



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication :

**0 005 409**  
**B1**

(12)

## FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet :  
**15.04.81**

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> : **H 04 R 17/00, G 10 K 11/08**

(21) Numéro de dépôt : **79400291.5**

(22) Date de dépôt : **08.05.79**

(54) **Transducteurs piézoélectriques à amplification mécanique pour très basses fréquences et antennes acoustiques.**

(30) Priorité : **08.05.78 FR 7813466**

(43) Date de publication de la demande :  
**14.11.79 (Bulletin 79/23)**

(45) Mention de la délivrance du brevet :  
**15.04.81 Bulletin 81/15**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE GB NL**

(56) Documents cités : **Néant**  
**FR - A - 2 096 795**  
**GB - A - 123 145**  
**US - A - 3 258 738**  
**US - A - 3 277 433**

(73) Titulaire : **ETAT-FRANCAIS représenté par le DELE-  
GUE GENERAL POUR L'ARMEMENT**  
**Bureau des Brevets et Inventions de la Délégation**  
**Générale pour l'Armement 14, rue Saint-Dominique**  
**F-75997 Paris Armées (FR)**

(72) Inventeur : **Tocquet, Bernard**  
**2, Hameau la Poussaraque**  
**F-83110 Sanary sur Mer (FR)**

**EP 0 005 409 B1**

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Transducteurs piézoélectriques à amplification mécanique pour très basses fréquences  
et antennes acoustiques

L'invention a pour objet des transducteurs piézoélectriques, pour de très basses fréquences, entre quelques Hz et 500 Hz, qui comportent un amplificateur mécanique et des antennes construites avec de tels transducteurs.

Le secteur technique de l'invention est celui de la construction de dispositifs acoustiques utilisés notamment en acoustique sous-marine.

On sait que pour une intensité déterminée, l'amplitude des vibrations acoustiques est d'autant plus grande que la fréquence est faible. Aux très basses fréquences, de quelques Hz à 500 Hz, les performances des transducteurs piézoélectriques sont limitées par les propriétés des matériaux piézoélectriques qui ne permettent pas d'atteindre des amplitudes de vibration suffisantes.

L'objectif de la présente invention est de pallier cette difficulté en amplifiant mécaniquement les déformations des transducteurs piézoélectriques, de sorte que l'on puisse construire des transducteurs piézoélectriques de grande puissance pour de très basses fréquences.

Cet objectif est atteint au moyen de transducteurs piézoélectriques pour très basses fréquences qui comportent :

- au moins un empilement d'éléments piézoélectriques ayant deux extrémités axialement opposées ;

- deux leviers placés de part et d'autre desdits empilements, de telle sorte que chacune des deux extrémités de chaque empilement s'appuie sur un des deux leviers à proximité du point d'appui de celui-ci ;

- et un pavillon constitué par une membrane élastique flexible qui relie entre elles les extrémités des deux leviers.

Selon un mode de réalisation préférentiel, un transducteur selon l'invention comporte :

- une plaque de base rigide ;

- deux plaques latérales planes, qui sont situées du même côté de ladite plaque de base et qui sont reliées à celle-ci par un semi-encastrement ou par une articulation le long de l'un de leurs bords ;

- au moins un empilement d'éléments piézoélectriques, ayant deux extrémités axialement opposées en contact respectivement avec chacune desdites plaques latérales à proximité du bord de celle-ci qui est relié à la plaque de base ;

- un pavillon constitué par une membrane élastique flexible qui relie entre eux les deux bords des deux plaques latérales qui sont opposés aux deux bords reliés à la plaque de base ;

- et un boîtier rempli de gaz, qui renferme lesdits empilements piézoélectriques et dont ledit pavillon constitue l'une des faces, lequel boîtier est enveloppé de façon étanche par une membrane déformable et transparente acoustiquement qui enveloppe également ledit pavillon.

De préférence, chaque empilement d'éléments piézoélectriques comporte un point fixe central et

deux demi empilements situés de part et d'autre dudit point fixe.

Selon un mode de réalisation particulier, un transducteur selon l'invention comporte deux sous-ensembles identiques situés de part et d'autre d'une même plaque de base et symétriques par rapport à celle-ci.

L'invention a pour résultat de nouveaux transducteurs piézoélectriques, émetteurs ou récepteurs, permettant d'obtenir de grandes amplitudes donc des puissances élevées dans de très basses fréquences comprises entre quelques Hz et 500 Hz, tout en utilisant des transducteurs ayant des dimensions relativement réduites.

L'amplitude des déformations des empilements piézoélectriques est multipliée par l'amplificateur mécanique associé à ces empilements.

Cet amplificateur est constitué d'une part par les deux leviers qui multiplient l'amplitude des oscillations par un coefficient égal au rapport entre les deux bras de levier et, d'autre part, par la membrane élastique qui sert de pavillon et qui relie entre elles les extrémités libres des deux leviers de telle sorte que lorsque l'écartement entre les extrémités des deux leviers varie dans un sens ou dans l'autre, cette variation se traduit par des déformations en flexion de la membrane et l'amplitude des déformations au centre de la membrane est supérieur à l'amplitude des variations d'écartement des extrémités des deux leviers.

La membrane élastique constitue un pavillon qui peut être placé au contact de l'eau et qui peut donc transmettre à l'eau ou capter des ondes acoustiques de grande amplitude alors que les déformations des éléments piézoélectriques sont beaucoup plus faibles que les déformations de la membrane flexible.

La membrane flexible peut être plane ou, de préférence, cintrée. Le cintrage de la membrane flexible est obtenu au moyen d'une précontrainte en flexion de ladite plaque, de telle sorte que celle-ci reste constamment comprimée même lorsque l'écartement entre les deux extrémités des leviers est maximum.

Le mode de réalisation comportant deux sous-ensembles identiques disposés symétriquement par rapport à une même plaque de base, présente l'avantage de permettre de réduire l'épaisseur de cette plaque de base.

Les transducteurs selon l'invention permettent de construire des antennes comportant une plaque de base, plane ou cylindrique, sur laquelle est disposée un réseau de transducteurs alignés suivant des lignes et/ou des colonnes.

Un avantage des dispositifs selon l'invention réside dans le fait qu'il s'agit de dispositifs mécaniques ayant plusieurs fréquences de résonance propres dont certaines fréquences très basses comprises entre quelques Hertz et 500 Hz, ce qui permet de choisir la plus basse de ces fréquences de résonance et d'obtenir une courbe de sensi-

bilité SV mesurée en décibels ayant un pic prononcé, situé dans la bande des très basses fréquences.

La description suivante se réfère aux dessins annexés qui représentent, sans aucun caractère limitatif, des exemples de réalisation de transducteurs et d'antennes selon l'invention.

La figure 1 est une coupe longitudinale selon I-I d'un transducteur selon l'invention.

La figure 2 est une vue en plan du transducteur selon la figure 1.

La figure 3 est une coupe transversale selon III-III.

La figure 4 est une coupe verticale partielle d'une variante de réalisation de la figure 1.

La figure 5 est une vue en perspective d'une pièce d'appui.

La figure 6 est une coupe représentant la sensibilité d'un transducteur selon les figures 1 et 2 en fonction de la fréquence.

La figure 7 représente une variante de transducteur selon l'invention.

La figure 8 représente une antenne acoustique composée d'un réseau de transducteurs selon l'invention.

Les figures 1, 2 et 3 représentent un transducteur piézoélectrique destiné, soit à émettre, soit à capter des ondes acoustiques dans l'eau. Ce transducteur comporte un ou plusieurs empilements 1 d'éléments piézoélectriques.

Dans le cas des figures, il comporte, par exemple deux empilements 1a et 1b. Chaque empilement est composé d'éléments piézoélectriques 2, par exemple des plaquettes d'une céramique piézoélectrique, entre lesquels sont intercalées des électrodes 3. Les électrodes 3 sont connectées alternativement sur l'un ou l'autre de deux conducteurs électriques 4a et 4b, de polarité opposée.

Les éléments 2 et les électrodes 3 sont maintenus serrés par une tige centrale de précontrainte 5, d'axe x x1 qui est filetée à ses deux extrémités et par deux écrous 6a, 6b qui sont vissés sur les deux extrémités filetées afin de mettre la tige 5 en tension.

Un tel empilement d'éléments piézoélectriques et d'électrodes est bien connu et l'on sait qu'il se déforme parallèlement à l'axe x x1 si on applique une tension sinusoïdale entre les conducteurs 4a et 4b et que réciproquement, on recueille une tension sinusoïdale entre les conducteurs 4a et 4b si le transducteur sert de récepteur d'ondes acoustiques.

Toutefois l'amplitude des déformations axiales de chaque élément piézoélectrique est limitée par la nature des matériaux. Si l'on veut émettre ou capter des ondes acoustiques de très basse fréquence ayant une puissance suffisante, il faut utiliser des empilements comportant un très grand nombre d'éléments, mais alors les transducteurs deviennent très encombrants.

Un transducteur immergé selon l'invention permet d'obtenir des grandes amplitudes de déformation du pavillon, c'est-à-dire de la surface active qui est en contact avec l'eau et qui trans-

met les ondes acoustiques à l'eau dans le cas d'un émetteur ou qui reçoit les ondes acoustiques dans le cas d'un récepteur, et ce résultat est atteint au moyen d'un transducteur dont les dimensions restent relativement réduites, si on les compare à celles qui seraient nécessaires pour obtenir les mêmes amplitudes dans le cas d'un transducteur traditionnel comportant uniquement un empilement d'éléments piézoélectriques.

Un transducteur selon l'invention comporte une plaque de base très rigide 7. Il comporte deux plaques latérales planes 8a et 8b qui sont identiques et perpendiculaires à la plaque de base 7, du même côté de celle-ci. Ces plaques latérales ont, par exemple, une forme rectangulaire. Le bord inférieur de chaque plaque 8a et 8b est relié à la plaque de base, par exemple au moyen de plaques 9a et 9b qui sont composées chacune de deux demi-plaques qui sont fixées à la plaque de base 7 par des vis 10 et qui enserrant entre elles le bord inférieur des plaques 8a et 8b. Chaque plaque 8a, 8b comporte, le long de son bord inférieur, immédiatement au-dessus des plaques 9a et 9b, un amincissement 11, constitué par exemple par deux gorges 11a et 11b, situées de part et d'autre de la plaque de telle sorte que les plaques 8a et 8b puissent se déformer en pivotant autour de l'amincissement 11.

En d'autres termes, les plaques 8a et 8b sont fixées en console sur la plaque 7 par des semi-encastements.

Suivant une variante représentée sur la figure 4, ce semi-encastement peut être remplacé par une articulation autour d'un axe parallèle au bord inférieur de chaque plaque. Dans ce cas, chaque plaque latérale telle que 8a comporte, le long de son bord inférieur, un bourrelet 12 de section circulaire, qui est engagé dans une gorge 13 de section circulaire, creusée dans la plaque de base 7. Deux demi-plaques 14a et 14b sont vissées sur la plaque 7 et maintiennent le bourrelet 12 dans son logement tout en lui permettant de pivoter. Bien entendu, cette articulation peut être remplacée par tout autre type d'articulation équivalent.

Les empilements 1a et 1b s'étendent au-dessus de la plaque de base 7, perpendiculairement aux deux plaques 8a et 8b.

Les deux extrémités axialement opposées de l'empilement 1 sont appuyées contre les faces internes des deux plaques 8a et 8b légèrement au-dessus de l'amincissement 11. L'appui est réalisé au moyen d'une pièce d'appui intermédiaire 15a, 15b. Une pièce d'appui 15 est représentée en perspective sur la figure 5. Cette pièce présente une première face latérale plane 16 qui est appuyée contre une des plaques latérales 8 et une deuxième face latérale 17, opposée à la face 16, qui est appuyée contre une extrémité de l'empilement 1.

La face 17 est une portion de surface cylindrique, en arc de cercle, de telle sorte que l'appui de l'empilement sur la face d'appui se fait le long d'une ligne qui est la génératrice médiane 18 de

la face 17. Chaque pièce 15 comporte deux trous 19a et 19b pour le passage des prolongements de la tige 5 qui traversent les plaques 8a et 8b. Des écrous 20a et 20b sont vissés sur ces prolongements pour maintenir les empilements 1a et 1b en place.

La forme cylindrique des faces 17 de la pièce d'appui 15 permet de déterminer avec précision la ligne d'appui 18 et donc la distance qui sépare celle-ci de la ligne autour de laquelle les plaques 8a et 8b peuvent pivoter, c'est-à-dire de l'amincissement 11 ou du centre du bourrelet 12.

Les plaques 8a et 8b font fonction de leviers dont les amincissements 11 ou les bourrelets 12 constituent le point d'appui, tandis que la distance séparant ce point d'appui 18 constitue le petit bras du levier. Il est précisé que les pièces d'appui 15a et 15b peuvent être inversées, de sorte que leur face cylindrique 17 soit placée au contact d'une plaque latérale 8a ou 8b.

Dans l'exemple représenté sur les figures 1 à 3, chaque empilement 1a, 1b est composé de deux demi empilements symétriques par rapport à un point fixe central 21 qui est constitué par exemple par une plaque fixée à la plaque de base 7 par des vis 22.

Le transducteur représenté sur les figures 1, 2 et 3 comporte, en outre, un pavillon 23 qui est la surface active, en contact acoustique avec l'eau.

Ce pavillon est constitué par une membrane élastique et flexible, par exemple une plaque mince en acier à ressort ayant une épaisseur de quelques millimètres.

Cette plaque est fixée par tout moyen le long de chacun de ses deux bords latéraux à un bord supérieur de l'une des plaques latérales 8a et 8b. Par exemple, les deux bords latéraux de la plaque 23 sont repliés pour former des plis 23a et 23b et ces plis sont maintenus pincés entre une plaque 8a ou 8b et une plaque de fixation 24a, 24b fixée à la plaque 8a ou 8b par des vis 25. Des vis 26 vissées dans l'épaisseur des plaques 8a et 8b peuvent renforcer cette fixation.

De préférence, la plaque 23 est cintrée, la face convexe étant tournée, de préférence, du côté opposé à la plaque de base 7.

Selon un mode de réalisation préférentiel, on utilise une plaque ayant une largeur dans le sens parallèle à l'axe  $x \times 1$  légèrement supérieure à l'écartement entre les deux plaques latérales 8a et 8b et on la comprime légèrement dans le sens parallèle à l'axe  $x \times 1$  avant de la fixer le long des deux bords supérieurs des plaques 8a et 8b.

Le transducteur selon les figures 1 à 3 comporte un boîtier étanche composé de deux flasques 27a et 27b parallèles aux plaques 8a et 8b et de deux flasques latéraux 28a et 28b, visibles sur la figure 3 et une membrane souple 29, formant une peau d'étanchéité, qui enveloppe les flasques 27a, 27b, 28a, 28b et le pavillon 23.

La peau 29 est en un matériau ayant une impédance acoustique voisine de celle de l'eau de telle sorte qu'elle est transparente acoustiquement et qu'elle ne perturbe pas la transmission des ondes entre l'eau et la surface active du pavillon 23. Elle

est collée sur le pavillon 23, de sorte qu'elle suit les mouvements de celui-ci. La peau 29 est par exemple une peau mince en caoutchouc ou en matière plastique souple. Un faible jeu existe entre, d'une part, les plaques 8a, 8b et le pavillon 23 et d'autre part, les faces latérales 27a, 27b, 28a, 28b du boîtier, de telle sorte que le boîtier ne gêne pas les mouvements du pavillon et des plaques latérales 8a, 8b.

L'intérieur du boîtier étanche est rempli de gaz. Si le transducteur doit être utilisé en immersion, on maintient ce gaz en équipression avec l'extérieur par exemple au moyen d'une source de gaz comprimé munie d'un détendeur que l'on règle en fonction de la profondeur.

En variante, les deux parois 27a et 27b du boîtier peuvent être supprimées et la membrane 29 peut être collée directement sur les deux faces externes 8a et 8b. Dans ce cas, les plaques 8a et 8b constituent des surfaces actives acoustiquement.

Les figures 1 et 3 représentent un connecteur étanche 30 à travers lequel les conducteurs électriques 4a et 4b traversent la paroi 28b.

Le fonctionnement de ce transducteur est le suivant. Lorsque l'empilement 1 se déforme longitudinalement suivant l'axe  $x \times 1$ , les déformations sont communiquées aux deux leviers 8a et 8b qui se déforment en pivotant autour de leur point d'appui. Les déplacements des extrémités supérieures des leviers 8a et 8b sont multipliés par le rapport entre les deux bras de levier. Les variations d'écartement entre les deux bords supérieurs des deux leviers 8a et 8b produisent des déformations en flexion de la membrane élastique 23. Les déplacements au centre de la membrane dans le sens perpendiculaire à la plaque de base 7 sont supérieurs aux déplacements des extrémités supérieures des deux leviers 8a et 8b.

La figure 6 représente des mesures de la sensibilité SV d'un transducteur selon l'invention en fonction de la fréquence. On rappelle que la sensibilité SV mesurée en décibels correspond à 20 fois le logarithme du rapport entre la pression acoustique mesurée soit en micro bar soit en micro pascal et la tension en volts.

La figure 6 représente en abscisses une plage de fréquences comprises entre 80 Hz et 180 Hz. En ordonnées, on a représenté à gauche la sensibilité mesurée suivant la référence  $\mu$  bar par volt et à droite suivant la référence  $\mu$  pascal/volt. On obtient un maximum de sensibilité pour une fréquence de résonance de l'ordre de 125 Hz.

La figure 7 représente une coupe longitudinale d'une variante de réalisation d'un transducteur selon l'invention.

Celui-ci est composé de deux demi transducteurs qui sont disposés symétriquement par rapport à une plaque de base 7 commune aux deux demi transducteurs. Chacun des deux demi transducteurs est identique à celui qui est représenté sur les figures 1, 2 et 3 et les parties homologues à celles de ces figures sont représentées par les mêmes repères. Toutefois, on a représenté sur la

figure 7 un mode de réalisation selon la variante dans laquelle les parois latérales 27a et 27b sont supprimées et la peau 29 est collée directement sur les pavillons 23 et sur les flasques latéraux 8a et 8b.

Un avantage de ce mode de réalisation est qu'il permet d'utiliser une plaque de base 7 moins rigide car elle est sollicitée en flexion symétriquement par les deux demi transducteurs. De plus, un transducteur selon la figure 7 est très omnidirectionnel.

La figure 8 représente schématiquement un exemple de réalisation d'une antenne acoustique comportant 25 transducteurs selon l'invention, disposés en réseau suivant cinq lignes L1 à L5 et cinq colonnes C1 à C5.

Chaque transducteur est représenté schématiquement par un carré dont deux côtés sont en trait double et représentent les deux plaques latérales 8a et 8b d'un transducteur.

Tous les transducteurs sont fixés sur une même plaque rigide 31 qui sert de plaque de base commune à tous les transducteurs.

La plaque 31 peut être plane, cintrée ou cylindrique selon la forme de l'antenne. On peut disposer deux réseaux de transducteurs symétriquement de part et d'autre de la plaque 31.

Bien entendu, sans sortir du cadre de l'invention, les divers éléments constitutifs des transducteurs qui viennent d'être décrits à titre d'exemple pourront être remplacés par des éléments équivalents remplissant les mêmes fonctions.

## Revendications

1. Transducteur piézoélectrique pour très basses fréquences, caractérisé en ce qu'il comporte :

— au moins un empilement (1) d'éléments piézoélectriques ayant deux extrémités axialement opposées ;

— deux leviers (8a, 8b) placés de part et d'autre desdits empilements (1), de telle sorte que chacune des deux extrémités de chaque empilement s'appuie sur un des deux leviers à proximité du point d'appui (11) de celui-ci ;

— et un pavillon (23) constitué par une membrane élastique flexible qui relie entre elles les extrémités des deux leviers.

2. Transducteur piézoélectrique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :

— une plaque de base rigide (7) ;

— deux plaques latérales planes (8a, 8b), qui sont situées du même côté de ladite plaque de base et qui sont reliées à celle-ci par un semi-encastrement (11) ou par une articulation (12) le long de l'un de leurs bords ;

— au moins un empilement (1) d'éléments piézoélectriques ayant deux extrémités (6) axialement opposées qui sont en contact respectivement avec chacune desdites plaques latérales à proximité du bord de celle-ci qui est relié à la plaque de base ;

— un pavillon (23) constitué par une mem-

brane élastique et flexible qui relie entre eux les deux bords des deux plaques latérales qui sont opposés aux deux bords reliés à la plaque de base ;

5 — et un boîtier, rempli de gaz, qui renferme lesdits empilements piézoélectriques et dont ledit pavillon constitue l'une des faces, lequel boîtier est enveloppé de façon étanche par une membrane déformable (29) et transparente acoustiquement qui enveloppe également ledit pavillon (23).

3. Transducteur piézoélectrique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :

— une plaque de base rigide (7) ;

10 — deux plaques latérales planes (8) qui sont situées du même côté de ladite plaque de base et qui sont reliées à celle-ci par un semi-encastrement (11) ou par une articulation (12) le long de l'un de leurs bords ;

20 — au moins un empilement (1) d'éléments piézoélectriques ayant deux extrémités (6) axialement opposées qui sont en contact respectivement avec chacune desdites plaques latérales (8) à proximité du bord de celle-ci qui est relié à ladite plaque de base ;

25 — un pavillon constitué par une membrane élastique (23) et flexible qui relie entre eux les deux bords des deux plaques latérales qui sont opposés aux deux bords reliés à ladite plaque de base ;

30 — et un boîtier rempli de gaz qui renferme lesdits empilements piézoélectriques et dont ledit pavillon et lesdites plaques latérales constituent des parois, lequel boîtier est enveloppé de façon étanche par une membrane déformable (29) et transparente acoustiquement, laquelle membrane enveloppe ledit pavillon et lesdites plaques latérales.

4. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits empilements (1) d'éléments piézoélectriques comportent un point fixe central (21) et deux demi-empilements symétriques par rapport audit point fixe.

5. Transducteur piézoélectrique pour très basses fréquences, caractérisé en ce qu'il comporte, de part et d'autre d'une plaque de base commune (7), deux transducteurs symétriques par rapport à ladite plaque de base, chacun desdits transducteurs étant identique à un transducteur selon l'une des revendications 2 à 4.

6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend deux sous-ensembles (1a, 1b) composés chacun de deux empilements identiques d'éléments piézoélectriques, parallèles entre eux, ayant chacun un point fixe central relié à ladite plaque de base.

7. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite membrane élastique (23) et flexible est cintrée.

8. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite membrane élastique (23) et flexible est précontrainte en flexion.

9. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que chaque extrémité (6) desdits empilements d'éléments piézoélectriques est appuyé sur lesdites plaques (8) latérales par l'intermédiaire d'une pièce d'appui intermédiaire (15).

10. Antenne composée de transducteurs selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une plaque de base commune sur laquelle sont disposées une ou plusieurs rangées et/ou colonnes des transducteurs élémentaires.

### Claims

1. A low frequency piezoelectric transducer characterized by the fact that it comprises :

- at least one stack (1) of piezoelectric elements having two axially opposite ends ;
- two levers (8a, 8b) placed on opposite sides of said stack (1) so that each of the two ends of each stack rests against one of the two levers near the point of support (11) of the latter ;
- and a horn (23) formed of a flexible elastic diaphragm connecting together the ends of the two levers.

2. A piezoelectric transducer according to claim 1, characterized by the fact that it comprises :

- a rigid base plate (7) ;
- two flat lateral plates (8a, 8b) which are located on the same side of said base plate and which are connected to it by a semi-embedment (11) or by an articulation (12) along one of their edges ;

- at least one stack (1) of piezoelectric elements having two axially opposite ends (6) which are in contact respectively with each of the said lateral plates near the edge of the latter which is connected to the base plate ;

- a horn (23) formed of an elastic flexible diaphragm which connects together the two edges of the two lateral plates which are opposite the two edges connected to the base plate ;
- and a gas filled enclosure which contains the said piezoelectric stacks and in which the horn constitutes one of the faces, said enclosure being surrounded in an airtight manner by a deformable and acoustically transparent diaphragm (29) which also encloses the horn (23).

3. A piezoelectric transducer according to claim 1, characterized by the fact that it comprises :

- a rigid base plate (7) ;
- two flat lateral plates (8) which are located on the same sides of said base plate and which are connected to it by a semi-embedment (11) or by an articulation (12) along one of their edges :
- at least one stack (1) of piezoelectric elements having two axially opposite ends (6) which are in contact with each of the said lateral plates (8) respectively near the edge of the latter which is connected to the said base plate ;
- a horn formed of a flexible elastic dia-

phragm (23) which connects together the two edges of the two lateral plates which are opposite the two edges connected to the said base plate ;

- and a gas-filled enclosure which contains the said piezoelectric stacks, said horn and said lateral plates constituting walls of said enclosure, which enclosure is hermetically surrounded by a deformable acoustically transparent diaphragm (29), said diaphragm surrounding said horn and said lateral plates.

4. A transducer according to any of Claims 1 to 3, characterized by the fact that the said stacks (1) of piezoelectric elements have a central fixed point (21) and two half stacks which are symmetrical with respect to said fixed point.

5. A piezoelectric transducer for operation at very low frequencies, characterized by the fact that it comprises on both sides of a common base plate (7), two transducers symmetrical with respect to said plate, each of said transducers being identical to a transducer according to one of the claims 2 to 4.

6. A transducer according to any of claims 1 to 5, characterized by the fact that it comprises two subassemblies (1a, 1b), each subassembly comprising two identical stacks of piezoelectric elements, parallel to each other, each stack having a central fixed point connected to the said base plate.

7. A transducer according to any of claims 1 to 6, characterized by the fact that said elastic flexible diaphragm (23) is curved.

8. A transducer according to any of claims 1 to 6, characterized by the fact that said elastic flexible diaphragm (23) is prestressed in flexure.

9. A transducer according to any of claims 2 to 8, characterized by the fact that each end (6) of said stacks of piezoelectric elements is pressed against said lateral plates (8) via an intermediate bearing part (15).

10. An antenna composed of transducers according to any of claims 2 to 9, characterized by the fact that it comprises a common base on which there are arranged one or more rows and/or columns of unit transducers.

### Ansprüche

1. Piezoelektrischer Wandler für sehr niedrige Frequenzen, dadurch gekennzeichnet, dass er umfasst :

- mindestens einen Stapel (1) piezoelektrischer Elemente mit zwei achsrecht entgegengesetzten Enden ;

- zwei Hebel (8a, 8b), die jeweils an den Enden besagter Stapel (1) so angeordnet sind, dass jedes der beiden Enden eines jeden Stapels sich auf einem der beiden Hebel in der Nähe des Stützpunktes (11) desselben abstützt ;

- und einen Schalltrichter (23), der von einer elastischen schwingungsfähigen Membran gebildet wird, die die Enden der beiden Hebel miteinander verbindet.

2. Piezoelektrischer Wandler nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass er umfasst :

- eine starre Basisplatte (7) ;
  - zwei glatte Seitenplatten (8a, 8b), die auf der gleichen Seite von besagter Basisplatte angeordnet sind und die mit Letzterer durch eine Halbeinbettung (11) oder durch ein Gelenk (12) entlang einer ihrer Kanten verbunden ist ;
  - mindestens einen Stapel (1) piezoelektrischer Elemente mit zwei achsgerecht entgegengesetzten Enden (6), die jeweils mit jeder der besagten Seitenplatten in der Nähe der Kante derselben verbunden sind, die mit der Basisplatte verbunden ist ;
  - einen Schalltrichter (23), der von einer elastischen schwingungsfähigen Membran gebildet wird, die die beiden Kanten der beiden Seitenplatten untereinander verbindet, die den beiden Kanten gegenüberliegen, die mit der Basisplatte verbunden sind ;
  - und ein Gehäuse, mit Gas gefüllt, das besagte piezoelektrische Stapel umschliesst und dessen eine Seite von besagtem Schalltrichter gebildet wird, dieses Gehäuse ist dicht von einer akustisch verformbaren und transparenten Membran (29) umgeben, die ebenfalls besagten Schalltrichter (23) umgibt.
3. Piezoelektrischer Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er umfasst :
- eine starre Basisplatte (7) ;
  - zwei glatte Seitenplatten (8), die auf der gleichen Seite von besagter Basisplatte angeordnet sind und die mit letzterer durch eine Halbeinbettung (11) oder durch ein Gelenk (12) entlang einer ihrer Kanten verbunden ist ;
  - mindestens einen Stapel (1) piezoelektrischer Elemente mit zwei achsgerecht entgegengesetzten Enden (6), die jeweils mit jeder der besagten Seitenplatten (8) in der Nähe der Kante derselben in Kontakt sind, die mit besagter Basisplatte verbunden ist ;
  - einen Schalltrichter, der von einer elastischen und schwingungsfähigen Membran (23) gebildet wird, die die beiden Kanten der beiden Seitenplatten untereinander verbindet, die den beiden Kanten gegenüberliegen, die mit besagter Basisplatte verbunden sind ;
  - und ein mit Gas gefülltes Gehäuse, das

besagte piezoelektrische Stapel umschliesst und dessen Wände von besagtem Schalltrichter und von besagten Seitenplatten gebildet werden, dieses Gehäuse ist dicht von einer akustisch verformbaren und transparenten Membran (29) umgeben, diese Membran umgibt besagten Schalltrichter und besagte Seitenplatten.

4. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass besagte Stapel (1) piezoelektrischer Elemente einen zentralen Festpunkt (21) und zwei im Verhältnis zu besagtem Festpunkt symmetrische Halbstapel aufweisen.

5. Piezoelektrischer Wandler für sehr niedrige Frequenzen, dadurch gekennzeichnet, dass er auf jeder Seite einer gemeinsamen Basisplatte (7) zwei im Vergleich zur besagten Basisplatte symmetrische Wandler umfasst, wobei jeder der besagten Wandler mit einem Wandler nach einem der Ansprüche 2 bis 4 identisch ist.

6. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass er zwei Untereinheiten (1a, 1b) umfasst, von denen jede aus zwei identischen Stapeln piezoelektrischer Elemente besteht, die untereinander parallel sind, von denen jeder einen zentralen Festpunkt hat, der mit besagter Basisplatte verbunden ist.

7. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass besagte elastische und schwingungsfähige Membran (23) gewölbt ist.

8. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass besagte elastische und schwingungsfähige Membran (23) in der Biegung vorgespannt ist.

9. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Ende (6) der besagten Stapel piezoelektrischer Elemente auf besagten Seitenplatten (8) mittels einer Zwischenstütze (15) aufliegt.

10. Schallantenne bestehend aus Wandlern nach einem beliebigen der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine gemeinsame Basisplatte aufweist, auf der eine oder mehrere Reihen und/oder Säulen von elementaren Wandlern angeordnet sind.

50

55

60

65

7

FIG. 1

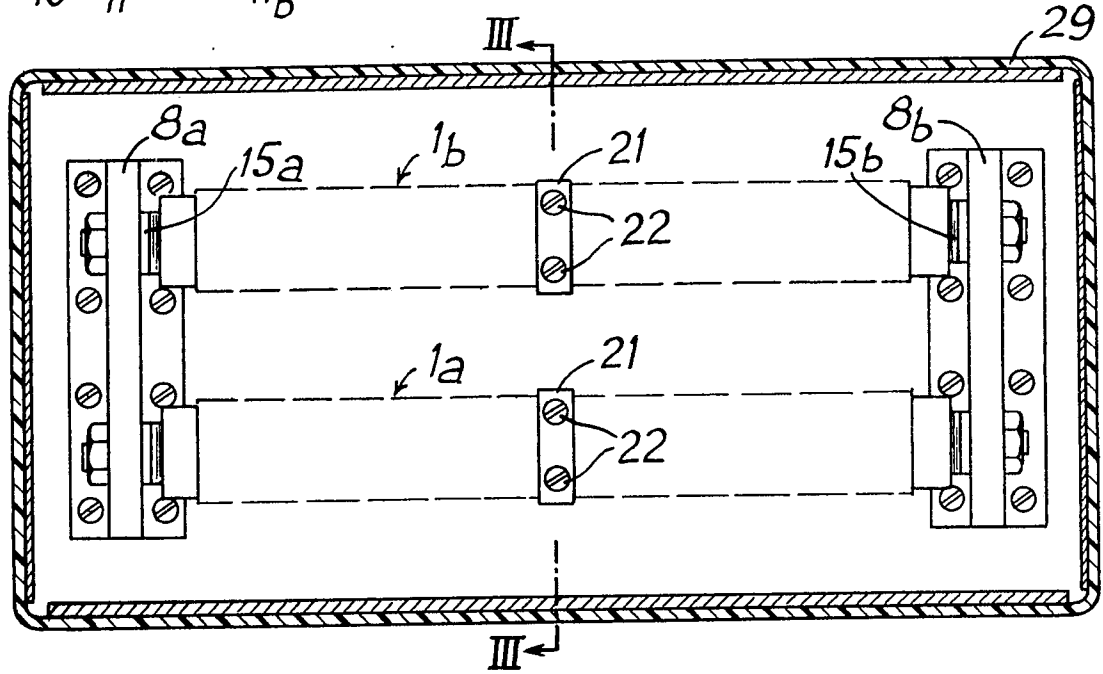
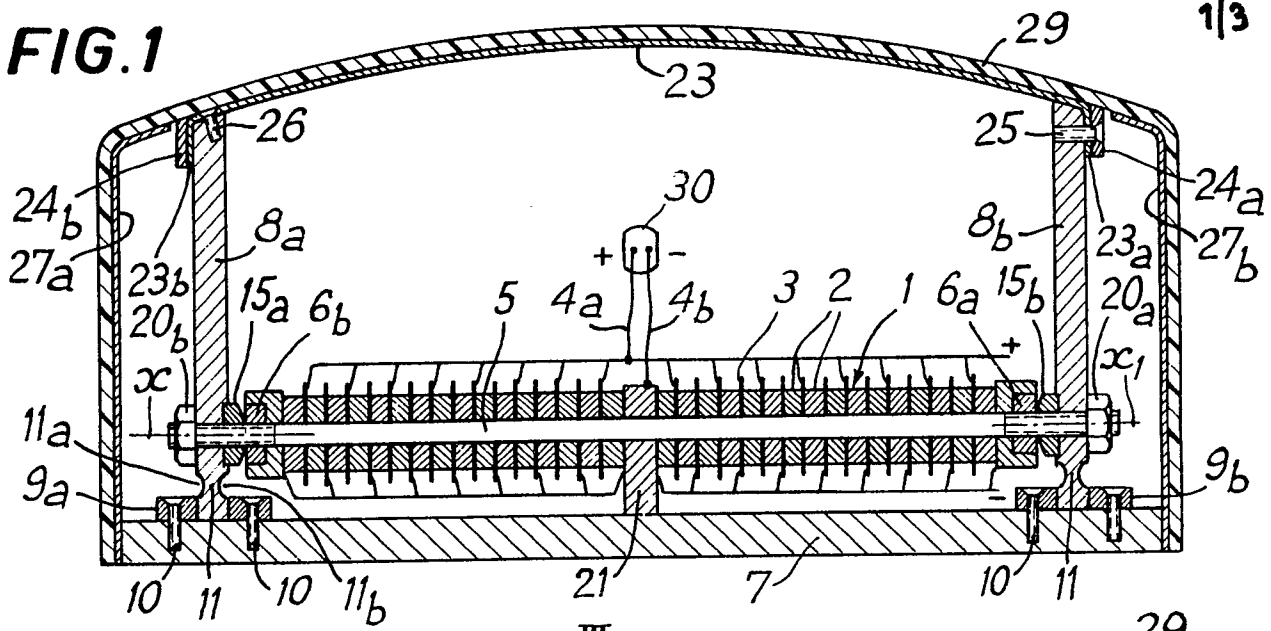


FIG. 2

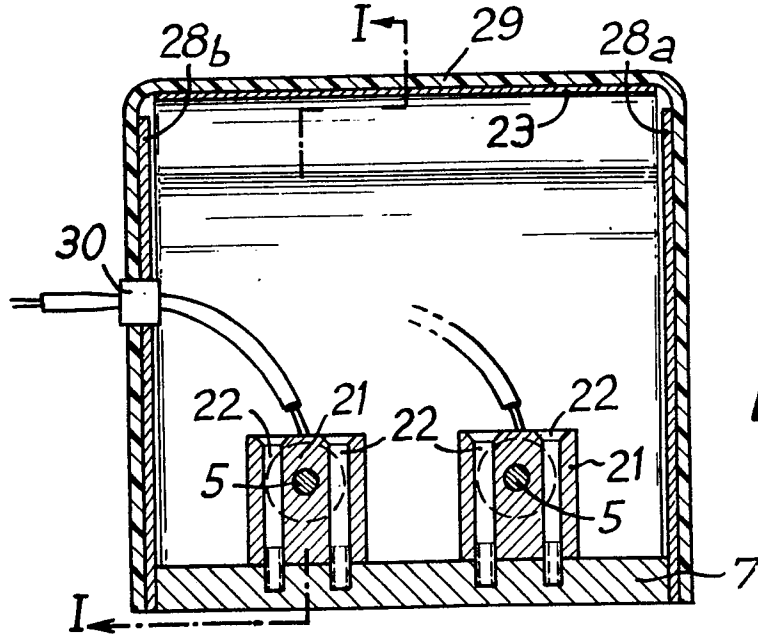
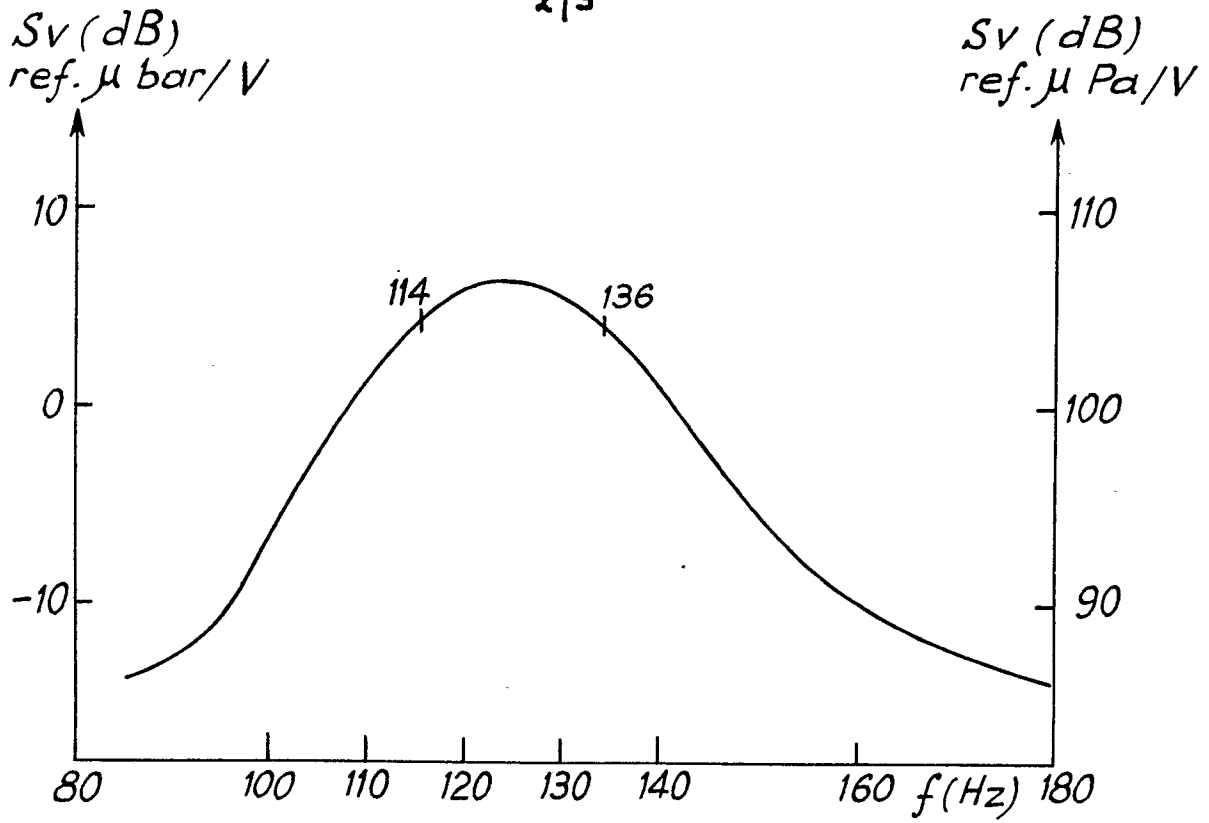
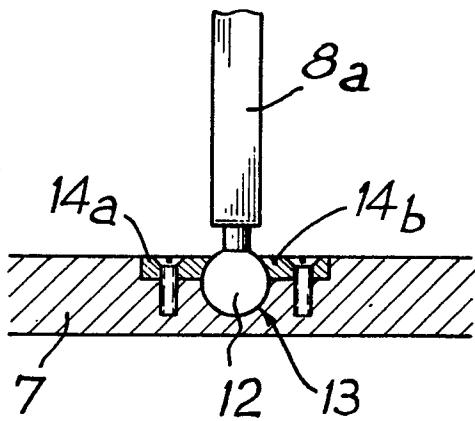


FIG. 3



**FIG. 6**

**FIG. 4**



**FIG. 5**

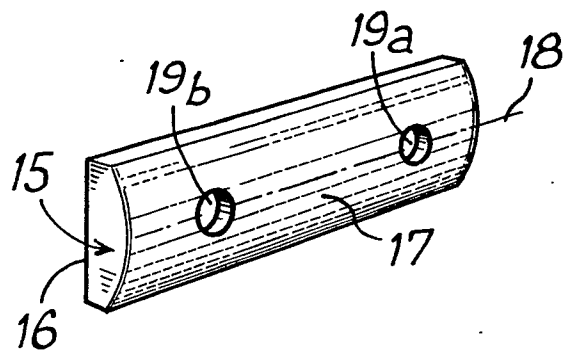


FIG. 7

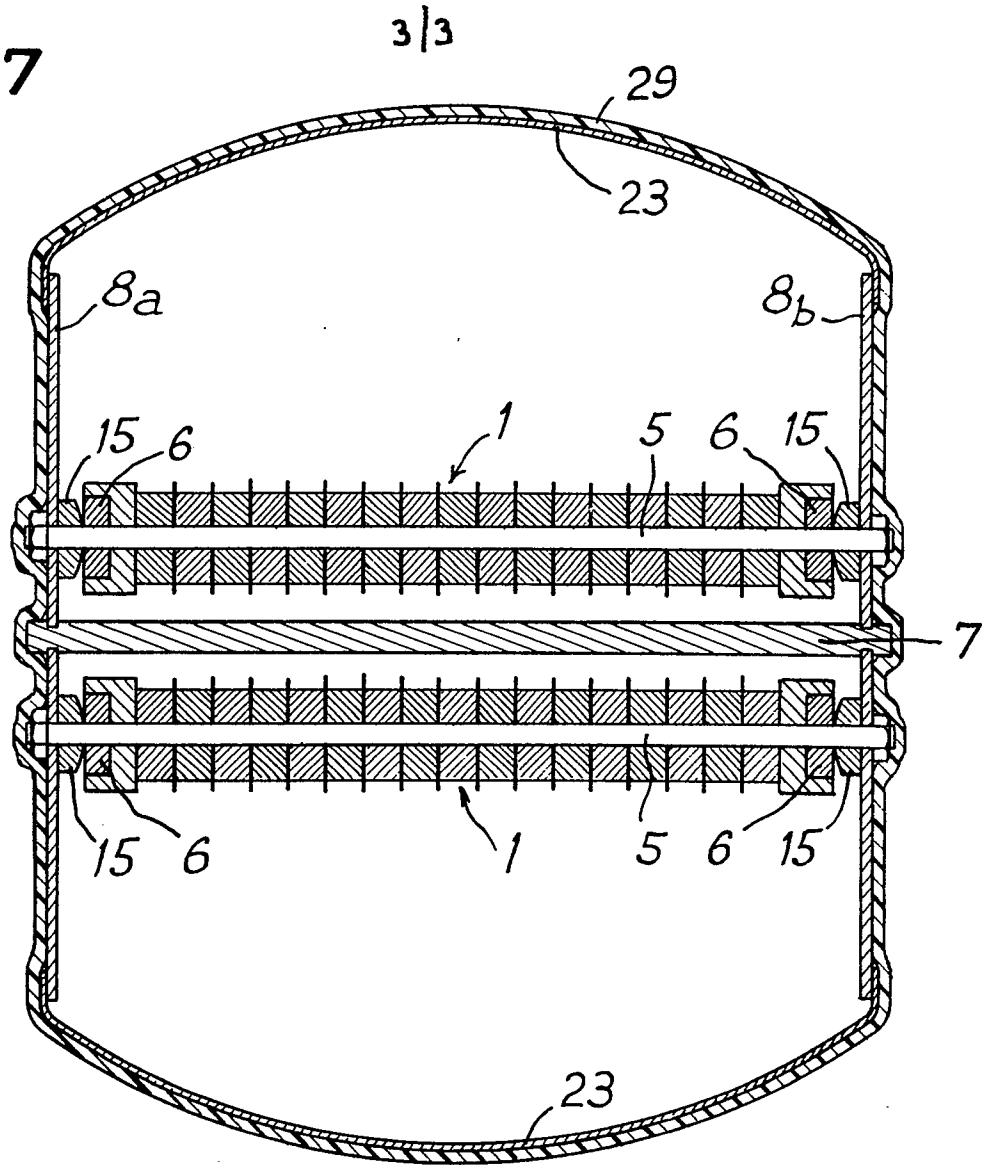


FIG. 8

