



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1992/01/14

(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1992/08/06

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2002/04/02

(85) Entrée phase nationale/National Entry: 1993/07/21

(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 1992/000025

(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 1992/013338

(30) Priorité/Priority: 1991/01/25 (91/00860) FR

(51) Cl.Int.⁵/Int.Cl.⁵ G10K 9/12

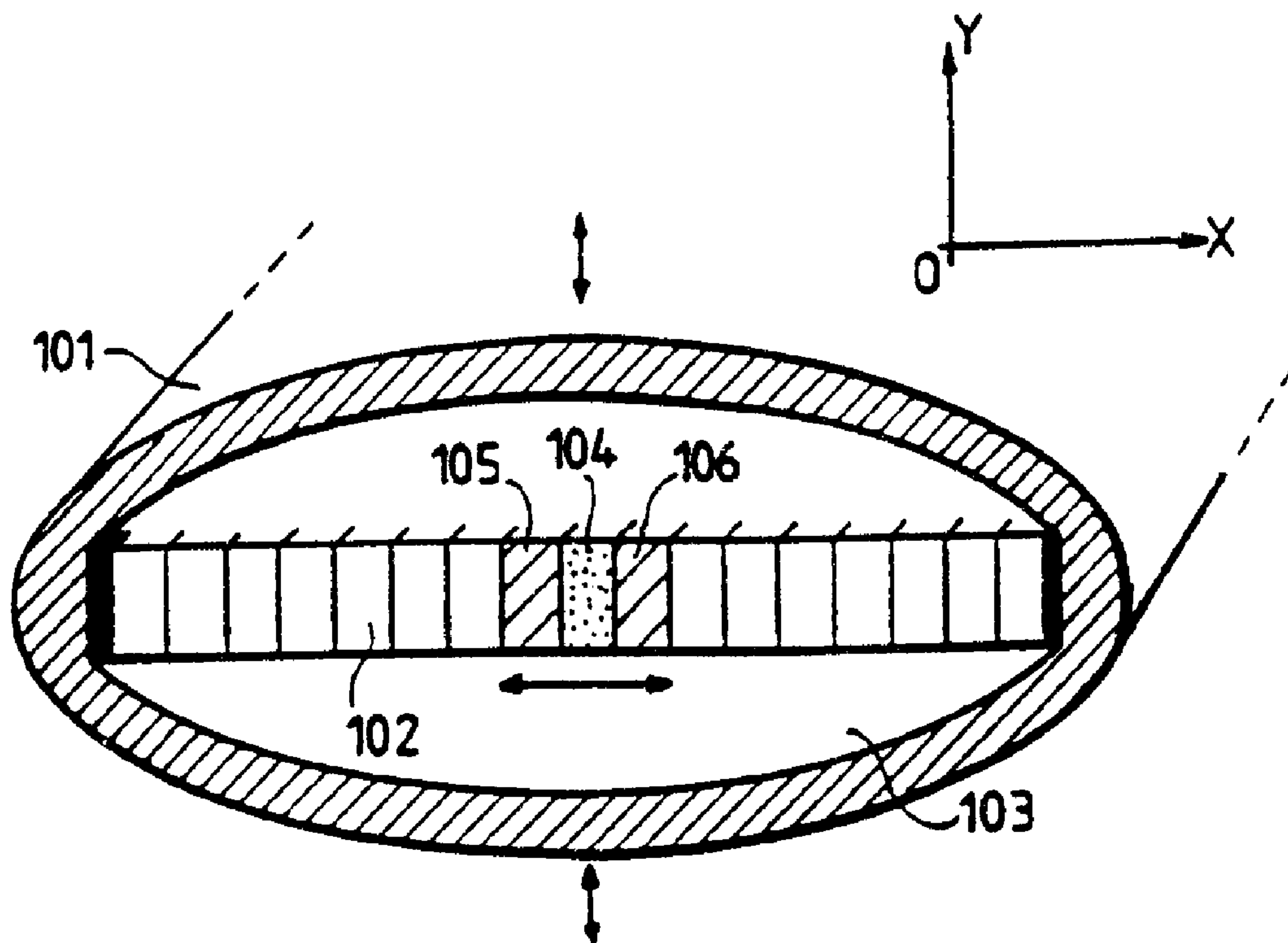
(72) Inventeurs/Inventors:
Dufourcq, Philippe, FR;
Lagier, Michel, FR

(73) Propriétaire/Owner:
THOMSON-CSF, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : TRANSDUCTEUR ACOUSTIQUE FLEXTENSEUR POUR IMMERSION PROFONDE

(54) Title: FLEXTENSOR ACOUSTIC TRANSDUCER FOR DEEP IMMERSION

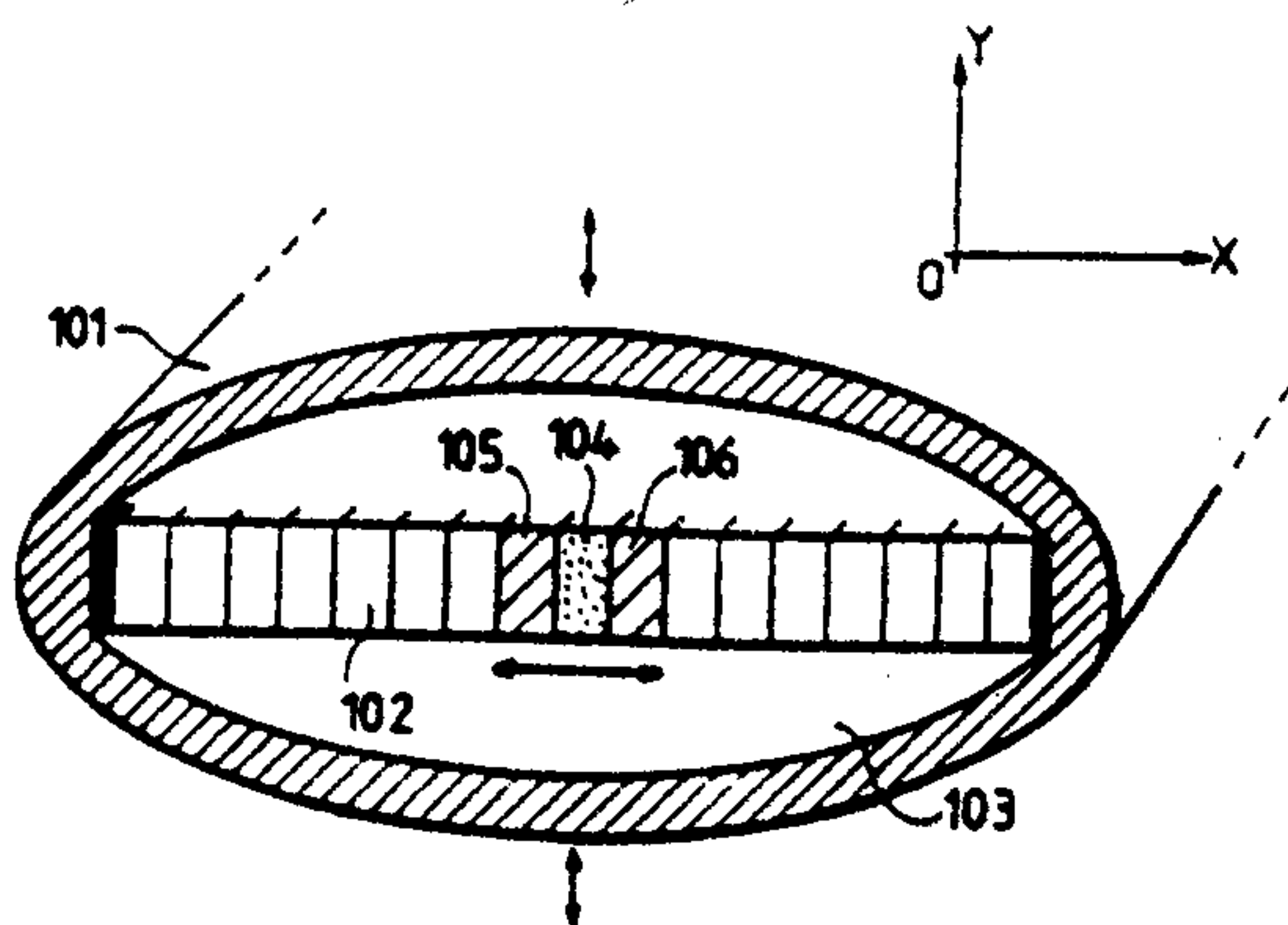


(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne les transducteurs acoustiques du type flextenseur dans lesquels un corps de section oblongue est sollicité par un moteur selon le grand axe de cette section. Elle consiste à utiliser des moyens viscoélastiques (104) pour absorber les déformations lentes de la coque (401) sous l'effet de l'immersion. Ces moyens viscoélastiques présentent une raideur importante aux fréquences d'utilisation du transducteur de manière à transmettre avec un bon rendement les vibrations du moteur à la coque. Elle permet de fabriquer un transducteur flextenseur pouvant supporter une immersion importante sans que le moteur se casse et dont le rendement est supérieur à 75%.

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁵ : G10K 9/12	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 92/13338 (43) Date de publication internationale: 6 août 1992 (06.08.92)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR92/00025 (22) Date de dépôt international: 14 janvier 1992 (14.01.92) (30) Données relatives à la priorité: 91/00860 25 janvier 1991 (25.01.91) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 51, esplanade du Général-de-Gaulle, F-92800 Puteaux (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement) : LAGIER, Michel [FR/FR]; DUFOURCQ, Philippe [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, F-92045 Paris-La Défense Cédex 67 (FR). (74) Mandataire: DESPERRIER, Jean-Louis; Thomson-CSF SCPI, F-92045 Paris-La Défense Cédex 67 (FR).		2101053 (81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CA, CH (brevet européen), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), MC (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US. Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: FLEXTENSOR ACOUSTIC TRANSDUCER FOR DEEP IMMERSION**(54) Titre:** TRANSDUCTEUR ACOUSTIQUE FLEXTENSEUR POUR IMMERSION PROFONDE**(57) Abstract**

The invention relates to acoustic transducers of the flexensor type wherein a body having an oblong cross-section is acted upon by a motor along the long axis of such cross-section. The invention aims at using visco-elastic means (104) to absorb slow deformations of the case (401) under the immersion effect. These visco-elastic means present an important stiffness to frequencies of utilisation of the transducers so as to efficiently transmit the vibrations from the motor to the case. The invention allows to produce a flexensor transducer which may withstand an important immersion without breaking the motor and whose efficiency is higher than 75 %.

(57) Abrégé

L'invention concerne les transducteurs acoustiques du type flexenseur dans lesquels un corps de section oblongue est sollicité par un moteur selon le grand axe de cette section. Elle consiste à utiliser des moyens viscoélastiques (104) pour absorber les déformations lentes de la coque (401) sous l'effet de l'immersion. Ces moyens viscoélastiques présentent une raideur importante aux fréquences d'utilisation du transducteur de manière à transmettre avec un bon rendement les vibrations du moteur à la coque. Elle permet de fabriquer un transducteur flexenseur pouvant supporter une immersion importante sans que le moteur se casse et dont le rendement est supérieur à 75 %.

2101053

TRANSDUCTEUR ACOUSTIQUE FLEXTENSEUR
POUR IMMERSION PROFONDE

La présente invention se rapporte aux transducteurs acoustiques du type flex tenseurs susceptibles d'être immergés à une profondeur importante sans subir de dégats et en fonctionnant toujours correctement. Elle s'applique à l'émission
5 et/ou à la réception des ondes acoustiques sonores ou ultra-sonores dans les milieux fluides tels que l'espace sous-marin.

Les transducteurs flex tenseurs connus sont composés généralement par une coque flexible, étanche, à paroi latérale
10 cylindrique de section droite elliptique, mise en vibration par un ou plusieurs piliers ou barreaux de cellules piézoélectriques en céramique. Chaque pilier est maintenu en compression entre les parties opposées les plus éloignées de la paroi latérale. En émission, un champ électrique alternatif est appliqué dans la
15 direction longitudinale de chaque pilier et le mouvement résultant, qui a lieu suivant l'axe longitudinal de chaque pilier, est retransmis, amplifié, au milieu liquide environnant, l'amplitude de ce mouvement étant maximum dans le plan engendré par les petits axes des ellipses formées par chaque
20 section droite.

Une précontrainte en compression des cellules piézoélectriques de chaque pilier est nécessaire pour éviter le bris de la céramique lorsque les piliers sont sollicités en extension.

25 Cette précontrainte est, selon un premier mode de réalisation connu, fournie directement par la coque au moment de l'assemblage des piliers. Les logements prévus dans la coque pour les piliers ont, avant l'assemblage, des longueurs inférieures à celles des piliers. Pour mettre en place les
30 piliers, il suffit d'appliquer deux forces extérieures opposées sur les parties en regard les plus rapprochées de la paroi

2101053

2

latérale pour comprimer la coque à cet endroit et provoquer par déformation élastique de celle-ci une augmentation juste suffisante de la longueur des logements pour permettre l'installation des piliers. La force de précontrainte est
5 appliquée lorsque l'action des deux forces extérieures est supprimée. Les piliers restent alors comprimés dans leurs logements entre les parties de la paroi latérale intérieure de la coque en contact avec leurs extrémités.

Ce mode de réalisation exige, pour obtenir un
10 fonctionnement correct des transducteurs à une profondeur déterminée, de donner à l'amplitude des deux forces extérieures une valeur supérieure à celle qui est exercée normalement par la pression hydrostatique à cette profondeur. Ceci a pour inconvénient de limiter l'utilisation de ces types de
15 transducteurs aux profondeurs pour lesquelles la force de précontrainte du pilier peut encore être assurée, pour éviter le bris de la céramique constituant les cellules piézoélectriques.

Selon un deuxième mode de réalisation connu, la force de précontrainte de chaque pilier peut être obtenue au moyen
20 d'une tige traversant chaque pilier suivant son axe longitudinal, les extrémités de la tige étant maintenues par boulonnage à la coque. Mais dans ce cas, la pression hydrostatique exerce, par l'intermédiaire de la coque, un effort de traction sur chaque pilier qui entraîne, lorsqu'il est trop
25 fort, une rupture de la céramique composant les cellules piézoélectriques.

Enfin selon un troisième mode de réalisation connu, dont une description peut être trouvée dans le brevet US 4 420 826, l'empilement des cellules piézoélectriques peut être
30 réalisé le long d'une tige de précontrainte qui n'est pas fixée par ses extrémités à la coque. Le maintien de l'empilement est assuré par deux rails pour ne pas être soumis, comme dans le mode de réalisation précédemment décrit, à un effort de traction dirigé selon l'axe longitudinal du pilier. Cependant, là encore,
35 lorsque l'immersion du transducteur est telle qu'un ou deux

côtés des piliers ne sont plus en contact avec la coque, le transducteur ne peut plus fonctionner correctement.

La demanderesse a également proposé dans le demande de brevet français n° 88 14416 déposée le 4/11/88 deux autres
5 modes de réalisations d'un transducteur flextenseur dans lesquels on ajoute aux piliers de céramique une contremasse, qui peut être éventuellement assurée par un dispositif fluïdique. Ces dispositifs fonctionnent correctement mais ces organes supplémentaires compliquent leur fabrication.

10 Pour pallier ces inconvénients l'invention propose un transducteur acoustique flextenseur pour immersion profonde, comportant une coque creuse de section oblongue et un moteur électroacoustique destiné à exciter cette coque selon le grand axe de cette section, principalement caractérisé en ce qu'il
15 comprend en outre des moyens viscoélastiques permettant d'absorber sans présenter de résistance mécanique appréciable les efforts exercés par la coque sur le moteur sous l'effet des déformations provenant de l'immersion, et présentant une raideur importante aux fréquences de fonctionnement du moteur pour
20 communiquer à la coque les vibrations de ce moteur avec un bon rendement.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en regard des figures annexées qui
25 représentent :

- la figure 1, une vue en coupe d'un transducteur selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2, un diagramme caractéristique du matériau composant la pièce 104 de la figure 1 ;
- 30 - la figure 3, une vue en coupe d'un deuxième mode de réalisation ; et
- la figure 4, des vues en coupe de profil et de dessus d'un troisième mode de réalisation.

On a représenté sur la figure 1 une vue en coupe
35 d'un transducteur flextenseur du type 4 selon le classement

2101053 4

établi par ROYSTER dans la revue JASA N° 38, 1965 p. 879 à 880.

Ce transducteur comprend une coque de section elliptique 101 dans laquelle est inséré un moteur piézoélectrique 102 placé selon le grand axe de l'ellipse et qui s'appuie par ses deux extrémités sur les faces intérieures de la coque pour la faire vibrer, sous l'influence d'une tension électrique, selon un axe OX parallèle à ce grand axe. Sous cette influence toute la coque se met à vibrer et l'amplitude du mouvement est maximum selon un axe OY parallèle au petit axe de l'ellipse.

Lorsqu'un tel transducteur doit fonctionner à une immersion profonde, par exemple supérieure à 100m, la coque se déforme en s'aplatissant selon un axe OY, et donc en s'élargissant selon l'axe OX puisque l'intérieur 103 ne communique pas avec l'extérieur et ne contient donc que de l'air à la pression atmosphérique. Cet élargissement tend à tirer sur le moteur 102, formé d'un empilement de céramiques piézoélectriques. Comme celles-ci ne supportent pas les efforts de traction, elles risquent de se casser en dynamique.

Selon l'invention, on insère, sensiblement au milieu du moteur 102, une pièce 104 formée d'un matériau viscoélastique dont la raideur statique est faible et la raideur dynamique est élevée. Dans l'exemple représenté, pour faciliter la réalisation mécanique, on a inséré en outre deux plaques d'acier intermédiaires 105 et 106 entre cette pièce viscoélastique et les céramiques composant le moteur, mais cette disposition n'est pas essentielle. De même sur le dessin les dimensions de la pièce viscoélastique et des plaques métalliques sont représentées sensiblement égales à celles des plaques de céramique formant le moteur, mais le dimensionnement exact sera choisi en fonction des caractéristiques des matériaux utilisés.

Ainsi lorsque le transducteur est immergé, la coque 101 s'écrase et les deux parties droite et gauche du moteur situées de part et d'autre de la pièce 104 s'écartent en

exerçant une traction sur celle-ci. Comme la compliance (inverse de la raideur) statique du matériau utilisé est forte, celui-ci se déforme progressivement sous l'influence de la déformation de la coque et il s'étire sans exercer de traction appréciable sur
 5 les deux parties du moteur. Celles-ci ne sont donc pas soumises à des efforts de traction susceptibles de les casser.

Par contre lorsque le moteur est soumis aux tensions électriques alternatives destinées à générer la vibration acoustique, comme la compliance du matériau viscoélastique
 10 utilisé est très faible pour les fréquences utilisées, qui correspondent sensiblement à la fréquence de résonance du transducteur, ce matériau se comporte comme s'il était parfaitement rigide. Le barreau formé par les deux parties du moteur, les plaques d'acier et la pièce 104, vibre ainsi d'un
 15 seul bloc en transmettant ses vibrations à la coque du transducteur.

Le matériau utilisé présentant une différence de compliance, ou de raideur, entre les basses fréquences qui correspondent aux sollicitations statiques et les hautes
 20 fréquences qui correspondent aux sollicitations dynamiques, on peut résumer le comportement de la pièce formée avec ce matériau en disant qu'elle se comporte comme un filtre mécanique passe-haut.

Un transducteur est caractérisé par :

25

K_m : raideur du moteur piézoélectrique

K_c : raideur de la coque

Q : facteur de qualité $\frac{f_r}{B}$ (fréquence de résonance
 30 sur bande de fréquence).

Si P_1 est la pression limite pour laquelle le moteur est désolidarisé de la coque, K_0 la raideur statique du joint et K sa raideur dynamique complexe ($K = K' + jK''$), on a :

$$35 \operatorname{tg} \delta = \frac{G''}{G'} = \frac{K''}{K'}$$

G étant le module de cisaillement complexe ($G = G' + jG''$).

Les contraintes sur le matériau du joint sont, pour une pression hydrostatique à atteindre égale à nP_1 :

$$K_0 = \frac{K_m K_c}{(n-1)(K_m + K_c)}$$

$$K > K_m \text{ et } fr \neq \frac{1}{2} \left(\frac{K + K_c}{K_m + K_c} \right)^{1/2} f_0$$

où f_0 est la fréquence de résonance avant la mise en place des joints.

On obtient donc :

$$\frac{K}{\operatorname{tg} \delta} > 3 Q K_m,$$

Cette dernière condition permet d'obtenir un rendement supérieur à 75%.

Divers matériaux permettent de fabriquer un tel joint. Une caractéristique typique permettant de sélectionner ces matériaux est qu'ils ont une transition vitreuse à la température ambiante dans la gamme de fréquences considérées.

A titre d'exemple, on peut utiliser comme matériau un polyuréthane, dont a représenté sur la figure 2 le module de raideur G exprimé en N/m^2 et le facteur de perte $\operatorname{tg} \delta$ en fonction de la fréquence en Hz.

On constate que la transition est obtenue pour une fréquence sensiblement égale à 10^{-2} Hz, c'est-à-dire pour des sollicitations sur le matériau évoluant très lentement (période 100 secondes correspondant typiquement à l'écrasement progressif de la coque du flexenseur lorsque celui-ci s'immerge de plus en plus profondément). La valeur G_0 du module à cette transition est alors sensiblement égale à $4.10^6 N/m^2$.

Dès que l'on atteint une fréquence de 1000 Hz, largement inférieure aux fréquences utilisées dans le flexenseur, le module atteint $1,5.10^8 N/m^2$ et $\operatorname{tg} \delta$ vaut 5.10^{-2} . La dynamique des raideurs est alors égale à 37,5 pour

ce matériau, ce qui permet d'obtenir des résultats tout à fait satisfaisants.

Le matériau viscoélastique peut être placé en bien d'autres endroits et on a représenté sur le figure 3 un deuxième mode de réalisation dans lequel un joint 304 est inséré entre la coque 301 et le moteur 302.

Ce moteur 302 comprend un empilement de céramiques soumis à une précontrainte à l'aide d'une tige 311 qui traverse l'empilement de part en part. Des écrous de serrage 312 viennent se visser aux extrémités de la tige pour comprimer les céramiques par l'intermédiaire d'une pièce d'appui métallique 313 et d'une rondelle isolante 314.

Le joint viscoélastique 304 est formé de deux plaques insérées de part et d'autre entre la coque et la pièce 313. Dans cette configuration ce joint fonctionne en flexion alors que dans l'exemple de réalisation précédent il fonctionnait en compression, mais le résultat est le même.

Selon le cas l'autre extrémité du transducteur flexenseur de la figure 3 peut être identique à l'extrémité représentée sur cette figure, ou bien le moteur peut être directement fixé sur la coque. La réalisation ne comportant qu'un joint d'un seul côté est plus facile à fabriquer mais ce joint est soumis à des déformations plus importantes, qui ne sont pas toujours souhaitables.

Pour fixer les idées et bien montrer les ordres de grandeur des moyens de réalisation de l'invention, on considérera un transducteur flexenseur de classe 4 dont la profondeur est égale à 10 cm de long et dont la fixation est conforme à la figure 3 aux deux extrémités de ce moteur. La coque comporte donc 4 joints plats de 10 cm de long (2 de chaque côté). Les caractéristiques typiques d'un tel transducteur sont par exemple :

$$- P_1 = 30 \text{ bars}$$

$$- f_r = 3 \text{ kHz}$$

$$- K_m = 10^9 \text{ N/m}$$

2101053

8

$$- Q = 4,2 \quad - K_c = 2.10^8 \text{ N/m}$$

Avec $n = 3$ (donc $P \text{ limite} = 90 \text{ bars}$), on obtient
 $K_0 = 8,3 . 10^7 \text{ N/m}$

5

La raideur K_0 est égale à $G_0 \cdot \frac{S}{e}$, où G_0 est le module statique, égal avec le matériau décrit ci-dessus à 4.10^6 N/m^2 , S et e étant respectivement la surface totale et l'épaisseur des joints.

10

On obtient pour la surface d'un joint ($S/4$) une valeur de 25 cm^2 soit une hauteur (suivant OX) égale à $2,5 \text{ cm}$. Si l'épaisseur de coque est par exemple de 15 mm , on fabriquera le transducteur en épaississant cette coque au niveau du raccord avec le moteur.

15

La raideur dynamique vaut alors
 $K = K_0 \cdot \frac{G}{G_0} = 3,1.10^9$, de sorte que $K = 3 K_m$.
 La nouvelle fréquence de résonance obtenue est donc proche de $2,5 \text{ kHz}$ et on est donc bien dans le domaine utilisable vu plus haut.

20

Pour la condition liée au rendement, c'est-à-dire $K/\text{tg}\delta > 3 QK_m$, on a $K/\text{tg}\delta = 6,2.10^{10}$ tandis que $3 QK_m$ est égal à $1,26.10^{10}$. Le rendement est donc nettement supérieur à 75%.

L'invention s'étend également aux autres types de flex tenseurs, tels que ceux de classe 2 ou 5.

Dans ce cas, comme représenté sur la figure 4, le filtre viscoélastique 404 a la forme d'un anneau placé entre le moteur 402, lui-même en forme d'anneau, et la coque 401 qui se présente sous la forme de deux coupes assemblées par leurs
 30 circonférences.

REVENDICATIONS

1. Transducteur acoustique flextenseur pour immersion profonde, comportant une coque creuse (101) de section oblongue et un moteur électroacoustique (102) destiné à exciter cette coque selon le grand axe de cette section, caractérisé en
5 ce qu'il comprend en outre des moyens viscoélastiques (104) permettant d'absorber sans présenter de résistance mécanique appréciable les efforts exercés par la coque sur le moteur sous l'effet des déformations provenant de l'immersion, et présentant une raideur importante aux fréquences de fonctionnement du
10 moteur pour communiquer à la coque les vibrations de ce moteur avec un bon rendement.

2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rendement est supérieur à 75%.

3. Transducteur selon l'une quelconque des
15 revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le matériau formant les moyens viscoélastiques (104) présente une transition vitreuse à la température ambiante à une fréquence inférieure à la fréquence de fonctionnement du transducteur.

4. Transducteur selon la revendication 3, caractérisé
20 en ce que le matériau viscoélastique (104) est un polyuréthane présentant une transition vitreuse à la température ambiante à une fréquence sensiblement égale à 10^{-2} Hz.

5. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ce transducteur est
25 du type 4 selon le classement de ROYSTER et qu'il comporte un moteur (104) allongé selon le grand axe de la coque (101) ; ce moteur étant coupé en deux parties sensiblement en son milieu et les moyens viscoélastiques (104) étant formés d'un joint reliant ces deux parties.

30 6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est du type 4 selon le classement de ROYSTER et qu'il comporte un moteur

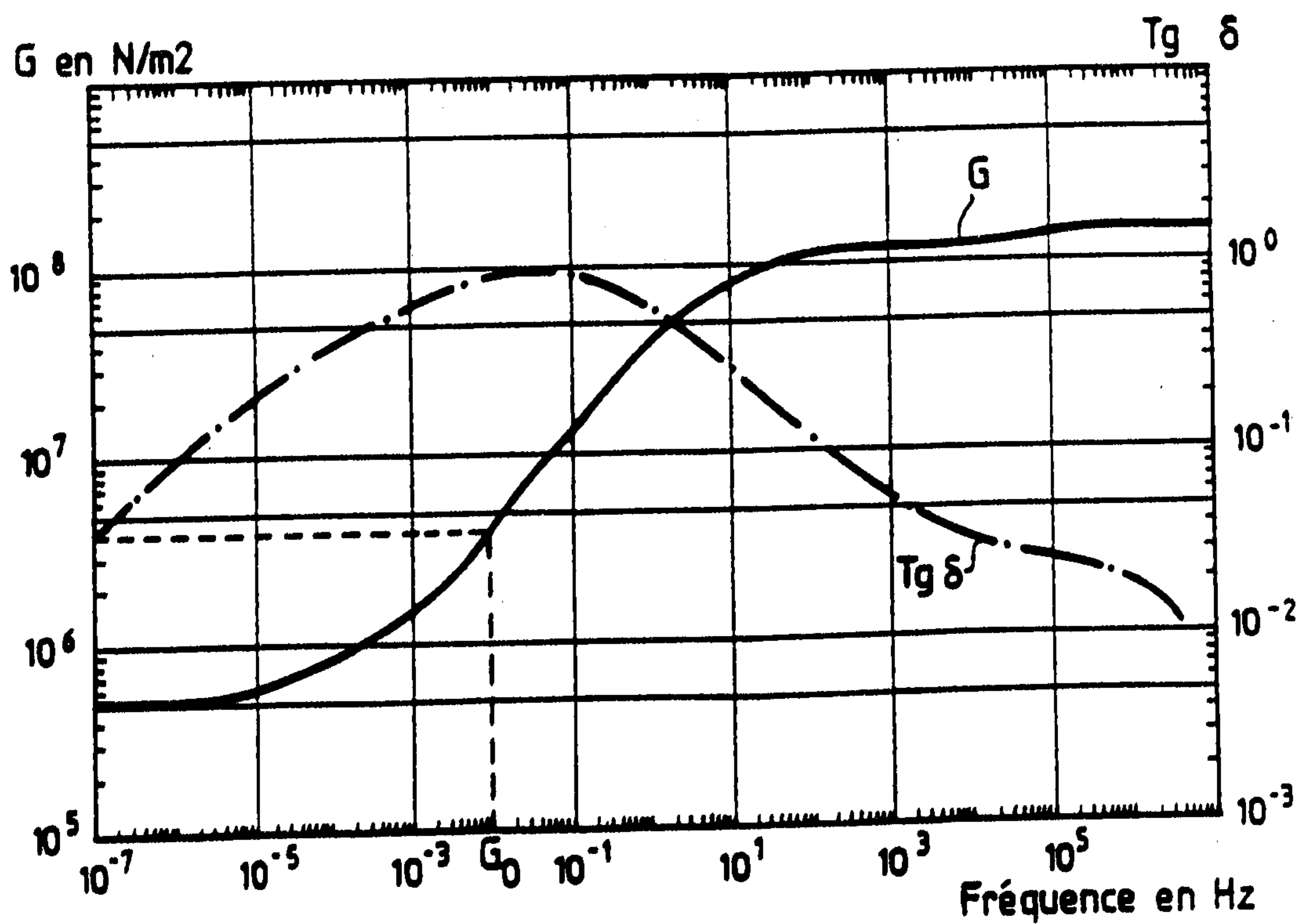
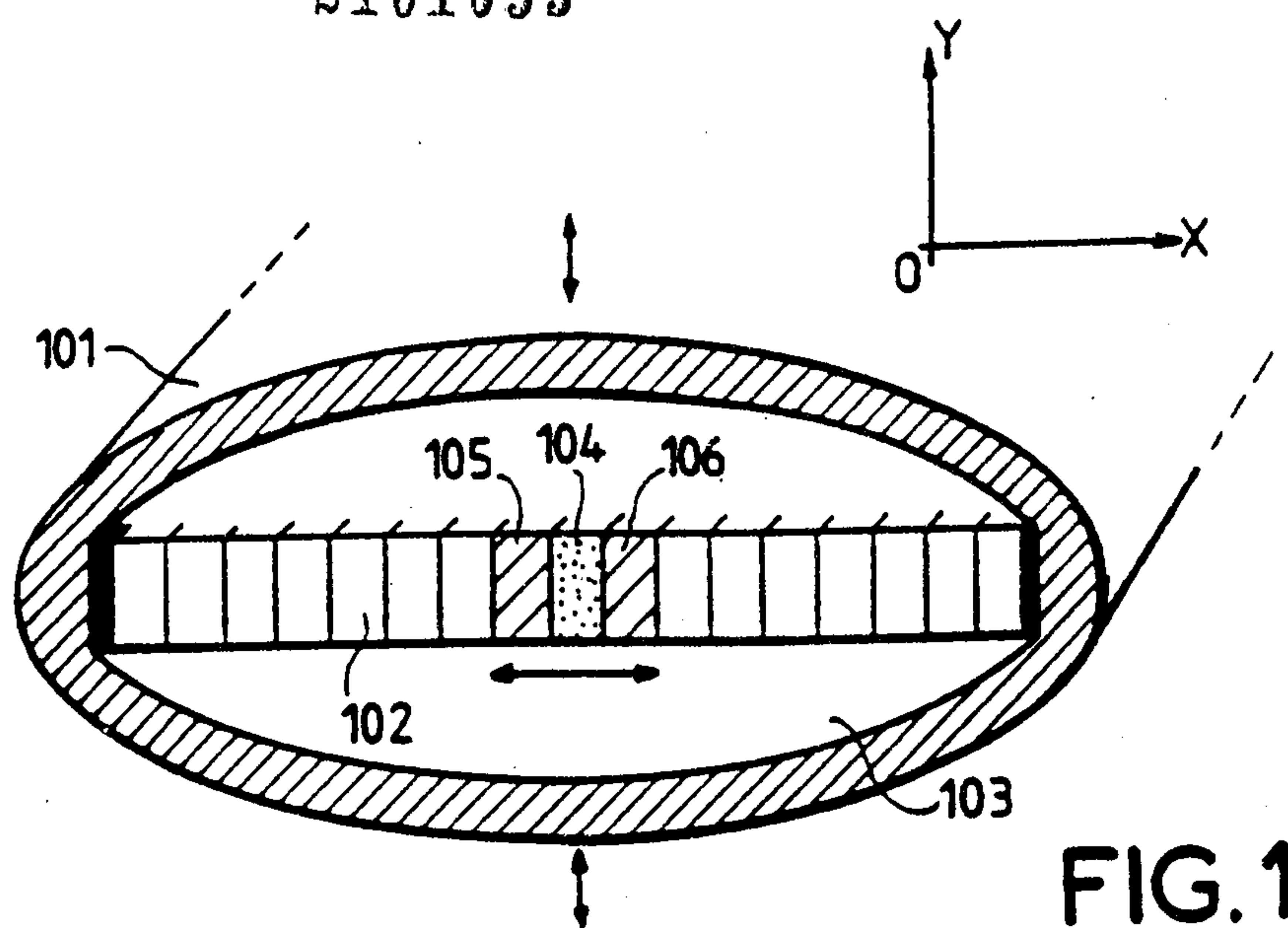
2101053 10

(102) allongé selon le grand axe de la coque (101) et fixé à la coque par ses deux extrémités ; les moyens viscoélastiques (304) étant formés d'au moins un joint interposé entre la coque (301) et les moyens de fixation (313) d'au moins une des extrémités du
5 moteur à la coque.

7. Transducteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens viscoélastiques (304) sont situés aux deux extrémités du moteur (302).

8. Transducteur selon l'une quelconque des
10 revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le transducteur est du type 2 ou 5 dans le classement de ROYSTER et que sa section selon un plan perpendiculaire au plan de section oblongue est circulaire ; le moteur étant circulaire et les moyens viscoélastiques (404) formant un anneau situé entre le
15 moteur (402) et la coque (401).

2101053



2101053

2/2

