



(11) **EP 1 157 751 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.11.2001 Bulletin 2001/48

(51) Int Cl.7: **B06B 1/04, G10K 11/00**

(21) Numéro de dépôt: **01401347.8**

(22) Date de dépôt: **22.05.2001**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **26.05.2000 FR 0006766**

(71) Demandeur: **THOMSON MARCONI SONAR SAS**
06903 Sophia Antipolis (FR)

(72) Inventeurs:
 • **Suppa, Vito,**
Thomson-CSF Prop. Int. Dept. Brevets
94117 Arcueil Cedex (FR)

• **Letiche, M.,**
Thomson-CSF Prop. Int. Dept. Brevets
94117 Arcueil Cedex (FR)
 • **Lattard, M.**
Thomson-CSF Prop. Int. Dept. Brevets
94117 Arcueil Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Desperrier, Jean-Louis et al**
Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(54) **Transducteur électrodynamique pour acoustique sous-marine**

(57) L'invention concerne les transducteurs électrodynamiques destinés à émettre des ondes acoustiques dans le milieu marin tout en pouvant résister aux explosions extérieures.

Elle consiste à percer la pièce polaire inférieure (104) d'un tel transducteur avec des trous verticaux qui permettent de faire circuler l'air à l'intérieur du transducteur afin de refroidir efficacement le bobinage (120) qui le fait fonctionner. Des masses métalliques (135) légères et bonnes conductrices de la chaleur, rajoutées entre les aimants (106) qui excitent les pièces polaires (104,105), permettent en outre de drainer la chaleur vers l'extérieur du transducteur.

Elle permet d'augmenter l'efficacité d'un tel transducteur d'un facteur au moins égal à 4.

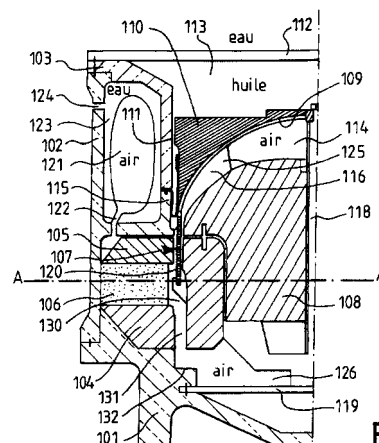


FIG.3

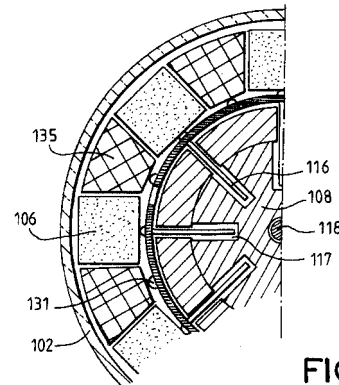


FIG.4

Description

[0001] La présente invention se rapporte aux transducteurs du type électrodynamique qui permettent d'émettre au sein de la mer des ondes acoustiques, plus particulièrement des ondes sonores. Ces transducteurs sont particulièrement utiles en technique sonar.

[0002] On utilise en acoustique sous-marine des poissons remorqués comportant des appareils électroniques et des transducteurs divers pouvant fonctionner en émission, en réception et éventuellement dans les deux modes.

[0003] On sait qu'en basse fréquence, typiquement entre 10 Hz et 1 kHz, pour pouvoir émettre une puissance acoustique suffisante il faut déplacer des masses d'eau importantes, ce qui nécessite un déplacement lui-même important de la face active du transducteur. Ceci amène à utiliser dans ce cas généralement des transducteurs du type électrodynamique, qui comprennent un pavillon entraîné par une bobine mobile située dans un entrefer. Ces transducteurs de ce type sont tout à fait semblables aux haut-parleurs bien connus en acoustique musicale.

[0004] Pour pouvoir obtenir la puissance acoustique fréquemment requise dans certaines applications, compte tenu du niveau sonore à atteindre, qui peut atteindre 150 dB à 10 Hz, on est amené à utiliser des transducteurs présentant des dimensions relativement importantes. Ceci entraîne des contraintes, tant en volume qu'en poids, parce que le transducteur doit être immergé dans la mer en étant placé dans un poisson qui doit naviguer à une immersion prédéterminée.

[0005] La demanderesse a décrit et revendiqué dans un brevet français déposé le 27 mai 1997 sous le n° 97 06457, publié le 04 décembre 1998 sous le n° 2 764 160 et délivré le 27 août 1999, un transducteur électrodynamique de ce type qui permet de délivrer une puissance acoustique importante en présentant un volume et une masse raisonnable, tout en étant particulièrement conçu pour résister aux explosions sous-marines qui se produisent parfois à proximité de tels transducteurs.

[0006] Ce transducteur selon l'art antérieur, représenté sur les figures 1 et 2 annexées, comprend un corps formé d'une embase 101 sur laquelle vient s'emmancher une chemise 102 surmontée d'une coupelle 103. Ces différentes pièces s'emboîtent les unes dans les autres de manière à délimiter des cavités cylindriques de révolution autour de l'axe du transducteur, dans lesquelles viennent s'insérer les autres pièces formant ce transducteur.

[0007] Une première cavité cylindrique délimitée entre l'embase et la chemise permet de maintenir un circuit magnétique formé d'une première et d'une deuxième pièces polaires 104 et 105 en forme de couronnes centrées sur l'axe du transducteur. La première pièce polaire 104 est en forme de L avec la branche intérieure du L qui vient déborder à l'intérieur de la chambre centrale du transducteur. La deuxième pièce polaire 105 est

en forme de rondelle plate. Toutes deux sont maintenues séparées par un jeu d'aimants 106 sur lesquelles elles sont serrées par l'ajustement de la chemise 102 dans l'embase 101. On obtient de cette manière un circuit magnétique qui est seulement interrompu par un entrefer mince 107 présentant la forme d'un cylindre centré sur l'axe du transducteur et venant au ras de la surface latérale intérieure de la coupelle 103.

[0008] L'espace central du corps du transducteur forme une deuxième cavité cylindrique dans laquelle un noyau 108, en forme de champignon, vient s'encaster par sa tige centrale dans l'ouverture circulaire centrale de la pièce polaire 104. La partie inférieure de la tête du noyau, de forme sensiblement hémisphérique, s'appuie sur la partie supérieure de cette même pièce polaire 104.

[0009] L'équipage mobile du transducteur est formé par une pièce creuse 109 ayant la forme d'un dôme coiffant une partie cylindrique qui vient s'engager dans l'entrefer 107. Pour que cette pièce soit à la fois très solide, très légère et très rigide, elle est par exemple formée par un tissu de fibres de carbone noyé dans une matrice en résine. La surface supérieure du dôme 109 est recouverte d'une pièce 110 dont la surface supérieure est sensiblement plate et qui forme le pavillon radiatif du transducteur. Elle est réalisée, pour être elle-même très légère, par exemple en mousse syntactique.

[0010] Le pavillon 110 se comporte donc comme un piston dont la surface extérieure latérale est cylindrique. Ce piston coulisse dans un cylindre formé par la surface intérieure latérale de la coupelle 103, elle-même sensiblement cylindrique. Ces deux pièces, et plus particulièrement le pavillon 110, sont réalisées de manière à présenter un jeu d'ajustage extrêmement réduit, de l'ordre de 0,2 mm par exemple. On forme ainsi un filtre mécanique qui freine la propagation de l'onde de choc pouvant provenir d'une explosion extérieure éventuelle, en laminant dans cet interstice le fluide dans lequel baigne le pavillon.

[0011] Pour protéger le pavillon, la partie supérieure de l'espace central du corps du transducteur est remplie d'un fluide, une huile par exemple, adapté à la fois à cette protection et à la propagation des ondes acoustiques. Pour éviter que cette huile ne s'échappe, l'espace 113 est clos à sa partie supérieure par une membrane 112, qui est fixée sur le pourtour de la coupelle 103.

[0012] Pour permettre le débattement du dôme et du pavillon, la partie inférieure de l'espace central, opposée à la partie où se situe cette huile, est quant à elle remplie d'air. Pour éviter alors que l'huile contenue dans la partie 113 ne vienne rentrer dans la partie 114 remplie d'air, on utilise une autre membrane d'étanchéité 115, en caoutchouc par exemple, beaucoup plus flexible que la membrane 112 et qui est d'une part fixée sur la paroi latérale extérieure du pavillon 110 et d'autre part sur la paroi latérale intérieure de la coupelle 103. Cette fixation s'effectue par pincement entre cette coupelle 103 et la chemise 102. Pour permettre un débattement libre et

correct de cette membrane entre le pavillon et la coupelle, la surface latérale extérieure du pavillon est usinée à ce niveau pour présenter un retrait par rapport à l'ajutage 111, lequel présente le jeu réduit décrit plus haut, et former un espace libre pour la membrane 115.

[0013] En outre, pour que le jeu de l'ajutage 111 puisse être maintenu en dépit des efforts de flexion appliqués sur le dôme 109 et le pavillon 112 lors du débattement de ces pièces quand le transducteur fonctionne avec une puissance d'émission importante, cet ensemble est rigidifié en utilisant un jeu de nervures radiales 116 qui sont réparties sur la périphérie intérieure du dôme 109 et viennent se rejoindre en étoile en dessous de la partie inférieure de la tige du champignon formant le noyau 108. Ces nervures viennent coulisser dans des rainures 117 ménagées dans le noyau 108 et dans la première pièce polaire 104. Ces rainures sont relativement larges au niveau du noyau et sont plus étroites au niveau de la pièce polaire pour minimiser la perte de flux magnétique, qui peut être réduite à une valeur très faible de quelques pour-cent.

[0014] Un axe 118 réunit le centre de la partie supérieure du dôme 109 au centre de l'étoile formée par la réunion des nervures 116, en dessous de la face inférieure du noyau 108. Cet axe permet à la fois de rigidifier l'ensemble et d'assurer son centrage vertical par rapport à l'axe du transducteur. Pour assurer cette deuxième fonction, l'axe est fixé par sa partie inférieure au centre d'un ressort plat 119 lui-même fixé circonférentiellement dans la partie inférieure de l'embase 101. Ce ressort, du type connu sous le nom de « flector », est formé d'une rondelle souple et élastique portant des ouvertures circonférentielles permettant de laisser passer l'air librement dans la partie inférieure de l'espace central du transducteur, entre les deux parties délimitées par le plan de ce ressort. Ce ressort assure non seulement le centrage, mais il évite les mouvements de rotation de l'équipage mobile qui viendraient faire frotter les nervures contre les parois des rainures dans lesquelles elles coulisseraient.

[0015] L'action motrice qui permet de faire mouvoir l'ensemble dôme/pavillon le long de l'axe du transducteur, pour émettre les ondes acoustiques, est obtenue par l'interaction entre le champ magnétique qui circule entre les pièces polaires et celui délivré par une bobine 120 bobinée sur les flancs latéraux de la partie cylindrique inférieure du dôme 109. Cette bobine est donc plongée dans l'entrefer existant entre les deux pièces polaires, ce qui réalise le schéma classique d'un transducteur électrodynamique. Cette bobine est alimentée par des moyens non représentés sur la figure et qui sont connus dans l'art.

[0016] Outre la fonction de rigidification de l'équipage mobile, les nervures 116 servent également de drain thermique sur toute la hauteur de la bobine 120, pour dissiper la chaleur dégagée à ce niveau en la dirigeant vers les autres parties du transducteur.

[0017] La partie 114 interne délimitée par le dôme

109, l'embase 101 dont le fond est fermé, la chemise 102 et la membrane d'étanchéité 115 est remplie d'air pour permettre le débattement de l'équipage mobile, comme on l'a vu plus haut.

[0018] Lorsque l'on immerge le transducteur, sous l'effet de la pression hydrostatique l'équipage mobile s'enfonce vers le fond de l'embase 101 en comprimant le ressort 119 et le volume d'air compris dans cette partie 114. Ce mouvement tend bien entendu à modifier les caractéristiques électroacoustiques du transducteur, en particulier en modifiant les positions respectives de la bobine et des pièces polaires,

[0019] Pour compenser, au moins en partie, cet effet, on utilise un réservoir de compensation, ou chambre à air, 121 formé d'une poche flexible, en caoutchouc par exemple, soumise à la pression du milieu marin et communiquant avec la partie 114 par l'intermédiaire d'un conduit 122. Pour protéger cette chambre à air de l'action des explosions éventuelles se produisant dans le milieu marin, celle-ci est de forme toroïdale et est située dans une autre cavité cylindrique interne 123 qui est délimitée à l'intérieur du transducteur par les parois de la chemise 102 et de la coupelle 103. Cette cavité est donc elle-même toroïdale et fermée et elle entoure l'emplacement du pavillon 110. Pour pouvoir soumettre à la pression marine la chambre à air placée dans cette cavité, on a ménagé sur la paroi extérieure latérale de la chemise 102 des petites ouvertures 124 qui permettent à l'eau de mer de pénétrer dans la cavité 123 et de venir comprimer la chambre à air. De cette manière la chambre à air est protégée contre les agressions extérieures mécaniques par les parois de la cavité où elle est située. En outre le diamètre des ouvertures 124 est prévu pour que les ondes de chocs provenant d'une explosion extérieure éventuelle soit atténuées au passage par ces ouvertures, de manière à ce qu'elles ne présentent aucun danger de surpression au niveau de la chambre à air. Ces ouvertures étant rondes, leur diamètre peut être plus important que l'épaisseur de l'ajutage 111.

[0020] Un tel transducteur fonctionne parfaitement, et résiste par exemple à l'explosion d'une tonne de TNT située à 30m de celui-ci.

[0021] Toutefois, en raison de l'évolution constante des techniques, on est amené à augmenter de plus en plus la puissance acoustique délivrée dans les transducteur de ce type, ce qui se heurte à des limites technologiques provenant plus particulièrement des capacités de dissipation thermique de la chaleur dégagée dans le bobinage de commande de l'équipage mobile.

[0022] En effet, le courant important qui circule alors dans la bobine 120 entraîne un fort échauffement local qui ne peut plus être dissipé correctement par les moyens prévus jusqu'à ce jour, en particulier par les ailettes 116.

[0023] Cet échauffement fini par entraîner une détérioration de la bobine, en particulier au niveau de sa base, c'est à dire du côté opposé au pavillon. Cette détérioration est irréversible et nécessite, lorsqu'elle se pro-

duit, une réparation coûteuse.

[0024] Pour augmenter la dissipation thermique à ce niveau, et éviter ainsi cette détérioration, l'invention propose un transducteur électrodynamique pour acoustique sous-marine, du type comprenant un corps muni de pièces polaires définissant un entrefer, un équipage mobile muni d'un dôme prolongé par un cylindre supportant un bobinage couissant dans cet entrefer, une membrane flexible assurant l'étanchéité entre l'équipage mobile et le corps en déterminant une partie interne emplie d'air, et un pavillon surmontant ledit dôme et couissant dans ledit corps en formant avec celui-ci un ajutage dont la valeur du jeu est fixée de manière à permettre de protéger ladite membrane contre les ondes de choc provenant d'explosions extérieures au transducteur en laminant ces ondes de choc dans ledit ajutage, principalement caractérisé en ce que l'une des dites pièces polaires est muni d'au moins une ouverture permettant la circulation de l'air à l'intérieur de la partie interne pour refroidir efficacement ledit bobinage.

[0025] Selon une autre caractéristique, il comprend en outre une masse conductrice de la chaleur située entre les dites pièces polaires pour drainer vers l'extérieur du transducteur la chaleur dégagée par le bobinage.

[0026] Selon une autre caractéristique, il comprend en outre un ensemble d'aimants placés entre les pièces polaires, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un ensemble de masses conductrices de la chaleur intercalées entre les aimants.

[0027] Selon une autre caractéristique, lesdites masses conductrices de la chaleur sont réalisées en aluminium.

[0028] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description suivante, présenté à titre d'exemple non limitatif au regard des figures annexées qui représentent :

- les figures 1 et 2, des vues en coupe d'un transducteur selon l'art antérieur; et
- les figures 3 et 4 des vues en coupe selon les mêmes conditions d'un transducteur du même type modifié selon l'invention.

[0029] Une analyse poussée du fonctionnement des transducteurs selon l'art antérieur a montré que le mauvais refroidissement de la bobine 120, surtout dans sa partie inférieure, provenait d'une part de ce que la conduction thermique vers le haut de la bobine était insuffisante, et d'autre part qu'il y avait très peu de dissipation locale dans le bas de la bobine par conduction à ce niveau. En effet, la base de la bobine est placée dans une partie 130 de la cavité interne 114, qui est étroite et confinée. De cette manière la masse d'air emprisonnée à ce niveau ne peut pas se renouveler pour permettre un refroidissement efficace par convection, elle est trop faible pour absorber elle-même une quantité suffisante de chaleur, et les dimensions latérales sont néanmoins trop grandes pour permettre une évacuation de la chaleur

vers les pièces polaires par conduction directe à travers cette masse d'air. L'invention propose donc de supprimer le confinement de l'air dans cette partie 130 où est plongée la partie inférieure de la bobine 120 en pratiquant des trous 131 dans le circuit magnétique 104. Ces trous, qui sont dans cet exemple de réalisation sensiblement verticaux, mettent donc en communication la partie 130 de la cavité 114 avec la partie 126 de cette même cavité, située en bas du transducteur sous le noyau 108. La communication supplémentaire créée ainsi entre la partie 125 de la cavité 114, située au-dessus de ce noyau 108 et cette partie 126, permet une circulation de l'air. Celui-ci s'étant échauffé au contact de la bobine 120 vient remonter dans la partie 125, se refroidit par contact avec les différentes pièces massives du transducteur, puis revient dans la partie 126 de la cavité 114 en redescendant par les différents orifices situés dans la partie centrale du transducteur.

[0030] Pour faciliter la réalisation de ces ouvertures 131, l'invention propose, dans l'exemple de réalisation représenté sur les figures 3 et 4, d'usiner la partie inférieure du boîtier 101, à l'intérieur de celui-ci au niveau de la partie 126 de la cavité 114, en fraisant l'intérieur de celle-ci de manière à dégager un épaulement circulaire 132 afin que les trous 131 puissent être eux-mêmes usinés verticalement tout en débouchant dans la partie 126 de la cavité 114.

[0031] Comme en définitive la chaleur dégagée finit par se dissiper dans l'eau de mer qui entoure le transducteur, tout au moins après un certain temps de fonctionnement, l'invention propose, pour améliorer le transfert de la chaleur entre l'intérieur du transducteur, plus particulièrement depuis le volume d'air qui circule au niveau de la partie 130 de la cavité 114, de placer entre les aimants 106 des masses métalliques 135 qui forment des drains thermiques entre l'intérieur du transducteur et le milieu extérieur, par l'intermédiaire de la chemise 102. Ces masses métalliques sont usinées pour offrir un maximum de chemin thermique à la chaleur dégagée en occupant le plus de place possible entre les aimants. Elles sont fabriquées dans un matériau qui soit le plus possible conducteur de la chaleur tout en restant suffisamment léger pour ne pas alourdir la masse du transducteur. Parmi les matériaux les plus convenable à cet usage, on citera l'aluminium. Elles sont maintenues, par exemple par collage, sur la pièce polaire 104, ou éventuellement par pincement entre les pièces polaires 104 et 105 de la même manière que les aimants 106.

[0032] L'expérience a montré qu'un transducteur réalisé de cette manière peut supporter un courant pouvant être au moins 4 fois supérieur au courant admissible dans un transducteur selon l'art connu, sans qu'il soit nécessaire d'apporter aucune modification au reste du transducteur, en particulier à la bobine, et en obtenant des performances identiques, sans aucune dégradation.

Revendications

1. Transducteur électrodynamique pour acoustique sous-marine, du type comprenant un corps (101-103) muni de pièces polaires (104,105) définissant un entrefer (107), un équipage mobile muni d'un dôme (109) prolongé par un cylindre supportant un bobinage (120) coulissant dans cet entrefer, une membrane flexible (115) assurant l'étanchéité entre l'équipage mobile et le corps en déterminant une partie interne (114) remplie d'air, et un pavillon (110) surmontant ledit dôme (109) et coulissant dans ledit corps en formant avec celui-ci un ajutage dont la valeur du jeu (111) est fixée de manière à permettre de protéger ladite membrane contre les ondes de choc provenant d'explosions extérieures au transducteur en laminant ces ondes de choc dans ledit ajutage, **caractérisé en ce que** l'une des dites pièces polaires (104) est muni d'au moins une ouverture (131) permettant la circulation de l'air à l'intérieur de la partie interne (114) pour refroidir efficacement ledit bobinage.

5
10
15
20
2. Transducteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre au moins une masse conductrice de la chaleur (135) située entre les dites pièces polaires (104,105) pour drainer vers l'extérieur du transducteur la chaleur dégagée par le bobinage (120).

25
30
3. Transducteur selon la revendication 2, qui comprend un ensemble d'aimants (106) placés entre les pièces polaires (104-105), **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un ensemble de masses conductrices de la chaleur (135) intercalées entre les aimants.

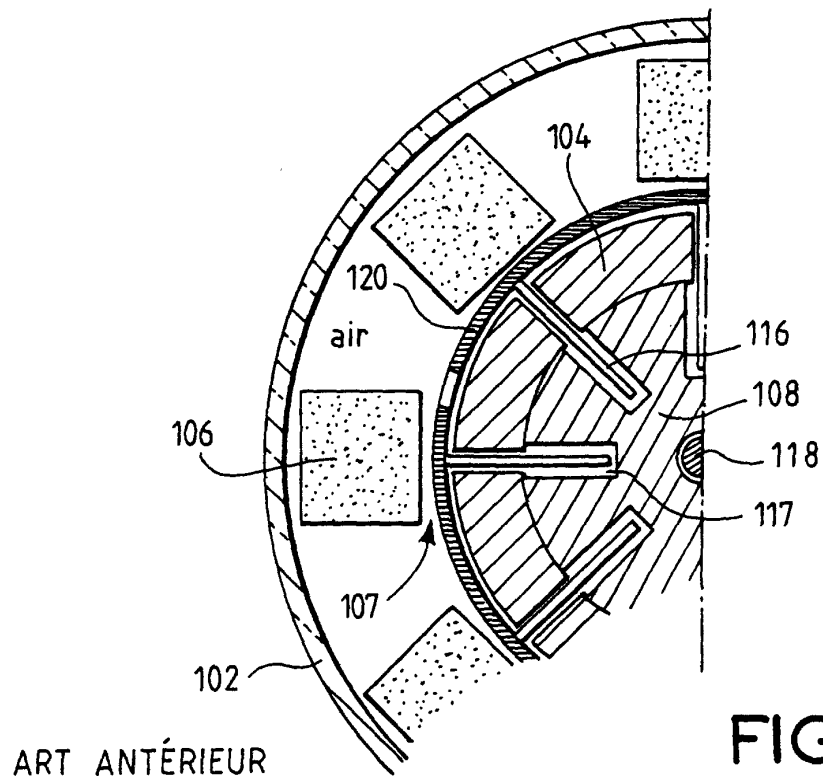
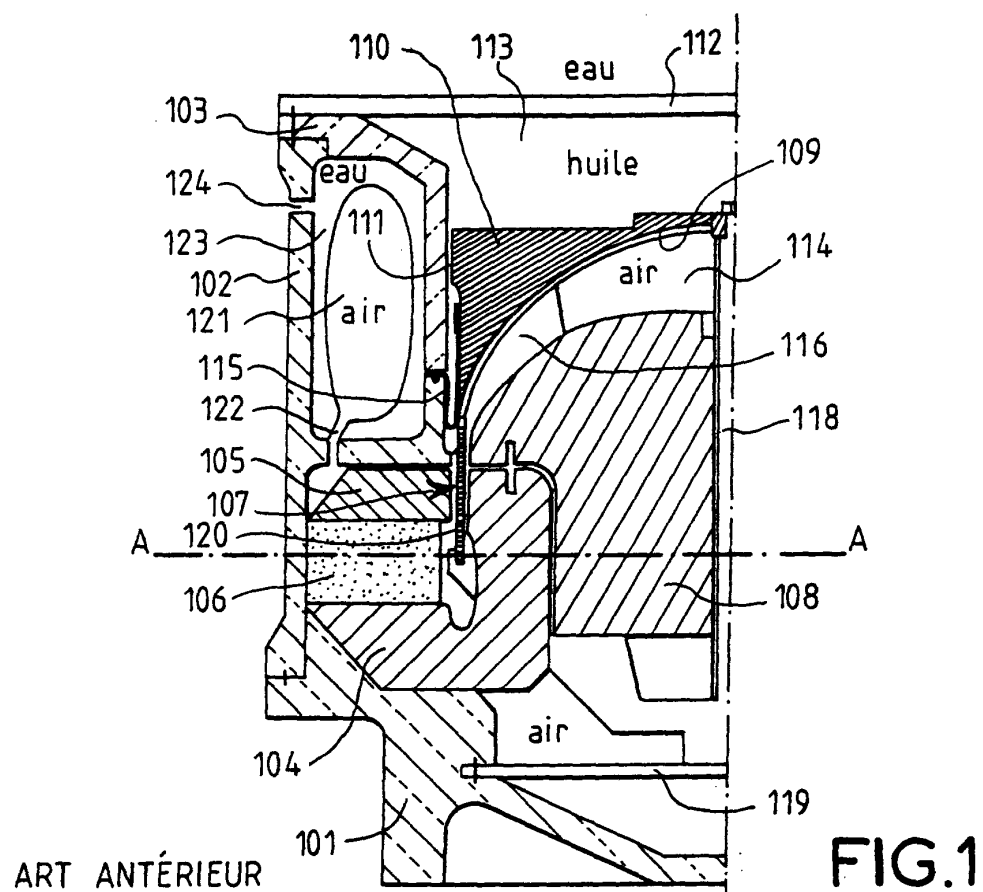
35
4. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, **caractérisé en ce que** lesdites masses conductrices de la chaleur (135) sont réalisées en aluminium.

40

45

50

55



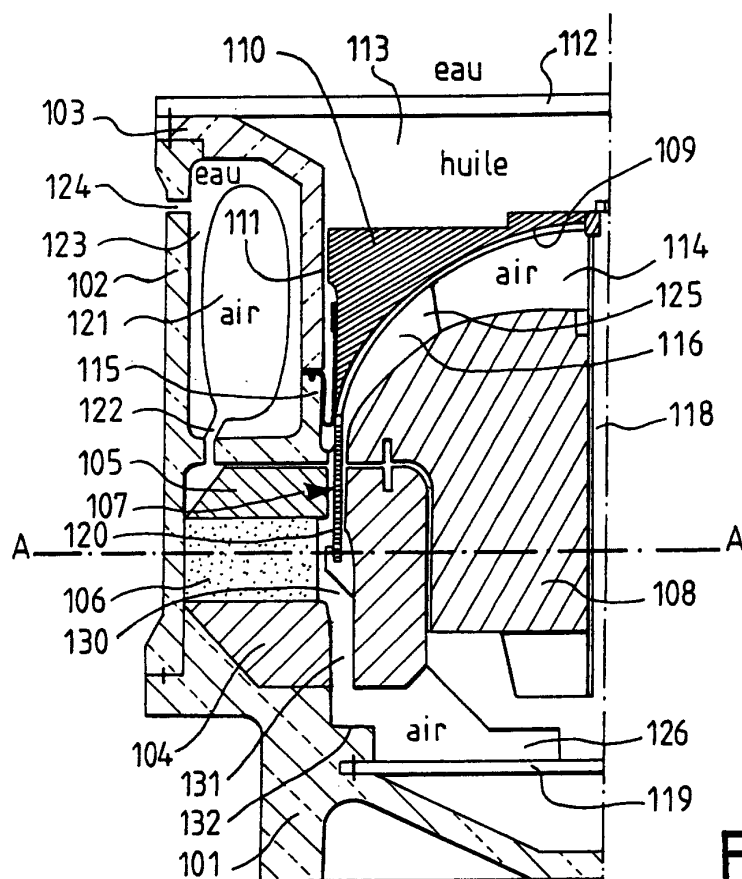


FIG.3

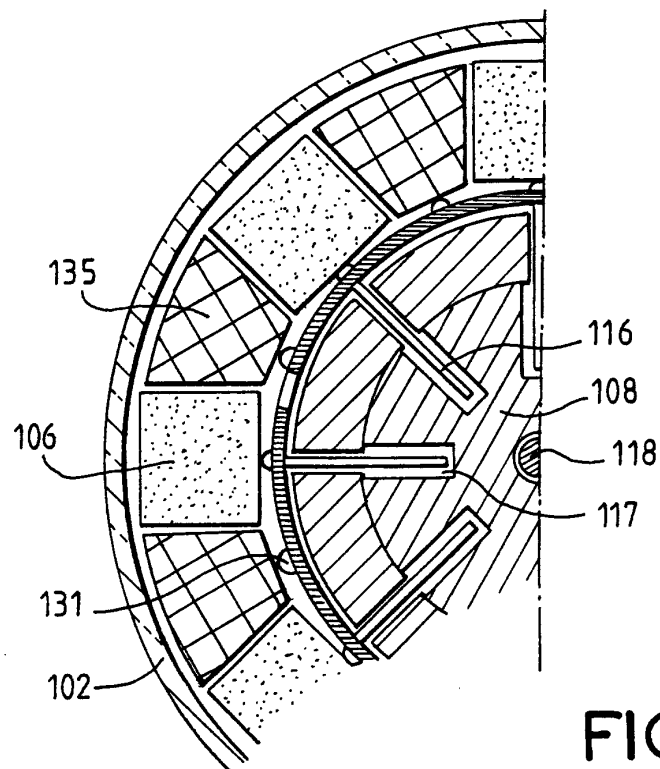


FIG.4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 40 1347

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
D,A	FR 2 764 160 A (THOMSON MARCONI SONAR SAS) 4 décembre 1998 (1998-12-04) * le document en entier *	1	B06B1/04 G10K11/00
A	US 5 111 697 A (JOLIVET JEAN ET AL) 12 mai 1992 (1992-05-12) * colonne 1, ligne 5 - ligne 7 * * colonne 7, ligne 18 - ligne 31 *	1	
A	GB 2 231 153 A (FERRANTI INT SIGNAL ;WESTLEY DAVID IAN (GB)) 7 novembre 1990 (1990-11-07) * page 2, ligne 33 - page 3, ligne 18; revendication 1 *	1	
A	US 5 062 089 A (WILLARD BERNARD ET AL) 29 octobre 1991 (1991-10-29) * colonne 1, ligne 14 - ligne 21 * * colonne 4, ligne 59 - colonne 5, ligne 6 *	1	
A	US 4 736 350 A (MASSA FRANK) 5 avril 1988 (1988-04-05) * colonne 1, ligne 26 - ligne 48; revendication 1 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) B06B G10K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 août 2001	Examineur Lorne, B
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03/92 (P04C02)

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

EP 01 40 1347

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.

20-08-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2764160 A	04-12-1998	EP 0881001 A US 6046962 A	02-12-1998 04-04-2000
US 5111697 A	12-05-1992	FR 2662099 A CA 2036198 A EP 0457666 A JP 2520199 B JP 4229061 A	22-11-1991 19-11-1991 21-11-1991 31-07-1996 18-08-1992
GB 2231153 A	07-11-1990	AUCUN	
US 5062089 A	29-10-1991	US 5047997 A	10-09-1991
US 4736350 A	05-04-1988	US 4660186 A	21-04-1987

EPO FORM P0460

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