

(19)



(11)

**EP 4 488 771 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**08.01.2025 Bulletin 2025/02**

(21) Numéro de dépôt: **23183868.1**

(22) Date de dépôt: **06.07.2023**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

**G04C 21/04** (2006.01) **G04C 21/12** (2006.01)  
**G04C 21/20** (2006.01) **G04C 21/28** (2006.01)  
**G10K 9/122** (2006.01) **G04C 21/30** (2006.01)  
**G04C 21/36** (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

**G04C 21/04; G04C 21/12; G04C 21/20;**  
**G04C 21/28; G10K 9/122; G04C 21/30;**  
**G04C 21/36**

(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 ME MK MT NL**  
**NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA**  
Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(71) Demandeur: **Manufacture d'Horlogerie Audemars**  
**Piguet SA**  
**1348 Le Brassus (CH)**

(72) Inventeurs:

- **Robuschi, Nicolò**  
**2000 Neuchâtel (CH)**
- **Pina, Aurélien**  
**1421 Grandevent (CH)**
- **Thuet, Arnaud**  
**2000 Neuchâtel (CH)**

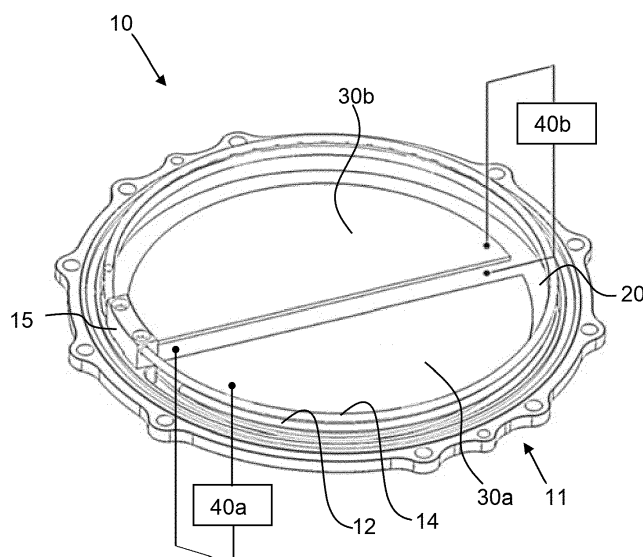
(74) Mandataire: **P&TS SA (AG, Ltd.)**

**Avenue J.-J. Rousseau 4**  
**P.O. Box 2848**  
**2001 Neuchâtel (CH)**

### (54) DISPOSITIF ACOUSTIQUE POUR PIÈCE À SONNERIE

(57) La présente invention concerne un dispositif acoustique (10) pour pièce à sonnerie, notamment pour pièce d'horlogerie à sonnerie, dotée d'au moins un timbre (12, 14) pouvant être frappé par un marteau. Le dispositif acoustique (10) comporte une membrane acoustique (20), au moins un élément piézoélectrique (30 ; 30a, 30b ; 30c; 32) agencé pour coopérer avec la membrane acoustique (20) et au moins un circuit électrique (40a,

40b) intégrant l'élément piézoélectrique. L'ensemble comprenant l'élément piézoélectrique (30 ; 30a, 30b ; 32) et le circuit électrique (40a, 40b) est configuré pour régler des fréquences de résonance de la membrane acoustique (20) en fonction des fréquences de résonance du timbre (12, 14). L'invention concerne également une pièce à sonnerie, notamment une d'horlogerie, comprenant le dispositif acoustique (10).



**Fig. 1**

## Description

### Domaine technique

**[0001]** La présente invention concerne un dispositif acoustique pour pièce à sonnerie, comportant une membrane dont les fréquences de résonance sont réglables par effet piézoélectrique. L'invention concerne également une pièce à sonnerie, notamment d'horlogerie, comportant un tel dispositif acoustique.

### Etat de la technique

**[0002]** Les pièces à sonnerie et notamment les pièces d'horlogerie à sonnerie, par exemple de type à grande sonnerie ou à répétition minutes, sont bien connues. CH714635 par exemple divulgue une pièce d'horlogerie à sonnerie comprenant une boîte de montre logeant une membrane acoustique et un mouvement horloger doté d'un mécanisme de sonnerie. Ce mécanisme comporte au moins un timbre et un marteau pour frapper le timbre. Le son produit par l'impact du marteau sur le timbre provoque la vibration du timbre ainsi que de la membrane, laquelle contribue à la transmission sonore entre l'intérieur et l'extérieur de la boîte de montre.

**[0003]** L'inconvénient de la pièce d'horlogerie susvisée réside sur le fait que la membrane acoustique fonctionne en régime forcé et ne résonne pas. La membrane n'est donc pas exploitée à son plein potentiel.

**[0004]** Il existe par ailleurs des montres comportant une membrane acoustique associée à un élément piézoélectrique afin d'ajuster la fréquence de résonance de la membrane acoustique. A titre d'exemple, FR2466903 divulgue une montre mécanique dotée d'un ensemble constitué d'une membrane acoustique et d'un élément piézoélectrique. L'élément piézoélectrique est, selon un mode opératoire, commandé par un circuit électronique afin de faire vibrer la membrane acoustique pour produire un son audible. La montre comporte en outre un mécanisme de réglage de la fréquence de résonance de la membrane acoustique. Ce mécanisme est monté dans le fond du boîtier et comprend un bras rotatif en contact avec la membrane et mobile pour ajuster sa fréquence de résonance. Cela permet de modifier la fréquence de l'ensemble membrane-élément piézoélectrique afin d'amplifier le son.

**[0005]** L'inconvénient de la montre mécanique susvisée réside sur la qualité du son émis qui dépend en partie des caractéristiques de la membrane acoustique.

**[0006]** Un but de la présente invention est par conséquent de proposer un dispositif acoustique pour une pièce à sonnerie afin que celle-ci puisse émettre un son de meilleure qualité.

**[0007]** Un autre but de la présente invention vise à proposer un dispositif acoustique pour une pièce à sonnerie qui permette à cette dernière d'atténuer l'amplitude sonore pour obtenir un mode sourdine.

## Bref résumé de l'invention

**[0008]** Au moins une partie de ces buts sont atteints notamment par un dispositif acoustique pour pièce à sonnerie dotée d'au moins un timbre pouvant être frappé par un marteau. Le dispositif acoustique comporte une membrane acoustique, au moins un élément piézoélectrique agencé pour coopérer avec la membrane acoustique et au moins un circuit électrique intégrant l'élément piézoélectrique, en particulier par ses électrodes qui, typiquement, peuvent être constituées par ses plus grandes faces. L'ensemble comprenant l'élément piézoélectrique et le circuit électrique étant configuré pour régler des fréquences de résonance de ladite membrane en fonction des fréquences de résonance dudit timbre.

**[0009]** Selon une forme de réalisation, chaque élément piézoélectrique est disposé directement au contact de la membrane acoustique et possède de préférence une forme au moins partiellement complémentaire à celle de la membrane acoustique.

**[0010]** Selon une forme de réalisation, la membrane acoustique est de forme circulaire. L'élément piézoélectrique est de forme circulaire ou partiellement circulaire.

**[0011]** Selon une forme de réalisation, au moins un élément piézoélectrique présente une forme au moins partiellement annulaire. L'élément piézoélectrique est agencé le long d'au moins une partie de la périphérie de la membrane acoustique. Cela permet de moduler les fréquences de résonance de la membrane lorsque celle-ci est radialement mise sous contrainte par l'élément piézoélectrique.

**[0012]** Selon une forme de réalisation, au moins une face de la membrane acoustique est recouverte par au moins un élément piézoélectrique pour occuper au moins 70% de sa surface, de préférence au moins 80%, voire au moins 90% de sa surface.

**[0013]** Selon une forme de réalisation, le dispositif acoustique comprend au moins un élément piézoélectrique configuré pour être alimenté par une source électrique intégrée au circuit électrique afin de fonctionner dans un mode actif.

**[0014]** Selon une forme de réalisation, la source électrique est constituée d'un ou plusieurs autres éléments piézoélectriques du dispositif acoustique.

**[0015]** Selon une forme de réalisation, le dispositif acoustique comporte en outre un élément périphérique en contact avec la membrane acoustique par sa périphérie. L'élément piézoélectrique est intégré à l'élément périphérique de façon à ce que toute expansion ou rétraction de l'élément piézoélectrique exerce une variation de tension sur la membrane acoustique pour moduler ses fréquences de résonance.

**[0016]** Selon une forme de réalisation, le dispositif acoustique est adapté pour une pièce à sonnerie dotée de plusieurs timbres. Un circuit électrique est attribué à chaque timbre et possède des caractéristiques propres permettant de régler les fréquences de résonance de la membrane en fonction des fréquences de résonance du

timbre auquel le circuit électrique est attribué.

**[0017]** Selon une forme de réalisation, le dispositif acoustique est adapté pour une pièce à sonnerie dotée de plusieurs timbres. Un élément piézoélectrique est attribué à chaque timbre et possède des caractéristiques propres permettant de régler les fréquences de résonance de la membrane en fonction de des fréquences de résonance du timbre auquel l'élément piézoélectrique est attribué.

**[0018]** Selon une forme de réalisation, au moins un circuit électrique comporte un interrupteur permettant d'ouvrir ou de fermer le circuit électrique pour respectivement activer ou déconnecter ledit au moins un élément piézoélectrique qui y est intégré.

**[0019]** Selon une forme de réalisation, l'ensemble comprenant l'élément piézoélectrique et le circuit électrique est configuré pour distancer davantage les fréquences de résonance de la membrane et du timbre.

**[0020]** Selon une forme de réalisation, le dispositif acoustique est adapté pour une pièce d'horlogerie à sonnerie.

**[0021]** Un autre aspect de l'invention porte sur une pièce d'horlogerie à sonnerie comportant notamment au moins un timbre, un marteau agencé pour frapper le timbre ainsi que le dispositif acoustique selon l'une quelconque des formes de réalisations susvisées.

**[0022]** Selon une forme de réalisation, la pièce d'horlogerie à sonnerie, comprend plusieurs timbres, chacun agencé pour être frappé par un marteau, ainsi que le dispositif acoustique. L'interrupteur est actionné par un mouvement d'un marteau ou par un organe de déclenchement de la sonnerie.

**[0023]** Selon une forme de réalisation, ledit au moins un élément piézo-électrique est agencé sur une face de la membrane située en vis-à-vis d'un timbre.

### Brève description des figures

**[0024]** Des exemples de mise en oeuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 illustre, associé à des timbres, une vue en perspective d'un dispositif acoustique destiné à être monté dans une pièce d'horlogerie à sonnerie, selon une forme de réalisation ;
- la figure 2 illustre un circuit équivalent d'un élément piézoélectrique et d'un circuit de commande comprenant un interrupteur ;
- la figure 3 illustre schématiquement une boîte de montre d'une pièce d'horlogerie comportant le dispositif acoustique selon la forme de réalisation illustrée par la figure 1 ou selon l'une quelconque des formes de réalisation décrites ci-après ;
- les figures 4a et 4b illustrent deux circuits intégrant

un élément piézoélectrique selon deux formes de réalisation ;

- la figure 5 illustre une vue en plan de la figure 1 avec un schéma électrique comprenant une source d'énergie selon une forme de réalisation intégrant une variante ;
- la figure 6 illustre une vue en plan du dispositif acoustique pour pièce d'horlogerie, selon une autre forme de réalisation intégrant une variante ;
- la figure 7 illustre une vue en coupe du dispositif acoustique de la figure 6 ;
- la figure 8 illustre, accompagné de timbres, une vue en plan du dispositif acoustique pour pièce d'horlogerie, selon une autre forme de réalisation ;
- la figure 9 est une vue en coupe de la figure 8 ;
- la figure 10 illustre une vue schématique du dispositif acoustique pour pièce d'horlogerie, selon une autre forme de réalisation, et
- la figure 11 est un graphique représentant la fréquence de résonance d'un timbre d'une pièce d'horlogerie et celle de la membrane acoustique lorsque l'amplitude sonore générée par l'ensemble timbre-membrane-circuit électrique est dans un mode atténué, non-optimum et optimum.

### Exemples de modes de réalisation de l'invention

**[0025]** Selon une forme de réalisation, et en référence aux figures 1 et 3, le dispositif acoustique 10 est destiné à être monté dans une pièce à sonnerie. Par pièce à sonnerie on entend couvrir toute pièce à sonnerie ou musicale, telle que pièce d'horlogerie à sonnerie, boîte à musique, automate ou autre pièce mécanique ou semi-mécanique configurée pour générer une sonnerie et/ou une musique. Les modes de réalisation pris en exemple dans la présente description se réfèrent de manière non-limitative à une pièce d'horlogerie à sonnerie

**[0026]** Cette pièce d'horlogerie peut notamment être à grande sonnerie ou à répétition minutes comportant un ou plusieurs timbres 12, 14. Typiquement, le dispositif 10 remplit notamment la fonction de cloison qui divise une chambre interne 6 de la pièce d'horlogerie pour former un logement étanche 16 et une cavité acoustique 8. Le logement 16 renferme un mouvement horloger doté d'un mécanisme à sonnerie. La cavité acoustique 8 comporte des ouïes traversantes 9 pour diffuser le son produit par le mécanisme de sonnerie de l'intérieur à l'extérieur de la boîte de montre 100.

**[0027]** Le dispositif acoustique 10 a globalement dans cet exemple une forme de cuvette avec un rebord formant une bride de fixation 11. Une portion centrale de la

cloison constitue une membrane acoustique 20 sur laquelle sont par exemple disposés un premier et un second élément piézoélectrique 30a, 30b comme illustré à la figure 1. La membrane acoustique 20 peut par exemple être en titane, matière qui a l'avantage de posséder un module d'élasticité relativement faible et qui est idéal pour transmettre les ondes acoustiques. Une membrane en saphir peut être utilisée selon une variante pour des raisons esthétiques afin que l'utilisateur de la pièce d'horlogerie puisse contempler, au moins en partie, le mouvement horloger côté fond de la boîte de montre, notamment au cours du fonctionnement du mécanisme de sonnerie.

**[0028]** Dans l'exemple illustré à la figure 1, le dispositif acoustique 10 peut en outre comporter un sabot 15 solidaire de la bride de fixation 11 et sur lequel sont fixés un premier et un second timbre 12, 14 destinés à être frappés respectivement par un premier et un second marteau du mécanisme de sonnerie (non-illustré) de la pièce d'horlogerie. Par ce biais, une telle pièce pourrait typiquement produire deux sons de tonalités différentes, par exemple un son grave et son aigu. Le dispositif acoustique 10 peut ainsi être adapté notamment pour une pièce d'horlogerie à répétition minutes afin d'indiquer, à la demande, les heures par un son grave, les quarts par une séquence aiguë-grave et les minutes par un son aigu.

**[0029]** Le sabot 15 ou l'ensemble constitué de timbres 12, 14 et du sabot 15 ne fait pas forcément partie du dispositif acoustique 10. De préférence, celui-ci ne comporte qu'une membrane acoustique, au moins un élément piézo-électrique agencé pour coopérer avec la membrane, au moins un circuit électrique intégrant l'élément piézo-électrique et un bâti pour fixer le dispositif acoustique dans la boîte de montre à proximité d'un mécanisme de sonnerie de la pièce d'horlogerie dotée d'au moins un timbre. Le bâti est adapté pour supporter les différents éléments susvisés du dispositif acoustique.

**[0030]** Selon une variante d'exécution non-illustrée, la pièce d'horlogerie comprenant le dispositif acoustique 10 peut ne comporter qu'un seul timbre. Selon une autre variante d'exécution non-illustrée, une pièce d'horlogerie comprenant le dispositif acoustique 10 peut comporter plus de deux timbres, par exemple trois, quatre, voire cinq timbres. Ce type de pièce d'horlogerie, dit à carillon, peut par exemple se composer de trois, quatre ou cinq mesures respectivement de trois, quatre et cinq notes jouées sur différentes fréquences. Ce dispositif exige ainsi un plus grand nombre de timbres et de marteaux, i.e. trois, quatre voire cinq dans les modèles les plus mélodiques.

**[0031]** Selon la forme de réalisation de la figure 1, le dispositif acoustique 10 comprend en outre un premier et un second circuit électrique intégrant respectivement les premier et second éléments piézoélectriques 30a, 30b. Le dispositif 10 est donc adapté pour une pièce d'horlogerie à deux timbres 12, 14.

**[0032]** Afin de pouvoir maximiser l'amplitude de la

contrainte mécanique appliquée sur la membrane acoustique 20 par les deux éléments piézoélectriques 30a, 30b, au moins une face de la membrane acoustique est recouverte par ces deux éléments piézoélectriques pour occuper au moins 70% de sa surface, de préférence au moins 80%, voire au moins 90% de sa surface. Selon une variante d'exécution non-illustrée, un seul élément piézo-électrique est disposé sur une face de la membrane acoustique et recouvre celle-ci selon les proportions susvisées.

**[0033]** L'élément ou chaque élément piézoélectrique 30a, 30b possède de préférence une forme au moins partiellement complémentaire à celle de la membrane acoustique. La membrane acoustique 20 peut revêtir une forme circulaire alors que le ou chaque élément piézoélectrique 30a, 30b est de forme circulaire ou partiellement circulaire. Par exemple, les deux éléments piézoélectriques 30a, 30b peuvent avoir chacun une forme semi-circulaire comprenant un côté rectiligne se faisant face comme illustré à la figure 1.

**[0034]** Selon une forme de réalisation, les caractéristiques du premier circuit électrique 40a, se rapportant de préférence au moins à son impédance  $z$ , ont été choisies en fonction d'au moins une fréquence de résonance du premier timbre 12. Le choix de l'impédance du premier circuit permet ainsi de régler les fréquences de résonance de la membrane 20, par excitation du premier élément piézoélectrique 30a, en fonction des fréquences de résonance du premier timbre 12. A l'instar du premier circuit, les caractéristiques du second circuit électrique 40b, se rapportant de préférence au moins à son impédance, ont été choisies en fonction d'au moins une fréquence de résonance du second timbre 14. Le choix de l'impédance du second circuit, qui est différente de celle du premier circuit, permet ainsi de régler les fréquences de résonance de la membrane 20, par excitation du second élément piézoélectrique 30b, en fonction des fréquences de résonance du second timbre 14.

**[0035]** Selon la figure 5, les premier et second circuits électriques 40a, 40b comportent chacun un interrupteur 70a, 70b lié mécaniquement pour que lorsque l'un s'ouvre, l'autre se ferme afin de former un commutateur. Les premier et second circuits 40a, 40b peuvent ainsi exciter, stimuler ou activer, à tour de rôle, les premier et second éléments piézoélectriques 30a, 30b afin de régler les fréquences de résonance de la membrane acoustique 20 en fonction de celles du timbre sur le point d'être frappé par le marteau correspondant du mécanisme de sonnerie de la pièce d'horlogerie intégrant le dispositif acoustique 10.

**[0036]** Lorsque les premier et second circuits 40a, 40b sont respectivement ouvert et fermé, l'excitation ou activation du premier élément piézoélectrique 30a va modifier la raideur de la membrane acoustique 20 et ainsi moduler ses fréquences de résonance en fonction des fréquences de résonance du premier timbre 12 alors que le second élément piézoélectrique est inactif. A l'inverse, lorsque les premier et second circuits 40a, 40b sont

respectivement fermé et ouvert, l'excitation ou activation du second élément piézoélectrique 30b va modifier la raideur de la membrane acoustique 20 et ainsi moduler ses fréquences de résonance en fonction de celles du second timbre 12 alors que le premier élément piézoélectrique 30a est inactif.

**[0037]** Il en découle un gain important en intensité acoustique du son produit par les vibrations des premier et second timbres occasionnées par l'impact du marteau associé au timbre du mécanisme de sonnerie de la pièce d'horlogerie. L'interrupteur 70a, 70b de chaque circuit 40a, 40b peut être commuté par exemple directement ou indirectement par les mouvements respectivement des premier et second marteaux de la pièce d'horlogerie afin de modifier la raideur de la membrane acoustique en fonction du timbre qui est sur le point d'être frappé par le marteau associé. Un gain en clarté peut également être obtenu en modulant au moins une des fréquences de résonance de la membrane acoustique sur les fréquences fondamentales des deux timbres.

**[0038]** En référence à la figure 11, l'amplitude sonore du système timbre-membrane est optimum lorsque les fréquences de résonance de la membrane correspondent à celles du timbre. Bien qu'il soit difficile de modifier la raideur de la membrane acoustique afin que ses fréquences de résonance correspondent exactement à celles du timbre, le fait de s'en approcher permet tout de même d'atteindre un gain significatif de l'intensité sonore.

**[0039]** Selon une variante d'exécution, les propriétés des premier et second circuits électriques 40a, 40b sont identiques alors que les propriétés respectivement des premier et second éléments piézoélectriques 30a, 30b diffèrent afin que leur excitation par le premier circuit 40a, respectivement le second circuit 40b, permette de régler les fréquences de résonance de la membrane acoustique 20 en fonction des fréquences de résonance respectivement des premier et second timbres 12, 14. Les propriétés de chaque élément piézoélectrique 30a, 30b peuvent être choisies parmi une ou une combinaison des propriétés comprenant notamment la capacité de l'élément piézoélectrique, sa surface de contact avec la membrane acoustique, son épaisseur et sa masse.

**[0040]** Selon une autre variante d'exécution, aussi bien les propriétés des premier et second circuits électriques 40a, 40b que les propriétés des premier et second éléments piézoélectriques 30a, 30b sont choisies afin que l'excitation de l'élément piézoélectrique, par le circuit électrique qui lui est propre, puisse moduler les fréquences de résonance de la membrane acoustique afin que ces fréquences s'approchent le plus possible des fréquences de résonance du timbre auquel est associé l'élément piézoélectrique.

**[0041]** De manière générale, la sélection des propriétés de chaque circuit électrique et la sélection de celles de l'élément piézoélectrique associé au circuit du dispositif acoustique tel que décrit ci-dessus sont transposables pour un dispositif acoustique destiné à être in-

tégré dans une pièce d'horlogerie dont le mécanisme de sonnerie ne comporte qu'un timbre ou trois, quatre, voire cinq timbres pour les modèles de pièces d'horlogerie à carillon les plus mélodiques. Dans ce cas, le dispositif acoustique peut comprendre trois, quatre ou cinq circuits électriques associés soit à un élément piézoélectrique commun, soit respectivement à un élément piézoélectrique parmi trois, quatre ou cinq éléments piézoélectriques distincts.

**[0042]** Plus particulièrement, pour le cas d'une pièce d'horlogerie dont le mécanisme à sonnerie ne comporte qu'un timbre, les propriétés du circuit, notamment son impédance  $z$ , et/ou les priorités de l'élément piézoélectrique (e.g. la capacité de l'élément piézoélectrique, sa surface de contact avec la membrane acoustique, son épaisseur et/ou sa masse) sont déterminées en fonction d'au moins une fréquence de résonance du timbre. Pour le cas d'une pièce d'horlogerie dont le mécanisme à sonnerie comporte trois, quatre, voire cinq timbres, les propriétés de trois, quatre ou cinq circuits électriques et/ou les priorités d'un élément piézoélectrique commun ou de chaque élément piézoélectrique associé à chaque timbre sont choisies de manière analogue en fonction des fréquences de résonance respectivement du troisième, quatrième et cinquième timbre.

**[0043]** Les figures 4a et 4b illustrent deux circuits électriques différents intégrant chacun un élément piézoélectrique. Par exemple, la variation de la valeur de la capacité du circuit de la figure 4a permet de modifier la raideur de la membrane. En revanche, le circuit de la figure 4b est adapté pour amortir les vibrations de la membrane acoustique 20 en dissipant, par la résistance du circuit, l'énergie électrique créée dans le circuit. Cela permet de configurer le dispositif acoustique 10 dans un mode sourdine. Dans ce cas, l'utilisateur peut activer à l'aide d'un interrupteur, implémenté au moyen d'un poussoir par exemple, l'élément ou chaque élément piézoélectrique afin de supprimer, ou tout du moins atténuer, le son émis par le dispositif acoustique. Selon ce mode de fonctionnement, la raideur de la membrane acoustique est modifiée afin d'éloigner au maximum ses fréquences de résonance de celles du timbre comme schématiquement illustré à la figure 11.

**[0044]** Dans la situation où le ou chaque élément piézoélectrique est utilisé pour amplifier les vibrations de la membrane afin d'obtenir un gain en intensité acoustique, le circuit du dispositif acoustique 10 peut également comporter un interrupteur dans le cas où l'utilisateur souhaite désactiver l'effet piézoélectrique sur la membrane pour obtenir un son plus faible en intensité. Dans le mode désactivé, le mode de transmission sonore correspond à celui des pièces d'horlogerie à sonnerie conventionnelles. A l'inverse, si l'utilisateur souhaite un gain plus important, le circuit du dispositif acoustique peut comprendre une source d'énergie 60 permettant de faire fonctionner le ou chaque élément piézoélectrique dans un mode actif afin d'exercer une contrainte plus importante sur la membrane.

**[0045]** La source d'énergie 60 montée dans la boîte de montre de la pièce d'horlogerie peut typiquement être sous la forme d'une batterie, d'une micro génératrice, d'un condensateur ou d'une combinaison quelconque de tels éléments. Par exemple, la micro génératrice peut être montée pour transformer en partie l'énergie mécanique résultant de l'action de l'utilisateur sur une gâchette destinée à réarmer le ressort d'un barillet du mécanisme à sonnerie.

**[0046]** Selon une autre forme de réalisation et en référence aux figures 6 et 7, le dispositif acoustique 10 comporte la membrane acoustique 20, un élément piézoélectrique 30 se présentant sous une forme au moins partiellement annulaire et agencée le long d'au moins une partie de la périphérie de la membrane 20 et un bâti solidaire de la membrane et pourvu ou constitué d'une bride de fixation 11 pour l'assemblage du dispositif acoustique dans la boîte de montre.

**[0047]** Cet agencement particulier permet de moduler, et notamment de réduire, les fréquences de résonance de la membrane 20 lorsque celle-ci est radialement mise sous contrainte par la déformation de l'élément piézoélectrique 30. De préférence, l'élément piézoélectrique 30 est sous la forme d'un anneau monté contre le bord circulaire de la membrane acoustique 20 dans le plan de celle-ci. La vibration de la membrane 20 polarise électriquement l'anneau piézoélectrique 30 qui exerce par sa déformation une contrainte radiale sur la membrane. De préférence, l'anneau piézoélectrique est alimenté par une source d'énergie 60 de manière à pouvoir fonctionner en mode actif.

**[0048]** Selon une autre forme de réalisation illustrées aux figures 8 et 9, le dispositif acoustique 10 comporte la membrane acoustique 20 et un élément piézoélectrique 30c se présentant également sous une forme au moins partiellement annulaire et agencée le long d'au moins une partie de la périphérie de la membrane 20. De préférence, l'élément piézoélectrique à la forme d'un anneau agencé de manière identique ou similaire à la forme de réalisation susvisée. L'anneau piézoélectrique 30c peut être destiné à fonctionner selon un mode passif ou actif.

**[0049]** A cet effet, le dispositif acoustique 10 comporte en outre au moins un ou plusieurs éléments piézo-électriques 30a, 30b disposés, à l'instar de la forme de réalisation illustrée notamment à la figure 1, sur une face de la membrane acoustique 20 pour recouvrir au moins 70% de sa surface, de préférence au moins 80%, voire au moins 90% de sa surface. Dans le mode actif, le ou chaque élément piézo-électrique 30a, 30b est relié électriquement à l'anneau piézoélectrique 30c.

**[0050]** Ainsi, lorsque le mécanisme de sonnerie de la pièce d'horlogerie est actionné, la membrane acoustique 20 vibre sous l'action des vibrations produites lorsque les marteaux frappent les timbres, ce qui permet à l'élément ou chaque élément piézoélectrique 30a, 30b de produire de l'électricité afin d'alimenter l'anneau piézoélectrique 30c. Le mode actif permet d'appliquer des contraintes

plus importantes sur la membrane acoustique 20 à partir de sa périphérie. Il est ainsi possible de varier la raideur de la membrane acoustique 20 dans une plage plus large. L'amplitude de l'abaissement de la fréquence de résonance de la membrane acoustique 20 peut donc être plus importante par rapport à une forme de réalisation fonctionnant en mode passif.

**[0051]** Selon l'une quelconque des formes de réalisation susvisées, l'élément ou chaque élément piézoélectrique 30a, 30b peut se présenter sous la forme de couches minces, par exemple d'une épaisseur de l'ordre de quelques dizaines ou centaines de micromètres, typiquement de l'ordre de 0,2mm, voire plus. Ces couches sont fixées sur au moins une face de la membrane acoustique 20, de préférence sur la face côté timbre. Les couches piézoélectriques 30a, 30b peuvent être fixées par exemple par collage. Selon une alternative, les couches piézoélectriques 30a, 30b peuvent être déposées avec un procédé CVD ou PVD. Les couches piézoélectriques 30a, 30b peuvent être constituées de différents matériaux, notamment du quartz, d'oxydes ferroélectriques ou de semi-conducteurs des groupes III-V.

**[0052]** L'élément ou chaque élément piézoélectrique 30a, 30b peut comporter typiquement deux électrodes de polarités opposées. Ces électrodes peuvent se présenter par exemple sous la forme de plaques disposées sur deux faces opposées de l'élément piézoélectrique lorsque celui-ci se présente sous la forme d'une couche mince.

**[0053]** Selon une autre forme de réalisation illustrée par la figure 10, le dispositif acoustique 10 comporte une membrane acoustique 20 et un élément périphérique 50 connecté à la membrane acoustique 20 par sa périphérie. L'élément périphérique peut par exemple être sous la forme d'une bague 50 entourant la membrane acoustique 20 et connectée à celle-ci par des moyens de fixation 34. Le dispositif acoustique 10 comporte en outre un élément piézoélectrique 32 intégré dans la bague de façon à ce que toute expansion de l'élément piézoélectrique 32 exerce un accroissement de la tension de la membrane acoustique 20 engendrant une augmentation de ses fréquences de résonance. A l'inverse, une rétraction de l'élément piézoélectrique va comprimer la membrane et engendre une réduction de ses fréquences de résonance. De manière générale, on peut citer que toute expansion ou rétraction de l'élément piézoélectrique exerce une variation de tension sur la membrane acoustique permettant de moduler ses fréquences de résonance.

**[0054]** L'élément piézoélectrique 32 peut être destiné à fonctionner dans un mode passif ou actif. Il peut par exemple être alimenté par une source d'énergie 60, telle que celle déjà évoquée précédemment, ou au moins un autre élément piézoélectrique du dispositif acoustique 10.

**[0055]** Bien que selon les formes de réalisation illustrées, le contour de la membrane est circulaire, celui-ci

peut revêtir d'autres formes. Dans ce cas, la forme et la disposition d'au moins un élément piézoélectrique sur la membrane seront adaptées en conséquence afin de maximiser la surface du contact entre l'élément piézoélectrique et la membrane.

**[0056]** Diverses modifications peuvent être apportées aux modes d'exécution susvisés sans sortir du cadre de l'invention défini par les revendications annexées. Par exemple, la cloison, remplissant la fonction de bâti destiné à être fixé dans une boîte de montre, peut revêtir différentes formes. Par ailleurs, comme évoqué plus haut, le ou chaque timbre peut être solidaire d'un mécanisme de sonnerie présent dans la boîte de montre de la pièce d'horlogerie et non pas du dispositif acoustique tel qu'illustré par les figures.

## Revendications

1. Dispositif acoustique (10) pour pièce à sonnerie dotée d'au moins un timbre (12, 14) pouvant être frappé par un marteau, le dispositif acoustique (10) comportant une membrane acoustique (20), au moins un élément piézoélectrique (30; 30a, 30b ; 30c; 32) agencé pour coopérer avec la membrane acoustique (20) et au moins un circuit électrique (40a, 40b) intégrant l'élément piézoélectrique, l'ensemble comprenant l'élément piézoélectrique (30; 30a, 30b; 32) et le circuit électrique (40a, 40b) étant configuré pour régler des fréquences de résonance de ladite membrane (20) en fonction des fréquences de résonance dudit timbre (12, 14).
2. Dispositif acoustique (10) selon la revendication 1, dans lequel chaque élément piézoélectrique (30 ; 30a, 30b) est disposé directement au contact de la membrane acoustique (20) et possède de préférence une forme au moins partiellement complémentaire à celle de la membrane acoustique (20).
3. Dispositif acoustique (10) selon la revendication 2, dans lequel la membrane acoustique (20) est de forme circulaire, ledit au moins un élément piézoélectrique (30a, 30b, 30c) étant de forme circulaire ou partiellement circulaire.
4. Dispositif acoustique (10) selon la revendication 3, dans lequel ledit au moins un élément piézoélectrique (30c) présente une forme au moins partiellement annulaire et est agencé le long d'au moins une partie de la périphérie de la membrane acoustique (20) pour moduler ses fréquences de résonance lorsque ladite membrane (20) est radialement mise sous contrainte par ledit au moins un élément piézoélectrique (30c).
5. Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel au moins une face de la

membrane acoustique (20) est recouverte par au moins un élément piézoélectrique pour occuper au moins 70% de sa surface, de préférence au moins 80%, voire au moins 90% de sa surface.

6. Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins un élément piézoélectrique (30; 30a, 30b; 30c; 32) configuré pour être alimenté par une source électrique (60) intégrée au circuit électrique (40a, 40b) afin de fonctionner dans un mode actif.
7. Dispositif acoustique (10) selon la revendication précédente, dans lequel la source électrique (60) est un ou plusieurs autres éléments piézoélectriques du dispositif (10).
8. Dispositif acoustique (10) selon la revendication 1 ou 2, comportant en outre un élément périphérique (50) en contact avec la membrane acoustique (20) par sa périphérie, l'élément piézoélectrique (32) étant intégré à l'élément périphérique (50) de façon à ce que toute expansion ou rétraction de l'élément piézoélectrique (32) exerce une variation de tension sur la membrane acoustique (20) pour moduler ses fréquences de résonance.
9. Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes pour pièce à sonnerie dotée de plusieurs timbres (12, 14), dans lequel un circuit électrique est attribué à chaque timbre et possède des caractéristiques propres permettant de régler les fréquences de résonance de ladite membrane (20) en fonction des fréquences de résonance du timbre auquel le circuit électrique est attribué.
10. Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes pour pièce à sonnerie dotée de plusieurs timbres (12, 14), dans lequel un élément piézoélectrique (30a, 30b) est attribué à chaque timbre et possède des caractéristiques propres permettant de régler les fréquences de résonance de ladite membrane (20) en fonction de des fréquences de résonance du timbre auquel l'élément piézoélectrique (10a, 30b) est attribué.
11. Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins un circuit électrique (40a, 40b) comporte un interrupteur (70) permettant d'ouvrir ou de fermer le circuit électrique pour respectivement activer ou déconnecter ledit au moins un élément piézoélectrique qui y est intégré.
12. Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'ensemble comprenant l'élément piézoélectrique et le circuit électrique est configuré pour distancer davantage les fréquences de résonance de la membrane et du

timbre.

- 13.** Dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pièce à sonnerie est une pièce d'horlogerie à sonnerie 5
- 14.** Pièce d'horlogerie à sonnerie comportant notamment au moins un timbre (12, 14), un marteau agencé pour frapper le timbre (12, 14) ainsi que le dispositif acoustique (10) selon l'une des revendications précédentes. 10
- 15.** Pièce d'horlogerie à sonnerie, comprenant plusieurs timbres (12, 14), chacun agencé pour être frappé par un marteau, ainsi que le dispositif acoustique (10) selon la revendication 9 ou 10 et selon la revendication 11, dans lequel l'interrupteur (70) est actionné par un mouvement d'un marteau ou par un organe de déclenchement de la sonnerie. 15
- 16.** Pièce d'horlogerie à sonnerie selon la revendication 12 ou 13, dans laquelle ledit au moins un élément piézo-électrique (30 ; 30a, 30b ; 30c ; 32) est agencé sur une face de la membrane acoustique (20) située en vis-à-vis d'un timbre (12, 14). 20
- 25

30

35

40

45

50

55



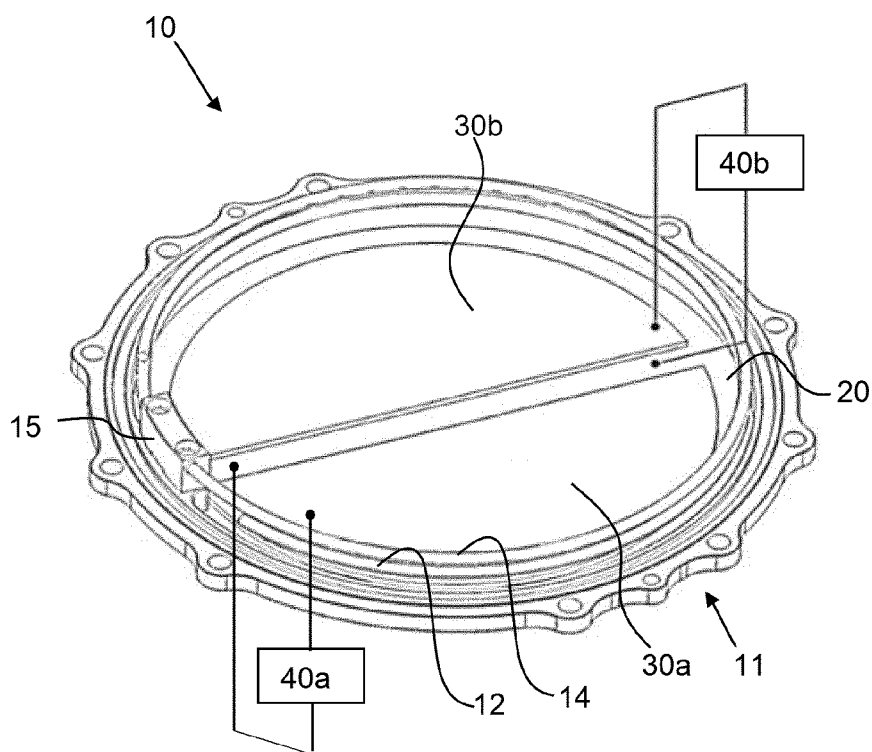


Fig. 1

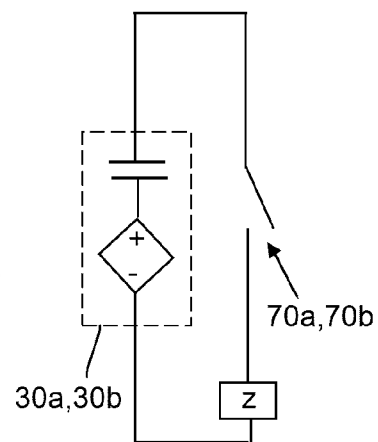


Fig. 2

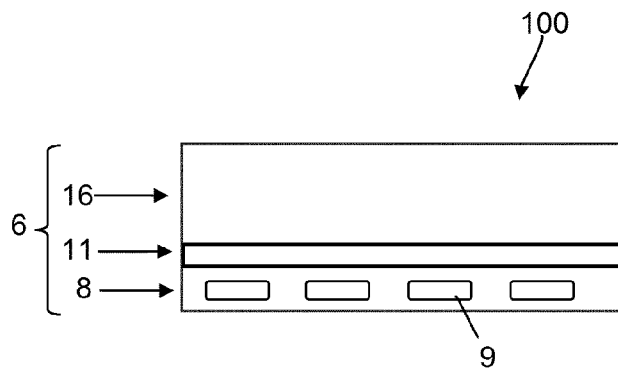


Fig. 3

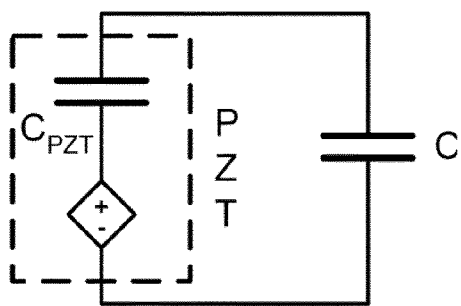


Fig. 4a

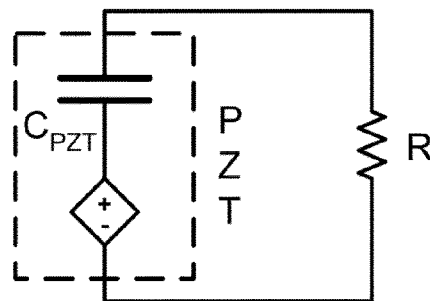


Fig. 4b

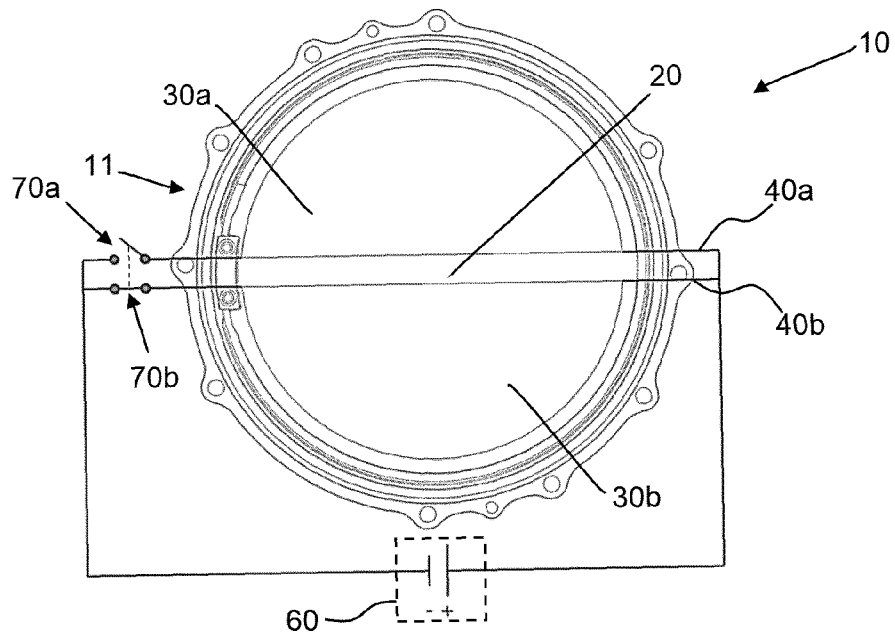


Fig. 5

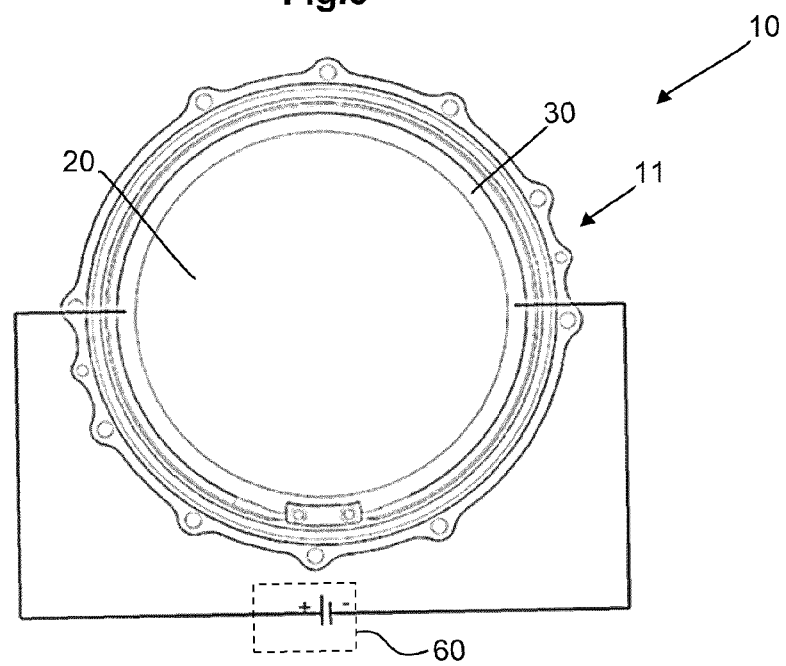


Fig. 6

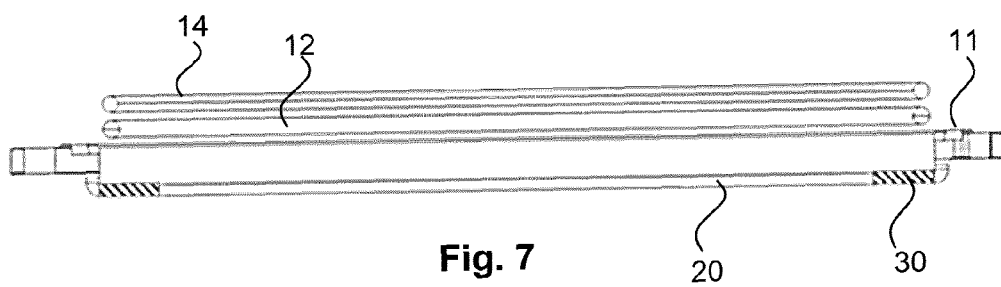
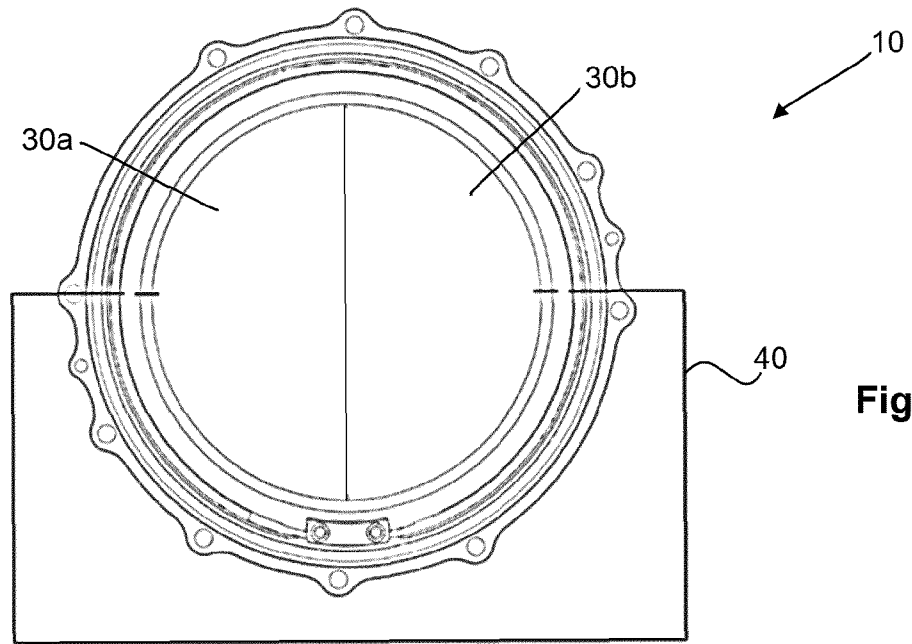
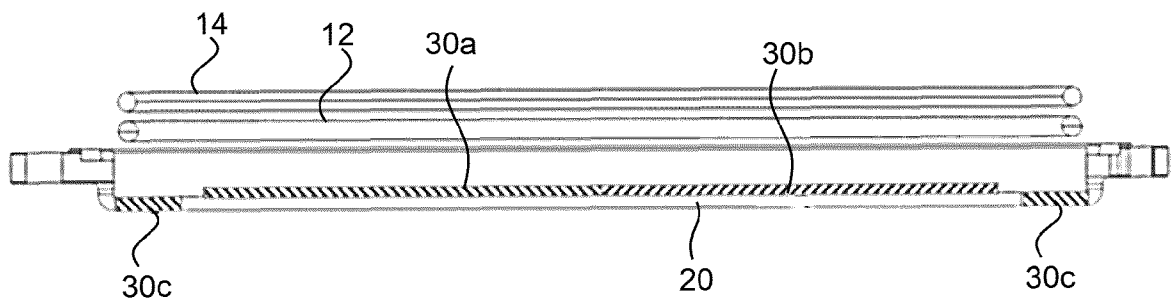


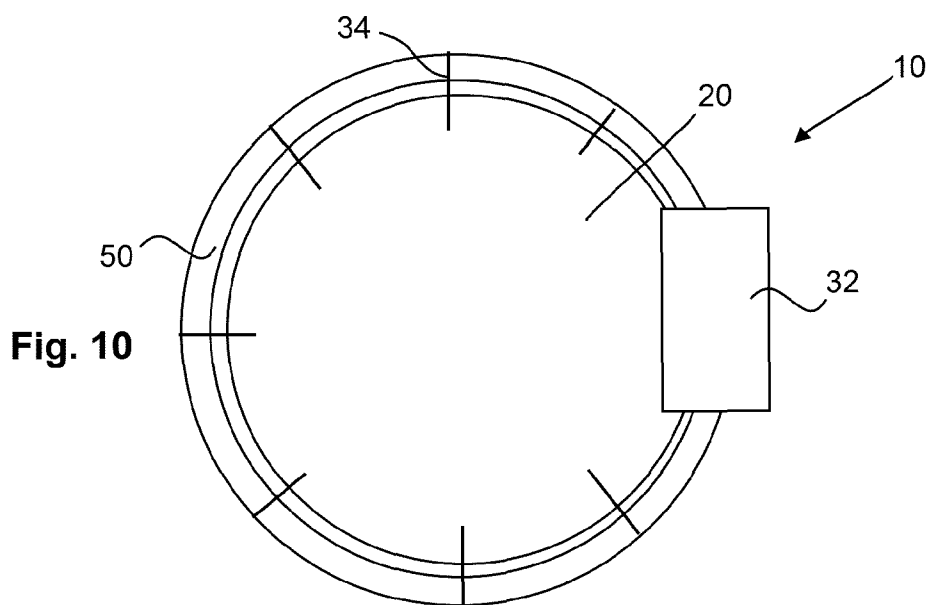
Fig. 7



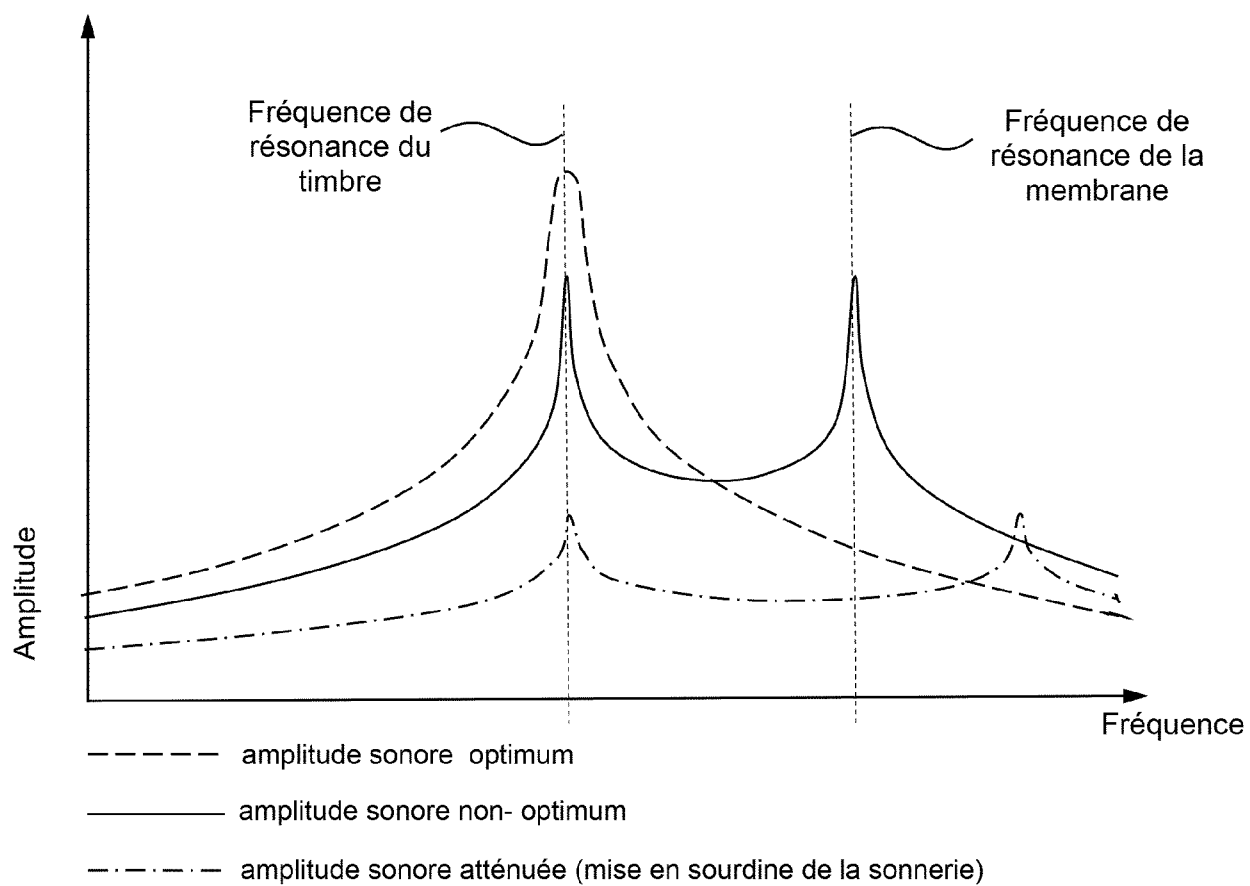
**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 18 3868

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	EP 2 942 675 A1 (SOCIÉTÉ ANONYME DE LA MANUFACTURE D HORLOGERIE AUDEMARS PIGUET & CIE []) 11 novembre 2015 (2015-11-11) * figure 4 *	1-16	INV. G04C21/04 G04C21/12 G04C21/20 G04C21/28 G10K9/122 G04C21/30 G04C21/36
A,D	EP 3 525 045 A1 (MFT ET FABRIQUE DE MONTRES ET CHRONOMETRES ULYSSE NARDIN LE LOCLE S A) 14 août 2019 (2019-08-14) * figure 1 *	1-16	
X	CH 464 272 A (SIKA BAU AG [CH]) 31 octobre 1968 (1968-10-31) * figure 1 *	1	
X,D	FR 2 466 903 A1 (TIMEX CORP [US]) 10 avril 1981 (1981-04-10) * figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B G04C G04G G10K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		5 décembre 2023	Mérimèche, Habib
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 23 18 3868

- 5 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.

05-12-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>EP 2942675 A1</b>	<b>11-11-2015</b>	<b>CN 105093903 A</b>	<b>25-11-2015</b>
		<b>EP 2942675 A1</b>	<b>11-11-2015</b>
		<b>HK 1217541 A1</b>	<b>13-01-2017</b>
		<b>JP 6541409 B2</b>	<b>10-07-2019</b>
		<b>JP 2015215348 A</b>	<b>03-12-2015</b>
		<b>US 9164487 B1</b>	<b>20-10-2015</b>
-----			
<b>EP 3525045 A1</b>	<b>14-08-2019</b>	<b>CH 714635 A1</b>	<b>15-08-2019</b>
		<b>EP 3525045 A1</b>	<b>14-08-2019</b>
-----			
<b>CH 464272 A</b>	<b>31-10-1968</b>	<b>AUCUN</b>	
-----			
<b>FR 2466903 A1</b>	<b>10-04-1981</b>	<b>FR 2466903 A1</b>	<b>10-04-1981</b>
		<b>GB 2059220 A</b>	<b>15-04-1981</b>
		<b>JP S5648564 A</b>	<b>01-05-1981</b>
		<b>US 4233679 A</b>	<b>11-11-1980</b>
-----			

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

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

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

**Documents brevets cités dans la description**

- CH 714635 [0002]
- FR 2466903 [0004]