

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 79400291.5

51 Int. Cl.2: **H 04 R 17/00, G 10 K 11/08**

22 Date de dépôt: 08.05.79

30 Priorité: 08.05.78 FR 7813466

71 Demandeur: **ETAT FRANCAIS** représenté par le
Délégué général pour l'armement Bureau des brevets
et inventions de la Délégation générale, pour
l'armement. 14 rue Saint Dominique, F-75997 Paris
Armees (FR)

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

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

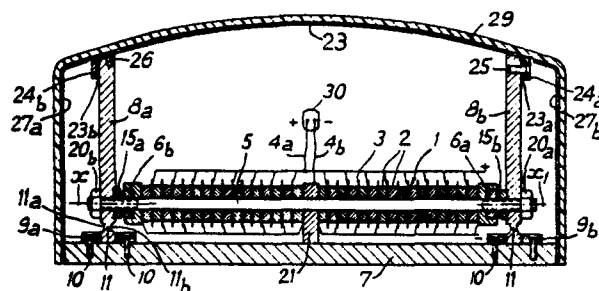
84 Etats contractants désignés: **DE GB NL**

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

57 L'invention a pour objet de nouveaux transducteurs piézoélectriques avec amplificateur mécanique incorporé.

Un transducteur selon l'invention comporte une plaque de base rigide 7; deux plaques latérales 8a et 8b dont le bord inférieur est relié à la plaque 7 par un amincissement 11; un empilement 1 d'éléments piézoélectriques 2 alternant avec des électrodes 3; un pavillon 23 formé d'une membrane élastique et flexible qui relie entre eux les bords supérieurs des deux plaques 8a et 8b; un boîtier 27a, 27b et une peau d'étanchéité 29 transparente acoustiquement.

Une application est l'émission ou la réception d'ondes acoustiques de grande puissance dans les très basses fréquences compris par exemple entre quelques Hertz et 500 Hz.



- 1 -

TRANSDUCTEURS PIEZOELECTRIQUES A AMPLIFICATION MECANIQUE POUR TRES
BASSES FREQUENCES 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.

5 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
10 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
15 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 piézo-
20 électriques 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
25 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 :

- 5 - 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 ;
- 10 - 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
- 15 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
- 20 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.

- 25 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.

- 30 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.

- 35 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 cc

ficient 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
5 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
10 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,
15 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,
25 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
30 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 sensibilité 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
35 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'appu-

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 piézo-électrique 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 x_1 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 x_1 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 haute fréquence ayant une puissance suffisante, il faut utiliser des empilements comportant un très grand nombre d'éléments

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-
5 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
10 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,
15 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
20 elles le bord inférieur des plaques 8a et 8b. Chaque plaque 8a, 8b comporte, le long de son bord inférieur, immédiatement audessus 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
25 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 encastrements.

Suivant une variante représentée sur la figure 4, ce semi encastrement peut être remplacé par une articulation autour d'un
30 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
35 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
5 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, op-
10 posée 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
15 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
20 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
25 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
30 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.

35 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.

5 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
10 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.

15 Selon un mode de réalisation préférentiel, on utilise une plaque ayant une largeur dans le sens parallèle à l'axe x x1 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 x1 avant de la fixer le long des deux bords supérieurs des plaques 8a et 8b.

20 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
25 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
30 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
35 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.

5 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.

10 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 x_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 μ bar par volt et à droite suivant la référence μ pascal/volt. On obtient un maximum de sensibilité pour une fréquence de résonance de l'ordre de 125 Hz.

35 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

aux deux demi transducteurs. Chacun des deux demi transduc-
teurs 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
5 sur la figure 7 un mode de réalisation selon la variante dans
laquelle les parois latérales 27a et 27b du boîtier sont suppri-
mées 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
10 d'utiliser une plaque de base 7 moins rigide car elle est solli-
citée en flexion symétriquement par les deux demi transducteurs.
De plus, un transducteur selon la figure 7 est très omnidirec-
tionnel.

La figure 8 représente schématiquement un exemple de
15 réalisation d'une antenne acoustique comportant seize transduc-
teurs selon l'invention, par exemple 25 hydrophones, 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 opposés sont en trait double et repré-
sentent les deux plaques latérales 8a et 8b d'un transducteur.
20

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

La plaque 31 peut être plane, cintrée ou cylindrique
25 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
30 équivalents remplissant les mêmes fonctions.

R E V E N D I C A T I O N S

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

- au moins un empilement d'éléments piézoélectriques ayant deux extrémités axialement opposées ;
- 5 - 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
- 10 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 ;
- deux plaques latérales planes, qui sont situées du même côté de
- 15 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 qui sont en contact respectivement
- 20 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 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 ;
- 25 - 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.

30 3 - Transducteur piézoélectrique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une plaque de base rigide ;
- deux plaques latérales planes qui sont situées du même côté de
- 35 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 qui sont en contact respectivement avec chacune desdites plaques latérales à proximité du bord de celle-ci qui est relié à ladite plaque de base ;
- 5 - un pavillon constitué par une membrane élastique 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 ;
- et un boîtier rempli de gaz qui renferme lesdits empilements piézoélectriques et dont ledit pavillon et lesdites plaques
- 10 latérales constituent des parois, lequel boîtier est enveloppé de façon étanche par une membrane déformable et transparente acoustiquement, laquelle membrane enveloppe ledit pavillon et lesdites plaques latérales.

4 - Transducteur selon l'une quelconque des revendications

15 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits empilements d'éléments piézoélectriques comportent un point fixe central et deux demi-empilements symétriques par rapport audit point fixe.

5 - Transducteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte, de part et d'autre

20 de ladite plaque de base, deux transducteurs symétriques par rapport à ladite plaque de base et identiques 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 que chaque sous-ensemble est composé de

25 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 et flexible

30 ble est cintrée.

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

9 - Transducteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que chaque extrémité desdits empilements

35 d'éléments piézoélectriques est appuyée sur lesdites plaques latérales par l'intermédiaire d'une pièce d'appui intermédiaire

ayant une première face latérale plane et une deuxième face latérale, opposée à la première, cylindrique:

- 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 de transducteurs élémentaires.

FIG. 1

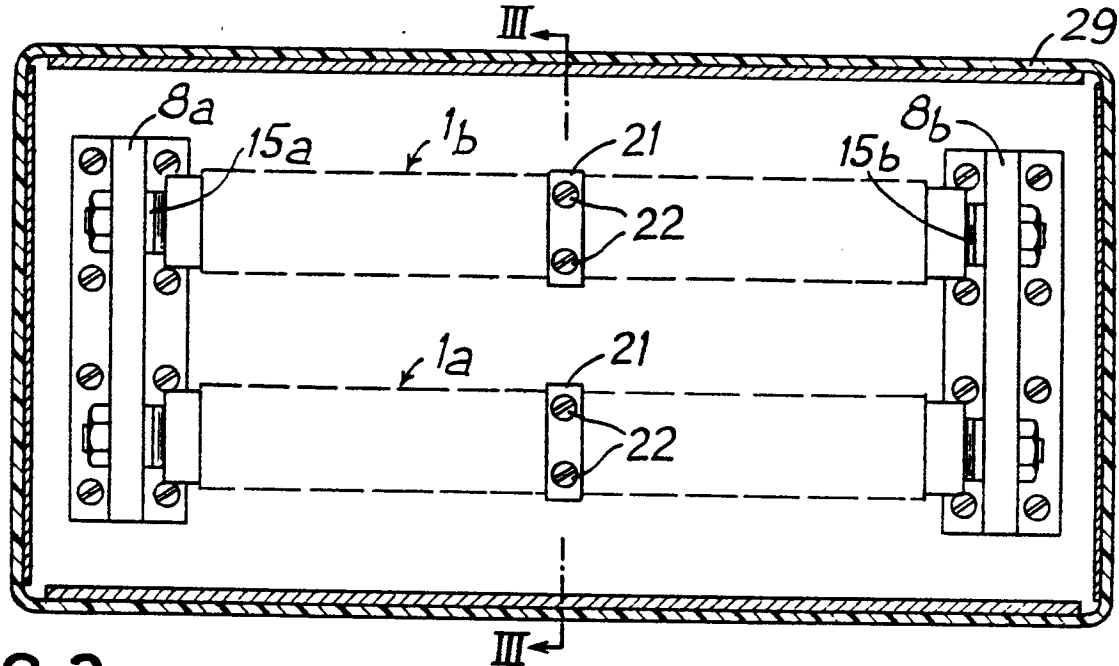
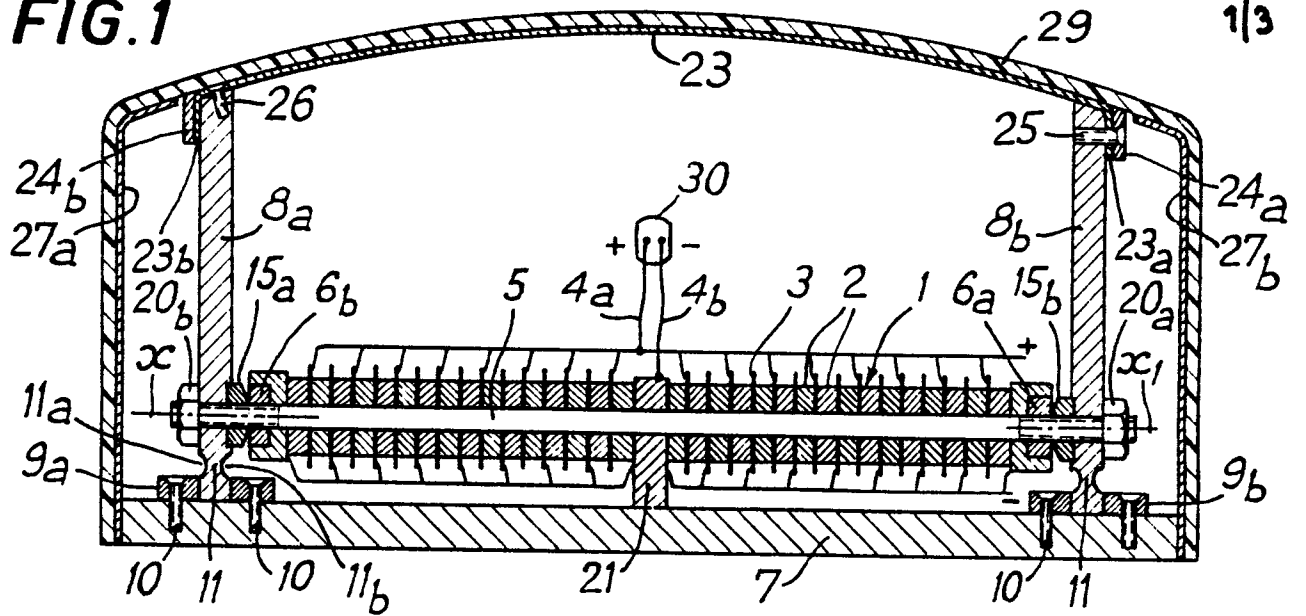


FIG. 2

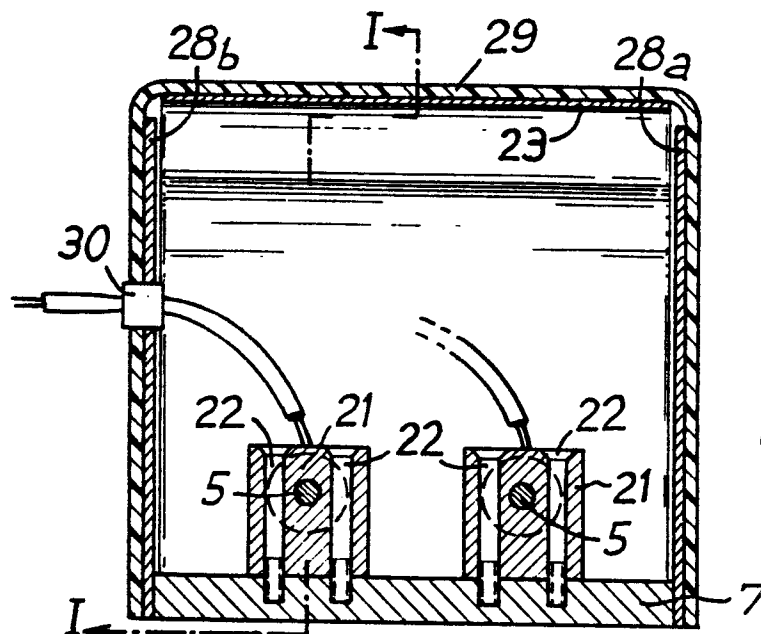


FIG. 3

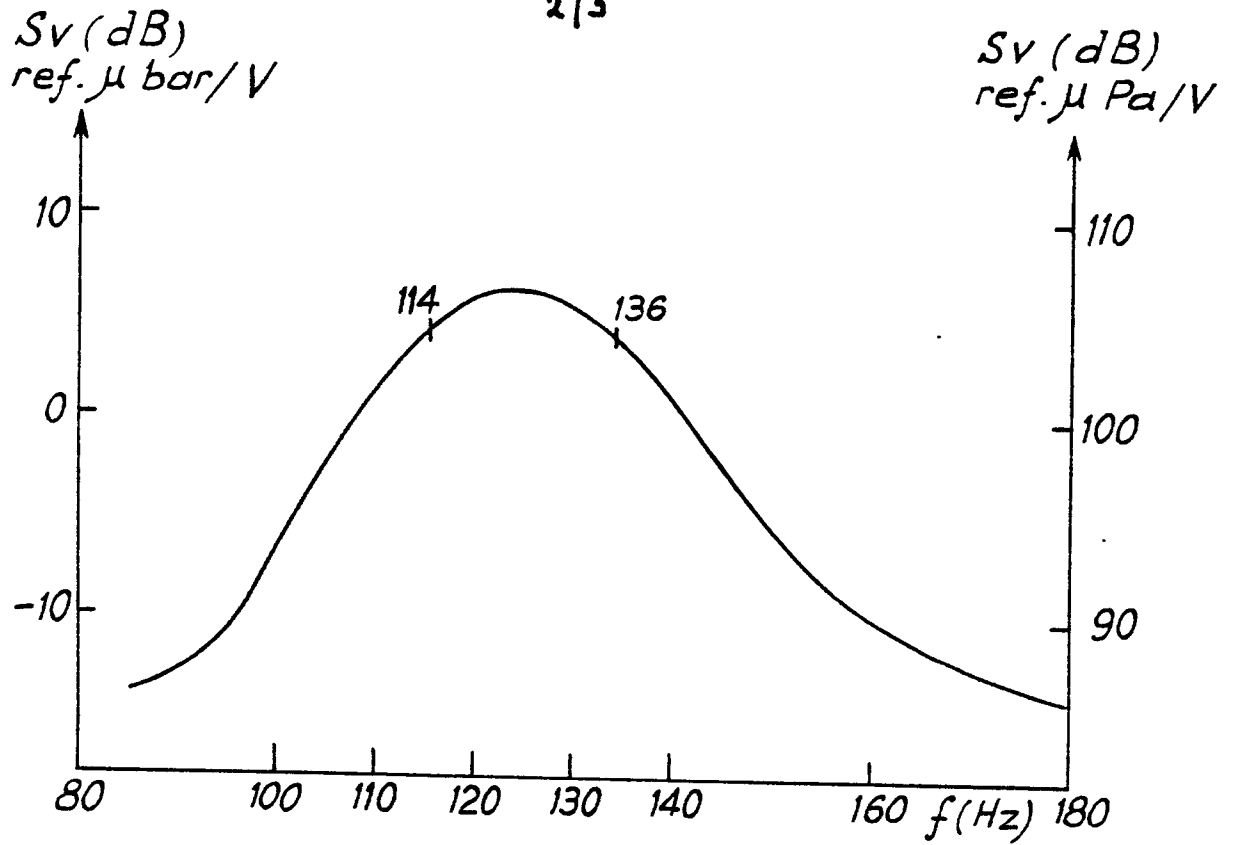
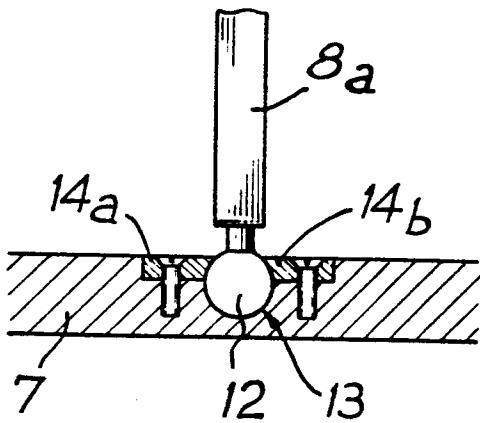
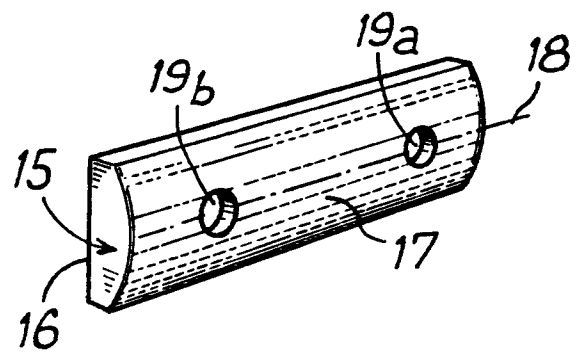
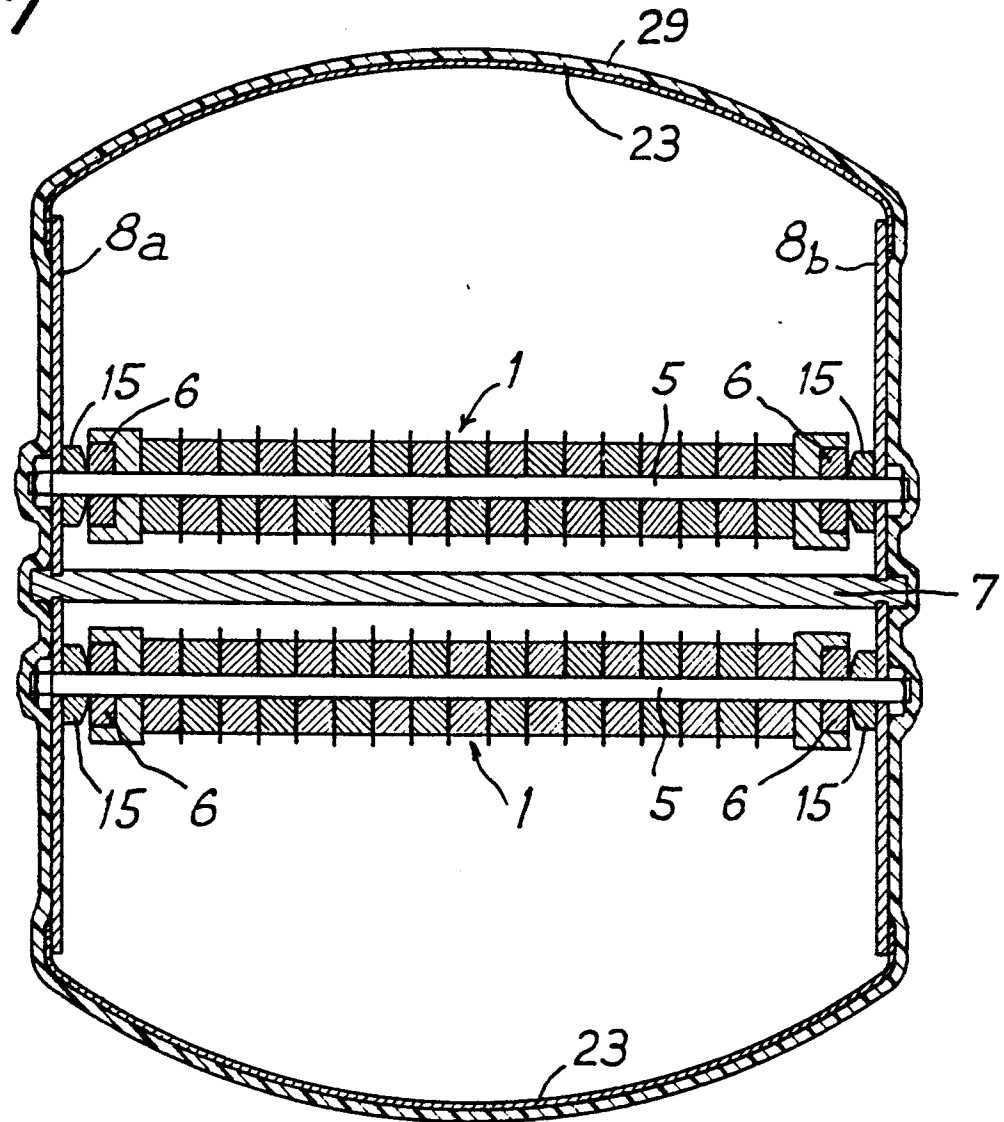
**FIG. 6****FIG. 4****FIG. 5**

FIG. 7**FIG. 8**