

**Demande de brevet déposée pour la Suisse et le Liechtenstein**  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DE LA DEMANDE** A3

⑪

**625 388 G**

⑳ Numéro de la demande: 1135/77

㉒ Date de dépôt: 31.01.1977

③① Priorité(s): 29.01.1976 JP 51-8636  
29.01.1976 JP 51-8671  
03.03.1976 JP 51-22937  
08.03.1976 JP 51-24828

④② Demande publiée le: 30.09.1981

④④ Fascicule de la demande  
publié le: 30.09.1981

⑦① Requérent(s):  
Kabushiki Kaisha Daini Seikosha, Tokyo (JP)

⑦② Inventeur(s):  
Hirofumi Kawashima, Koto-ku/Tokyo (JP)  
Akira Watanabe, Koto-ku/Tokyo (JP)  
Yasunori Ebihara, Koto-ku/Tokyo (JP)

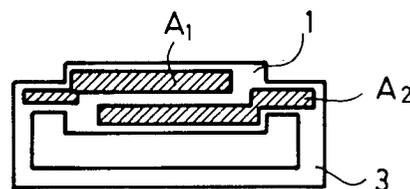
⑦④ Mandataire:  
Bovard & Cie., Bern

⑤⑥ Rapport de recherche au verso

⑤④ **Vibreux piézo-électrique à cristal travaillant en cisaillement d'épaisseur, procédé de fabrication de ce vibreur.**

⑤⑦ Le vibreur piézo-électrique à cristal, travaillant en cisaillement d'épaisseur, comprend une portion vibrante (1) munie d'une pluralité d'électrodes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) et une portion support (3) formée conjointement à cette portion vibrante. La portion support est formée en un seul corps avec la portion vibrante et elle a la forme d'une «anse» s'étendant vers l'extérieur, latéralement, depuis les extrémités de la portion vibrante.

Ce vibreur a une grande précision de fréquence, un faible encombrement et peut être fabriqué aisément. Il s'applique d'une façon particulièrement avantageuse dans une montre électronique en tant qu'élément de référence de fréquence standard.





**RAPPORT DE RECHERCHE**  
**RECHERCHENBERICHT**

Demande de brevet No.:  
Patentgesuch Nr.:

1135/77

I.I.B. Nr.:  
HO 12 495

Documents considérés comme pertinents Einschlägige Dokumente		
Catégorie Kategorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes. Kennzeichnung des Dokuments, mit Angabe, soweit erforderlich, der massgeblichen Teile	Revendications con- cernées Betrifft Anspruch Nr.
	<p><u>DE - A - 2 246 511</u> (SEIKO) * Figure 2, revendications 1 et 2 *</p> <p>---</p>	1,2
	<p><u>DE - A - 706 099</u> (TELEFUNKEN) * Figures 1 et 2; revendication *</p> <p>---</p>	1,2
	<p><u>FR - A - 2 186 779</u> (S.S.I.H.) * Figures 1,2,6,8 et 9; page 4, lignes 25-34; revendications 1 et 2 *</p> <p>---</p>	3,4,11, 12
	<p><u>FR - A - 2 178 269</u> (STATEK) * Revendication 13 *</p> <p>---</p>	1,2
<p>Domaines techniques recherchés Recherchierte Sachgebiete (INT. CL.<sup>2</sup>)</p> <p>G 04 F 5/00 H 03 H 9/18</p>		
<p>Catégorie des documents cités Kategorie der genannten Dokumente:</p> <p>X: particulièrement pertinent von besonderer Bedeutung A: arrière-plan technologique technologischer Hintergrund O: divulgation non-écrite nichtschriftliche Offenbarung P: document intercalaire Zwischenliteratur T: théorie ou principe à la base de l'invention der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: demande faisant interférence kollidierende Anmeldung L: document cité pour d'autres raisons aus andern Gründen angeführtes Dokument &amp;: membre de la même famille, document correspondant Mitglied der gleichen Patentfamilie; übereinstimmendes Dokument</p>		

Etendue de la recherche/Umfang der Recherche

Revendications ayant fait l'objet de recherches **ensemble**  
Recherchierte Patentansprüche:  
Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches  
Nicht recherchierte Patentansprüche:  
Raison:  
Grund:

Date d'achèvement de la recherche/Abschlussdatum der Recherche

18 août 1977

Examineur I.I.B./I.I.B Prüfer

## REVENDEICATIONS

1. Vibreur piézo-électrique à cristal travaillant en cisaillement d'épaisseur, comprenant (fig. 9A; fig. 10; fig. 14) une portion vibrante (1; f; 1) ayant une pluralité d'électrodes ( $A_1, A_2, B_1, B_2$ ; e;  $A_1, A_2, B_1, B_2$ ) et une portion-support (3; g; 3), caractérisé en ce que ladite portion vibrante (1; f; 1) et ladite portion-support (3; g; 3) sont en un seul corps, la portion-support (3; g; 3) ayant la forme d'une anse reliant les deux endroits d'extrémité de la portion vibrante (1; f; 1).

2. Vibreur selon la revendication 1, dans lequel X est l'axe électrique, Y est l'axe mécanique et Z est l'axe optique d'un cristal piézo-électrique qui le constitue, alors que de nouveaux axes Y' et Z' d'une plaque Y' sont établis par rotation d'un angle de 30 à 45 d'une plaque Y autour de l'axe X, caractérisé en ce que des électrodes (fig. 13-15:  $A_1, A_2, B_1, B_2$ ) sont disposées sur les faces (1a) de cette plaque Y' parallèles auxdits axes X et Y'.

3. Vibreur selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une électrode (fig. 13:  $C_1, C_2$ ) est disposée en plus sur chacune des faces (1b) de ladite plaque Y' perpendiculaires audit axe Y'.

4. Vibreur selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que lesdites faces (1a) parallèles aux axes X et Y' ont des dimensions plus grandes que lesdites faces (1b) perpendiculaires à l'axe Y' (fig. 12-15).

5. Vibreur selon la revendication 1, dans lequel X est l'axe électrique, Y l'axe mécanique et Z l'axe optique, d'un cristal piézo-électrique qui le constitue, alors qu'un nouvel axe Y', Y'' est établi par rotation, caractérisé en ce qu'une électrode (fig. 5-9B, fig. 12-15:  $A_1, A_2, B_1, B_2$ ) est située sur au moins une face parallèle aux axes X et Y' ou aux axes X et Y'' d'une plaque Y' ou Y'' résultant de la rotation.

6. Vibreur selon la revendication 5, caractérisé en ce que les deux faces parallèles aux axes X et Y' ou aux axes X et Y'' constituent la surface avant et la surface arrière dudit vibreur, au moins deux paires d'électrodes ( $A_1, A_2; B_1, B_2$ ) étant disposées respectivement sur ces surfaces avant et arrière.

7. Vibreur selon l'une des revendications 1, 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il est fait d'une plaque Y'', obtenue par une première rotation d'une plaque Y d'un angle de 0-25° autour de l'axe Z, fournissant un nouveau système d'axes X', Y', puis une seconde rotation de -30 à -45° autour du nouvel axe X', les axes X, Y et Z étant respectivement l'axe électrique, l'axe mécanique et l'axe optique du cristal piézo-électrique formant l'élément vibrant (fig. 5).

8. Vibreur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est fait d'une plaque Y' obtenue par une rotation de 30 à 45° d'une plaque Y autour de l'axe X, X étant l'axe électrique, Y l'axe mécanique et Z l'axe optique d'un cristal piézo-électrique constituant le vibreur, cette rotation fournissant de nouveaux axes Y' et Z' (fig. 11), et en ce que les surfaces de ladite plaque Y' qui sont perpendiculaires à l'axe Y' portent des électrodes (e) et sont plus grandes que les surfaces de cette plaque qui sont parallèles aux axes X et Y'.

9. Procédé de fabrication du vibreur piézo-électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la configuration de l'ensemble de ladite portion vibrante et de ladite portion-support est établie, au moins en partie, par des moyens d'attaque chimique.

10. Procédé selon la revendication 9, pour la fabrication du vibreur selon la revendication 8 (fig. 10, 11), caractérisé en ce que l'épaisseur du vibreur, dans la direction de l'axe Y', est établie par usinage mécanique, après quoi la configuration d'ensemble de la portion vibrante (f) et de la portion-support (g) est établie par lesdits moyens d'attaque chimique.

11. Procédé selon la revendication 9 de fabrication du vibreur selon la revendication 7 (fig. 5-9B), caractérisé en ce qu'au moins une électrode positive (fig. 6:  $A_1, B_1$ ) et au moins une électrode négative (fig. 6:  $A_2, B_2$ ) sont établies sur au moins une face dudit vibreur piézo-électrique également par des moyens d'attaque photochimique.

12. Procédé selon la revendication 9 de fabrication du vibreur

selon l'une des revendications 2 à 4 (fig. 12-15), caractérisé en ce que lesdites électrodes (fig. 13-15:  $A_1, A_2, B_1, B_2$ ) sur les faces parallèles aux axes X et Y' sont établies sur ces faces également par des moyens d'attaque photochimique.

10 La présente invention concerne un vibreur piézo-électrique à cristal travaillant en cisaillement d'épaisseur comprenant une portion vibrante ayant une pluralité d'électrodes et une portion-support.

Classiquement, les vibreurs du type à cisaillement d'épaisseur étaient formés par usinage mécanique et leur forme était limitée à une forme de disque.

Toutefois, ce vibreur en forme de disque était de grandes dimensions, ce qui fait qu'il ne convenait guère pour une montre-bracelet. Récemment, un vibreur de ce genre de forme rectangulaire a été développé en tant que perfectionnement du vibreur en forme de disque, mais les pertes d'énergie par la portion-support étaient très importantes dans le cas d'une construction de petites dimensions, et on n'obtenait pas des performances suffisantes. La construction de l'agencement de support n'était pas suffisante et une subdivision était fréquemment engendrée, ce dont il résultait que les caractéristiques liant la fréquence à la température s'établissaient dans de mauvaises conditions.

Ainsi, dans les vibreurs à cisaillement d'épaisseur connus, on utilisait un élément vibreur à cristal, soit en forme de disque (tel que le vibreur 1 montré à la fig. 1) comportant des électrodes dont l'une est visible, présentant le désavantage d'une trop grande dimension, soit de forme rectangulaire (tel que le vibreur montré à la fig. 2) présentant le désavantage d'une construction de support qui, bien que permettant de plus petites dimensions, provoquait l'apparition d'une subvibration, indépendante de la fréquence principale, impliquant une mauvaise caractéristique fréquence/température. De plus, l'ajustement de fréquence; jouant sur la dimension selon l'axe Y, c'est-à-dire selon l'épaisseur, était fort délicat.

Par ailleurs, l'utilisation d'un fil conducteur fin en tant que support se révélait peu solide à l'égard des chocs. De plus, comme les dimensions extérieures en relation étroite avec ladite subvibration étaient déterminées par un usinage mécanique, un coûteux travail d'usinage précis était nécessaire. Ainsi, les tentatives d'utiliser un vibreur du type à cisaillement d'épaisseur comme base de temps dans une montre-bracelet se heurtaient à de grandes difficultés. Ainsi, compte tenu du problème de la subvibration, de la trop grande délicatesse à l'égard des chocs extérieurs, de mauvaises caractéristiques fréquence/température et de la difficulté d'ajustement, ce genre de vibreur n'avait jusqu'ici pratiquement pas été utilisé pour des montres-bracelets.

On connaissait également par l'exposé allemand DT-A No 246511, et notamment la fig. 2 de cet exposé, un résonateur piézo-électrique comportant une portion-support formée conjointement d'un élément vibrant. Toutefois, cet élément vibrant n'était pas à cisaillement d'épaisseur mais à torsion, de sorte qu'il était sujet à des problèmes différents, et par ailleurs cette portion-support avait la forme d'un pied, lié à l'élément vibrant par une partie amincie.

On connaissait, d'autre part, par l'exposé allemand DT-A No 709099, un résonateur piézo-électrique dont une portion-support était venue d'une pièce avec un élément vibrant. En l'occurrence, cet exposé n'indique pas de quel genre de vibration il s'agit, mais le contexte et la date de l'exposé permettent de conclure qu'il s'agissait d'un vibreur travaillant à la flexion, c'est-à-dire d'un vibreur d'un type différent d'un vibreur à cisaillement d'épaisseur, connaissant des problèmes différents. Les portions-supports étaient les parties amincies se projetant des deux extrémités de l'élément vibrant.

Enfin, l'exposé antérieur français FR-A No 2186779 propose un élément résonateur, destiné à vibrer en cisaillement d'épaisseur, tiré d'une plaque Y avec rotation de celle-ci autour de l'axe X, des électrodes étant prévues sur les faces de l'élément résonateur. Cet exposé antérieur français explique fort bien comment l'application d'un champ électrique en direction Y provoque une contrainte de cisaillement d'épaisseur, c'est-à-dire une tendance de l'élément à se déformer en forme de losange. Par contre, cet exposé antérieur ne propose, comme moyen pour supporter l'élément résonateur, que des structures à crochet (voir par exemple les fig. 12, 13 de cet exposé antérieur) et il n'existe aucune portion-support faisant corps avec l'élément résonateur. De toute façon, ce document antérieur ne s'intéresse pas au problème de la qualité en fonction de la façon dont l'élément résonateur est supporté, et il ne propose aucune mesure technique visant à remédier aux défauts précédemment mentionnés des vibreurs à cisaillement d'épaisseur.

La présente invention a pour but de fournir un vibreur piézo-électrique à cristal de quartz travaillant en cisaillement d'épaisseur qui ne soit pas sujet aux défauts et inconvénients précédemment mentionnés qui affectent les vibreurs de ce type connu de l'art antérieur. Elle a également pour but de fournir un vibreur susceptible d'être fabriqué par un procédé plus simple et moins coûteux que ceux qui étaient connus de l'art antérieur, ce procédé pour fabriquer le vibreur faisant lui aussi partie du but visé par l'invention.

Conformément à l'invention, ce but est atteint par la présence des caractères énoncés dans les revendications, et en particulier dans la première revendication.

Le dessin annexé illustre, à titre d'exemple et comparativement à ce que connaissait l'art antérieur, des formes d'exécution de l'objet de l'invention. Dans ce dessin:

la fig. 1 est une vue en plan d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur en forme de disque, classique;

la fig. 2 est une vue de côté d'un vibreur du type à cisaillement d'épaisseur de forme rectangulaire, classique;

la fig. 3 est une illustration de l'angle de coupe d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur de type classique;

la fig. 4 montre schématiquement la direction des contraintes dues au champ électrique dans un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur de type classique;

la fig. 5 est une illustration de l'angle de coupe dans une première forme d'exécution d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur du type particulier selon l'invention;

la fig. 6 est une vue schématique montrant comment s'établissent les champs électriques dans un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur du type conforme à la fig. 5;

les fig. 7 et 8 sont des vues schématiques montrant comment s'établissent les champs électriques dans des variantes de la construction de la fig. 6, également conformes à ce que montre la fig. 5;

les fig. 9A et 9B sont, respectivement, une vue en plan et une vue depuis l'arrière d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur selon cette première forme d'exécution (ou ses variantes) conforme à la conception particulière en question;

la fig. 10 est une vue en plan et une vue depuis l'arrière d'une seconde forme d'exécution d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur d'un type particulier proposé;

la fig. 11 est une illustration de l'angle de coupe dans le cas de la forme d'exécution selon la fig. 10;

la fig. 12 est une illustration de l'angle de coupe dans le cas d'une troisième forme d'exécution comprenant deux variantes d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur selon la conception particulière proposée;

la fig. 13 est une vue schématique montrant l'établissement des champs électriques dans la première variante de la troisième forme d'exécution d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur, ayant l'angle de coupe montré à la fig. 12;

la fig. 14 est une vue montrant, en plan et en élévation, la constitution d'un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur selon la

seconde variante de la troisième forme d'exécution de la conception proposée, vibreur coupé de la manière montrée à la fig. 12, et

la fig. 15 est une vue schématique illustrant l'établissement des champs électriques dans le cas du vibreur selon la variante d'exécution de la fig. 14.

Les différentes formes d'exécution de vibreur piézo-électrique à cristal fonctionnant en cisaillement d'épaisseur qui vont être décrites feront ressortir les performances améliorées et le format particulièrement petit de ces vibreurs. Ceux-ci peuvent être fabriqués par une méthode d'attaque chimique et sont tirés d'une plaque Y obtenue par une rotation, d'un angle de 30 à 45°, autour de l'axe X. On se réfère ici aux axes d'un cristal piézo-électrique, l'axe X étant l'axe électrique, l'axe Y étant l'axe mécanique et l'axe Z étant l'axe optique.

Il n'y a pas lieu de revenir sur les vibreurs antérieurement connus qui sont illustrés à titre de comparaison par les fig. 1 à 4, déjà brièvement évoqués dans l'entrée en matière.

On considérera maintenant la première forme d'exécution d'un vibreur du type particulier proposé, cela en liaison avec les fig. 5 à 9.

Sur la fig. 5, on voit qu'une plaque Y', définie par référence à de nouveaux axes X' et Y' et obtenue par une rotation préalable d'une plaque Y d'un angle  $\theta_2$  (0-25°), autour de l'axe X, dans un système X, Y, Z, subit encore une rotation d'un angle  $\theta_3$  (-30 à -45°) autour de l'axe X'. Par cette coupe particulière, on obtient une plaque dont les faces sont parallèles aux axes Y'' et X' qui définissent cette nouvelle plaque Y'' obtenue à partir d'une plaque Y'. C'est ainsi que l'élément vibreur à cristal 1 (fig. 6) est obtenu.

Des électrodes A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> sont montées sur ces faces parallèles à l'axe Y''. Les électrodes A<sub>1</sub> et B<sub>1</sub> sont, par exemple, à une tension positive, tandis que les électrodes A<sub>2</sub> et B<sub>2</sub> sont à une tension négative, de façon qu'un champ électrique parallèle à l'axe Y'' s'établit dans l'élément vibreur de la manière montrée à la fig. 6, cette façon d'appliquer le champ électrique provoquant une vibration de cisaillement d'épaisseur.

La fréquence de ce vibreur à cisaillement d'épaisseur est déterminée par la dimension selon l'axe Y'', dimension qui peut être établie d'une façon très libre, de sorte que la sélection de la fréquence peut être effectuée librement.

Les fig. 7 et 8 montrent des variantes de la construction de vibreur illustrée à la fig. 6. Dans le cas de la fig. 7, on n'a des électrodes, A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>, que sur une face du vibreur, l'autre face ne comprenant pas d'électrode. Dans le cas de la fig. 8, on a prévu encore, en plus des électrodes montrées à la fig. 6, des électrodes C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>, sur les faces latérales, entre les faces supérieure et inférieure. Les électrodes A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub> et C<sub>1</sub> forment une seule électrode (ou sont au même potentiel) et les électrodes A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub> et C<sub>2</sub> forment semblablement une seule électrode (ou sont au même potentiel).

La fig. 9 montre comment se présente la forme d'exécution en question du vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur proposé. Le vibreur 1 de la fig. 9 illustre l'exemple dans lequel un membre-support 3 s'étend depuis les extrémités du vibreur dans la direction de l'axe Y''. A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> sont des électrodes; selon la variante, des électrodes correspondantes B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub> peuvent exister sur l'autre face, et c'est le cas qui est illustré par la fig. 9B. Ainsi, dans cette forme d'exécution, la portion-support 3 et la portion vibrante 1 sont formées en un seul corps, à l'aide de moyens d'attaque chimique, ce qui, d'une part, permet une fabrication précise et aisée et, d'autre part, élimine l'inconvénient de la subvibration. Le vibreur que l'on obtient ainsi convient donc très bien pour l'utilisation dans une montre-bracelet.

En tant que matériau constituant le vibreur à cristal, on emploie un élément à cristal, un composé acide de tantale et de lithium, ou encore un composé acide de niobium et de lithium, etc., ces corps s'étant montrés favorables lors de nombreuses expériences.

On considérera maintenant une seconde forme d'exécution de vibreur en liaison avec les fig. 10 et 11.

La fig. 10 montre un vibreur piézo-électrique à cisaillement d'épaisseur, de forme rectangulaire. Sur cette figure, on voit une

électrode e, une portion vibrante f et une portion-support g. Cette portion vibrante est bien écartée de la portion-support, ce par quoi on obtient que les pertes d'énergie par la portion-support se trouvent très faibles. Malgré tout, cette portion vibrante est rigidement supportée par ladite portion-support.

Selon cette seconde forme d'exécution d'un vibreur piézo-électrique à cisaillement d'épaisseur, il est possible d'obtenir une quantité de formes de vibreur à quartz et d'obtenir une quantité de formes d'agencement-support réalisant la condition selon laquelle la portion vibrante et la portion-support sont en un seul corps.

La fig. 11 illustre la manière d'obtenir le plan de coupe en fonction des axes X, Y et Z. Dans ce cas, l'angle de coupe correspond à une plaque Y ayant subi une rotation de 30-45° autour de l'axe X.

On va considérer maintenant une troisième forme d'exécution, avec deux variantes, d'un vibreur piézo-électrique à cisaillement d'épaisseur selon la conception particulière en question, cela en liaison avec les fig. 12 à 15.

Sur la fig. 12, on voit que l'angle de coupe est obtenu par rotation d'un angle  $\theta_2$  ( $\theta = 38^\circ$ ) autour de l'axe X, dans le cas d'un système de base X, Y et Z. La situation est approximativement la même qu'à la fig. 5, sauf que, dans celle-ci, on part d'un système comprenant X' et Y'. Dans le cas de la fig. 12, on obtient une plaque Y' destinée à former l'élément vibreur. Les faces subsistant dans une direction perpendiculaire à l'axe Y', c'est-à-dire les faces 1b représentées aux fig. 13, 14 et 15, sont de dimensions plus petites que les parties de surface 1a qui se présentent parallèlement à l'axe Y'. Les deux grandes faces 1a proviennent d'un substrat. Dans les deux variantes d'exécution, respectivement selon la fig. 13 et selon les fig. 14 et 15, les électrodes A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> parallèles à l'axe Y', munissent les grandes faces 1a. Dans la première variante, selon la fig. 13, deux autres électrodes, C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>, sont disposées de plus sur les faces latérales 1b, perpendiculaires à l'axe Y'. Les électrodes A<sub>1</sub> et B<sub>1</sub>, de même que l'électrode C<sub>1</sub> dans la variante de la fig. 13, sont au même potentiel et sont connectées ensemble, et les électrodes A<sub>2</sub> et B<sub>2</sub>, de même que l'électrode C<sub>2</sub> dans la variante de la fig. 13, sont au même potentiel entre elles et sont connectées de façon correspondante, de manière qu'un champ électrique se trouve appliqué, comme cela est montré par des flèches aux fig. 13 et 15. De cette façon, on obtient une vibration du type à cisaillement d'épaisseur.

La fréquence du vibreur selon les fig. 12 et suivantes est déterminée par la dimension dans la direction de l'axe Y', et il est nécessaire d'avoir un usinage précis pour cette épaisseur selon la direction Y' afin d'avoir une bonne précision de fréquence. Avec les conditions de coupe du vibreur selon la fig. 12, cette direction d'épaisseur selon l'axe Y peut être déterminée librement, ce qui donne toute liberté pour la sélection et la détermination de la fréquence.

On remarque que le vibreur représenté à la fig. 9, avec la variante de la fig. 8, correspond approximativement au vibreur selon les fig. 12, 14 et 15, avec la variante 13, à ceci près que l'on part, à la fig. 12, directement du système d'axe X, Y et Z, tandis que, dans le cas de la première forme d'exécution, on utilisait d'abord un système d'axe X', Y' et Z. Par ailleurs, ce qui a été dit en liaison avec la fig. 9

est également valable pour la forme d'exécution d'un vibreur selon les fig. 12 à 15, et on remarque notamment que ce vibreur peut être formé en un seul corps, comprenant la portion vibrante et la portion-support, par la technique d'attaque chimique. De cette façon, on élimine l'inconvénient de la subvibration, de même que d'autres inconvénients, la technique d'attaque chimique ayant de nombreuses ressources avantageuses.

Dans cette forme d'exécution, dans laquelle le nouvel axe Y' et l'axe Z' de la plaque Y' sont engendrés lorsque cette plaque Y' subit une rotation de 30-45° autour de l'axe X, il est possible de sélectionner très librement la fréquence par la direction, et le montage des électrodes sur les faces parallèles à l'axe X et à l'axe Y', de même que sur les faces qui sont perpendiculaires à l'axe Y'.

On obtient ainsi un vibreur à cristal à cisaillement d'épaisseur d'un format très réduit, ce qui est très favorable pour une utilisation dans une montre-bracelet.

D'autre part, en ce qui concerne le matériau dont est fait le vibreur à cristal, un élément de cristal, des composés acides de tantale et de lithium, ou encore de niobium et de lithium, etc., se sont montrés très opportuns, lors de nombreuses expériences.

On va considérer maintenant une seconde variante de la troisième forme d'exécution d'un vibreur piézo-électrique à cisaillement d'épaisseur selon la conception proposée, cela en liaison avec les fig. 14 et 15. La rotation des axes pour les plans de coupe est la même que pour la forme d'exécution précédente: on a  $\theta_2 =$  approximativement 38° autour de l'axe X. On a ici une forme d'exécution qui se rapproche grandement de celle de la fig. 6, avec simplement, du point de vue de l'orientation de coupe, la différence déjà signalée en liaison avec la forme d'exécution précédente (système de référence X', Y' et Z). Ici également, les faces parallèles à l'axe Y' et à l'axe X sont plus grandes que les faces d'extrémité perpendiculaires à l'axe Y'. Les électrodes qui se font face, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, et A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, sont au même potentiel, de façon à produire un champ tel que celui que montre la fig. 15, dirigé selon l'axe Y', ce qui correspond à un fonctionnement en cisaillement d'épaisseur.

La fig. 14 représente un vibreur pratiquement semblable à celui de la fig. 9, ne présentant par rapport à celui-ci que les différences déjà mentionnées, relatives à la prise en considération des axes de référence modifiés ou non. A nouveau dans cette variante d'exécution selon la fig. 14, le vibreur est fabriqué en un seul corps, comprenant une partie-support et une partie vibrante, la partie-support portant la partie vibrante aux deux extrémités de la direction de l'axe X. Ce vibreur peut donc très adéquatement être fabriqué par la technique de l'attaque chimique, et il permet d'éliminer le désavantage de la subvibration, de même que d'autres désavantages du même genre.

Ici à nouveau, les deux faces perpendiculaires à l'axe Y' sont plus petites que les deux faces parallèles à cet axe (fig. 15), ce qui permet de choisir librement la dimension dans la direction Y'. Ainsi, dans ce vibreur selon les fig. 14 et 15, la portion vibrante et la portion-support sont formées en un seul corps par une méthode d'attaque chimique, ce qui permet d'obtenir un vibreur exempt de vibrations et ayant une haute précision, qualités qui le rendent très adéquat pour une montre-bracelet.

FIG. 1

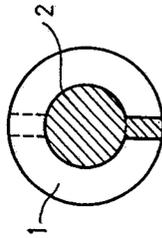


FIG. 2

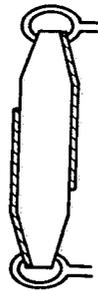


FIG. 3

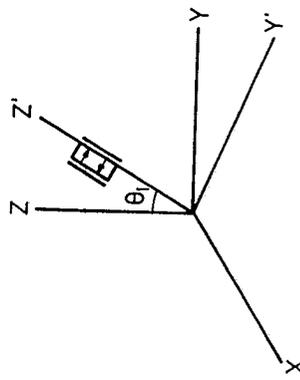


FIG. 4

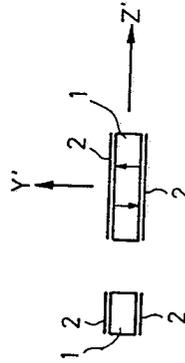


FIG. 7

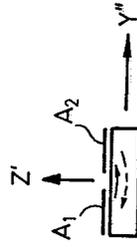


FIG. 8

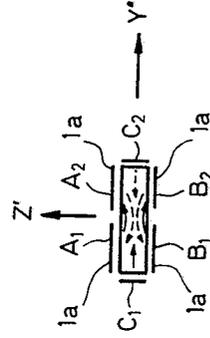


FIG. 6

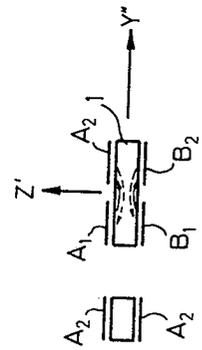


FIG. 5

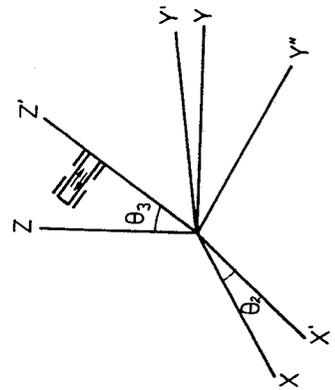


FIG. 9A

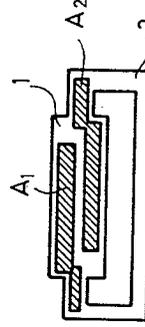


FIG. 9B

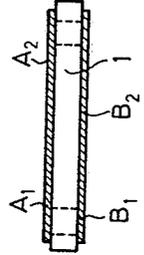


FIG. 10

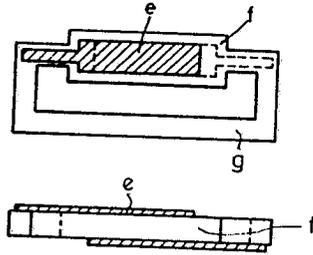


FIG. 11

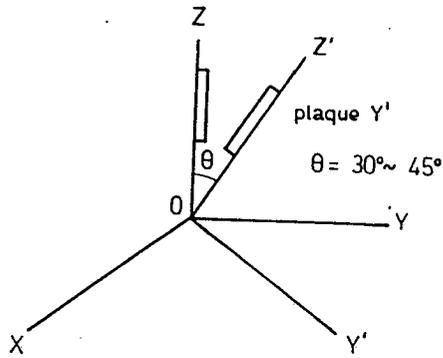


FIG. 12

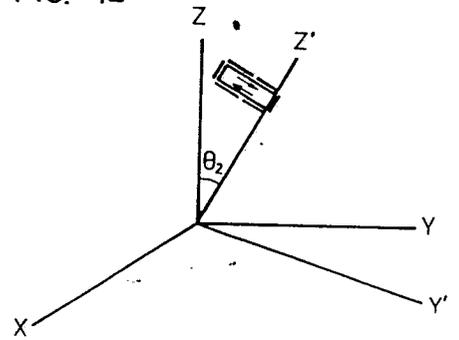


FIG. 13

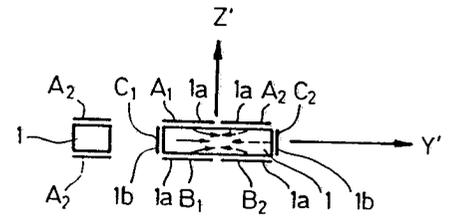


FIG. 15

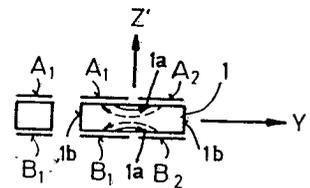


FIG. 14

