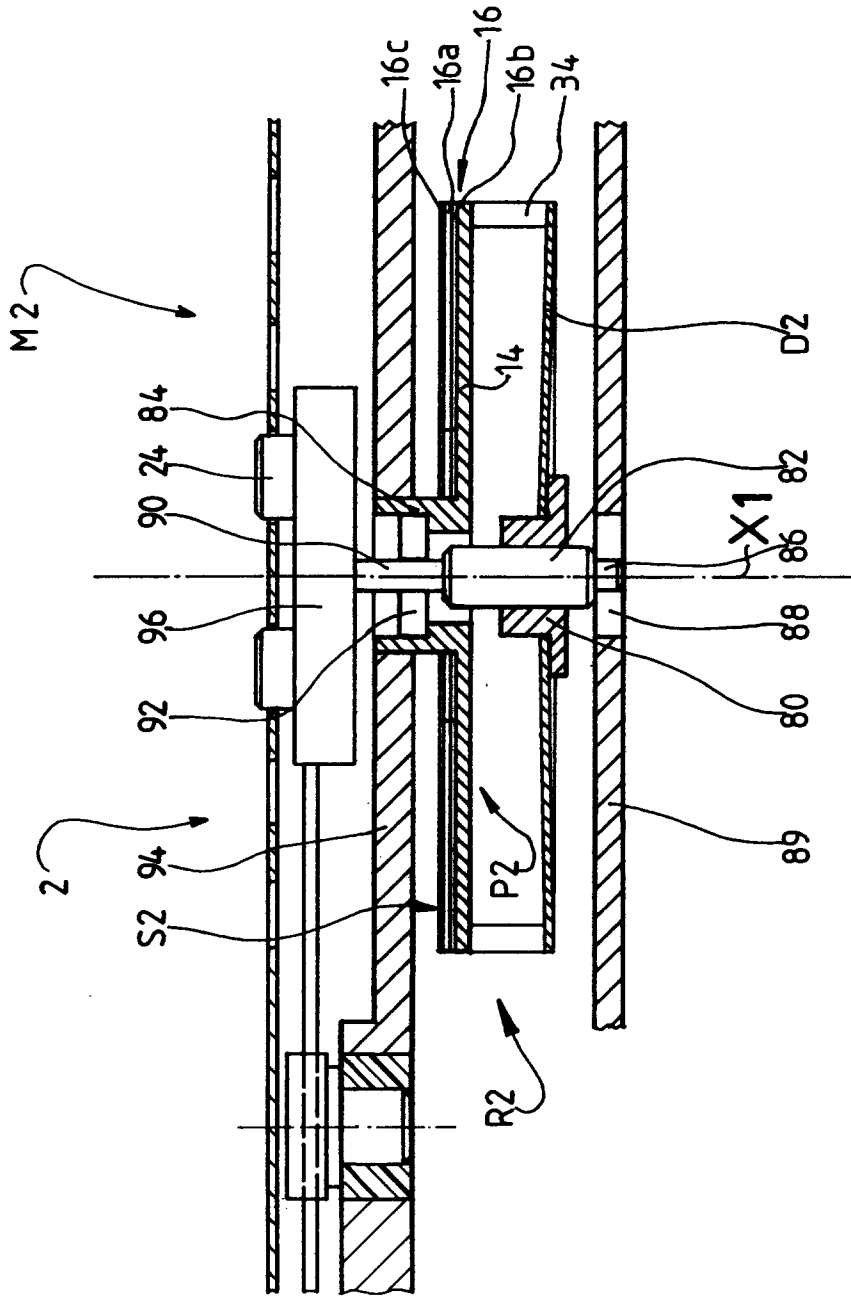


Fig. 6

Fig. 7

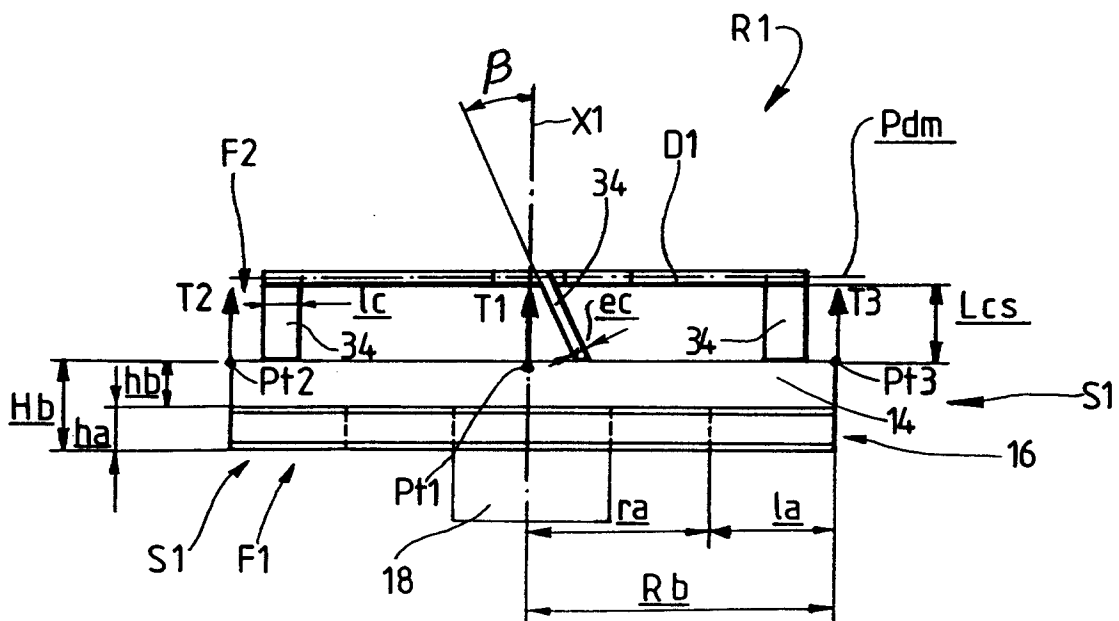


Fig. 8

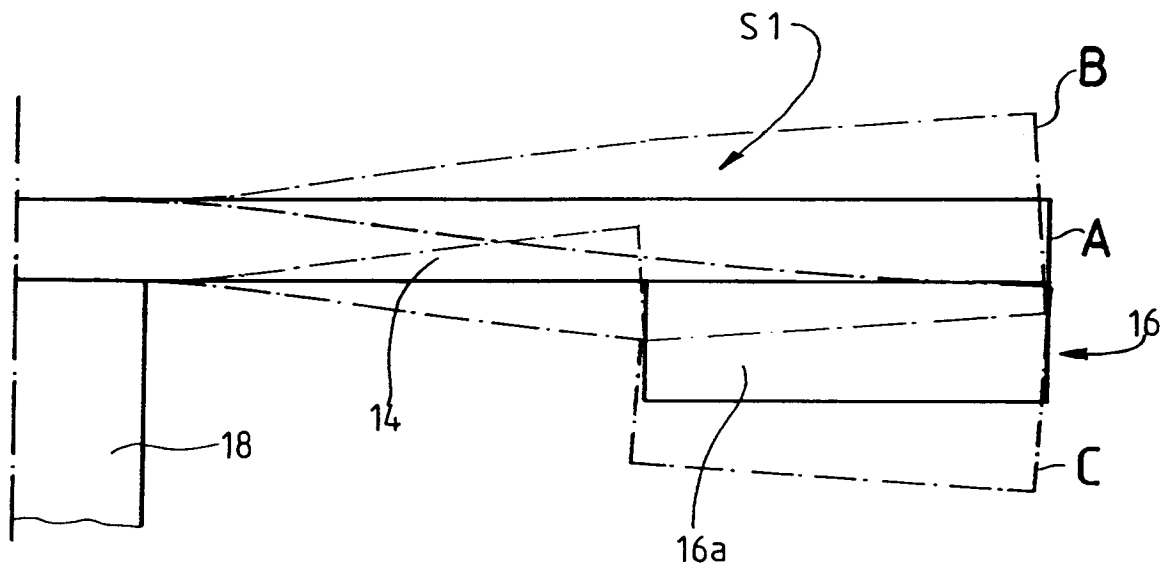


Fig. 9

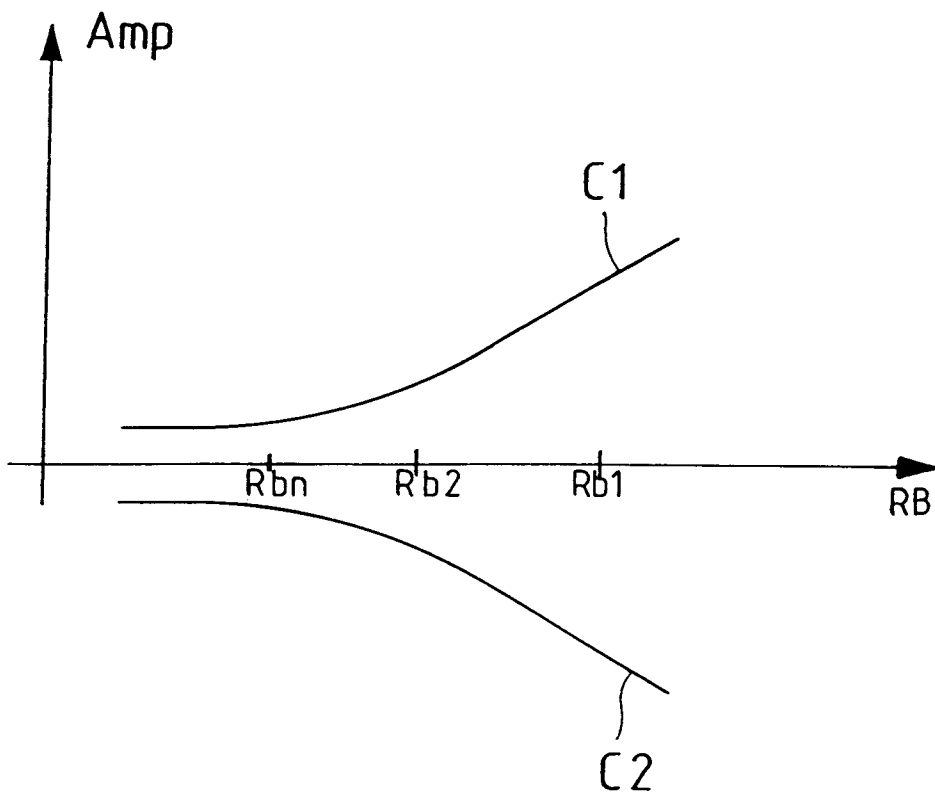


Fig. 10

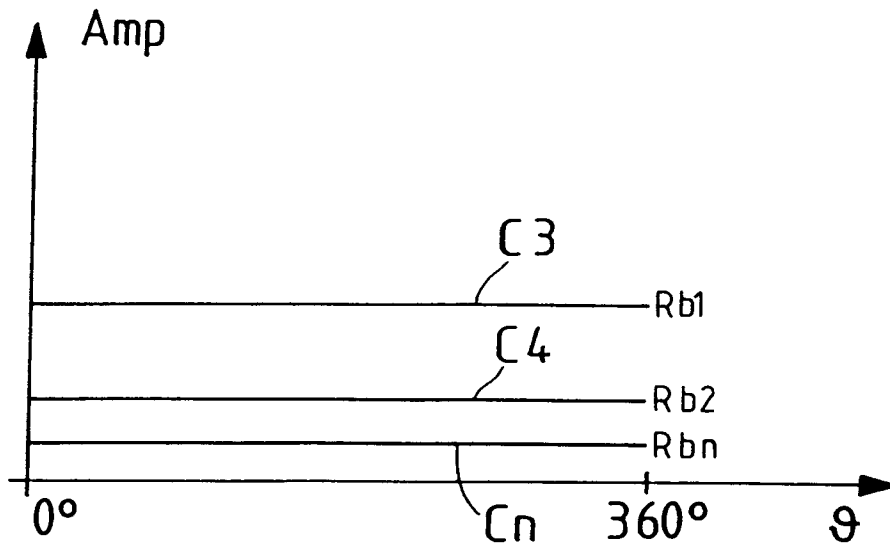


Fig. 11

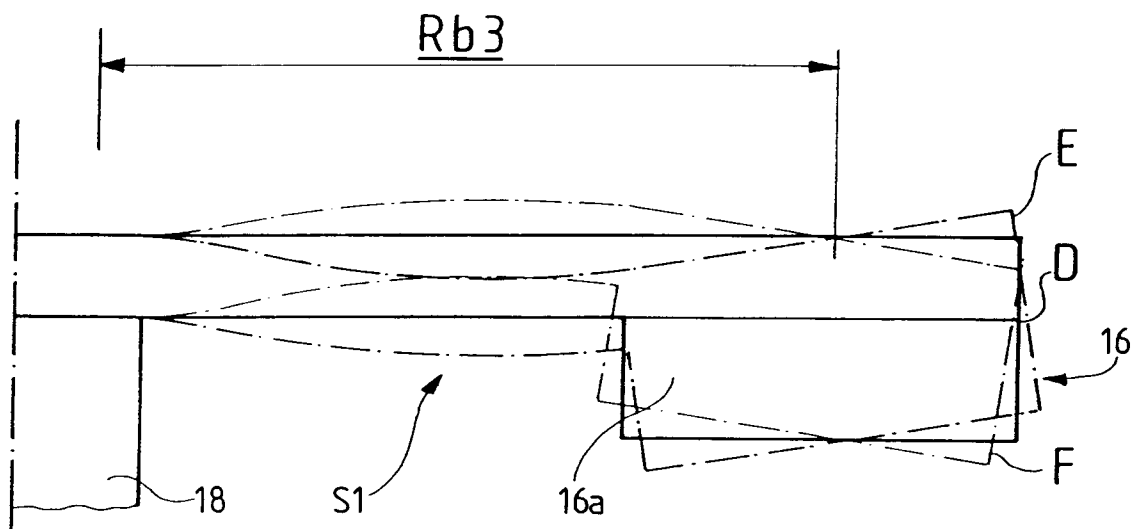


Fig.12

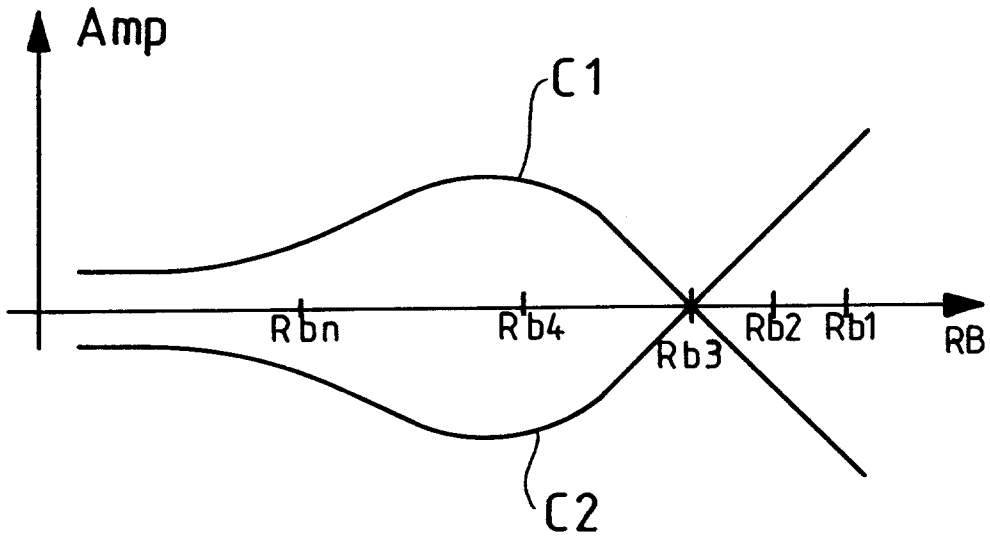
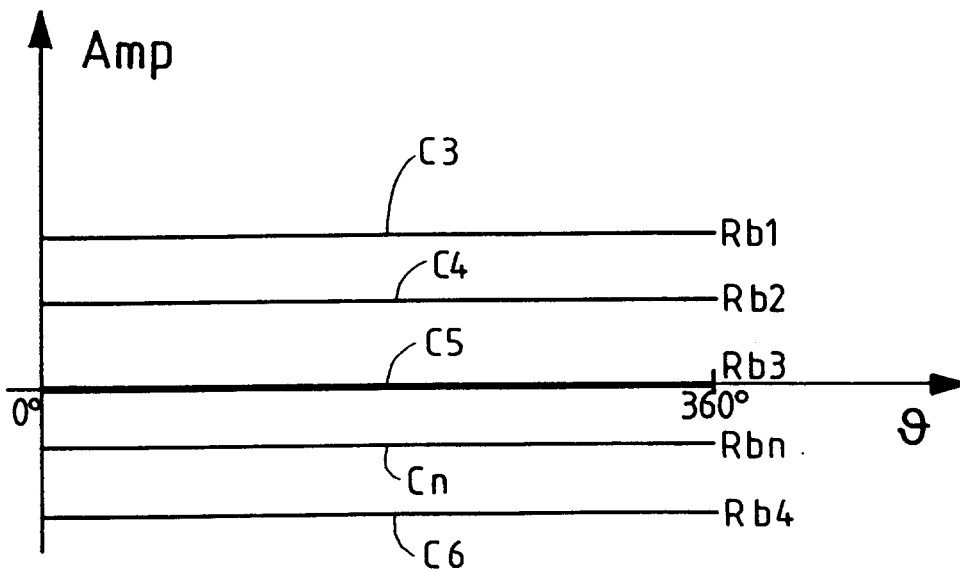


Fig.13





Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE**

Numero de la demande  
EP 93 11 3954

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                           | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                                                 | Revendication concernée                                                                                                                                                                                                                                                  | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)               |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | FR-A-2 059 743 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT)<br>* page 1, ligne 16 - page 2, ligne 3; figure 1 *                                                 | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        | G04C3/12                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     | ---                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | EP-A-0 424 140 (SEIKO EPSON CORPORATION)<br>* abrégé *                                                                                          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                     | ---                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-3 726 080 (MUELLER & CO.A.G.)<br>* abrégé *                                                                                                | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                     | ---                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 12, no. 334 (P-756)8 Septembre 1988<br>& JP-A-63 096 591 (SEIKO EPSON CORP.) 27 Avril 1988<br>* abrégé *      | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                     | ---                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 9, no. 262 (P-398)(1985) 19 Octobre 1985<br>& JP-A-60 111 178 (SUWA SEIKOSHA K.K.) 17 Juin 1985<br>* abrégé * | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)<br>G04C |
|                                                                                                                                                                                                                                     | ---                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 11, no. 354 (P-638)19 Novembre 1987<br>& JP-A-62 133 379 (SEIKO EPSON CORP.) 16 Juin 1987<br>* abrégé *       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                     | -----                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |
| Lieu de la recherche<br><b>LA HAYE</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                 | Date d'achèvement de la recherche<br><b>25 Novembre 1993</b>                                                                                                                                                                                                             | Examineur<br><b>Pineau, A</b>                     |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                 | 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>.....<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                                   |
| 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 |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)