

(19)



(11)

EP 1 405 545 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

15.10.2014 Bulletin 2014/42

(51) Int Cl.:

H04R 1/28 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2002/001612

(21) Numéro de dépôt: **02730402.1**

(22) Date de dépôt: **14.05.2002**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2002/093978 (21.11.2002 Gazette 2002/47)

(54) **EMETTEUR DE SON ET PROCEDE D'UTILISATION ASSOCIE**

TONSTRAHLER UND DESSEN ANWENDUNGSVERFAHREN

SOUND EMITTER AND USE METHOD THEREOF

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **15.05.2001 FR 0106379**

(43) Date de publication de la demande:

07.04.2004 Bulletin 2004/15

(73) Titulaires:

- **Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)
75252 Paris Cedex 05 (FR)**
- **De Thoury, Raphael
38410 Saint-Martin D'Uriage (FR)**

(72) Inventeur: **MORKERKEN, Jean-Pierre
75019 PARIS (FR)**

(74) Mandataire: **Robert, Jean-Pierre**

**Cabinet Boettcher
16, rue Médéric
75017 Paris (FR)**

(56) Documents cités:

**FR-A- 664 330 GB-A- 489 588
GB-A- 2 324 928 US-A- 4 733 749
US-A- 5 623 132**

EP 1 405 545 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un émetteur de son du type convertissant un signal électrique en un signal audible, c'est à dire en une onde de pression rayonnant dans l'atmosphère.

[0002] On connaît des émetteurs du type comprenant au moins un haut-parleur monté sur la paroi d'une enceinte, une face de la membrane rayonnant dans l'air extérieur, tandis que l'autre face rayonne dans l'enceinte.

[0003] L'enceinte est en général pourvue d'un événement mettant l'intérieur de l'enceinte en communication avec l'extérieur et permettant le rayonnement vers l'extérieur d'ondes de pression générées par la membrane rayonnant dans l'enceinte.

[0004] Un tel émetteur de son est connu de US 5,623,132.

[0005] L'événement forme le goulot d'un résonateur de Helmholtz, dont le réservoir est constitué par l'enceinte. Selon une propriété bien connue de ce type de résonateur, l'onde de pression rayonnée à la sortie de l'événement est en opposition de phase avec l'onde de pression rayonnée par la membrane dans l'enceinte. L'onde de pression rayonnée à la sortie de l'événement est donc en phase avec l'onde de pression rayonnée par la face de la membrane tournée vers l'extérieur de l'enceinte, de sorte que les effets des deux ondes de pression s'ajoutent pour augmenter la puissance acoustique restituée.

[0006] On sait qu'un tel résonateur possède une fréquence caractéristique représentant une limite basse pour la fréquence des sons transmissibles par le résonateur. Cette fréquence caractéristique varie en raison de la section de l'événement et en raison inverse du volume de l'enceinte et de la longueur de l'événement.

[0007] Pour baisser la fréquence caractéristique du résonateur et ainsi permettre la transmission de sons de fréquence très basse, il faudrait augmenter le volume de l'enceinte, ce qui se révèle encombrant, ou augmenter la longueur de l'événement, ce qui rend compliqué son positionnement dans l'enceinte, ou encore diminuer la section de l'événement. Dans ce dernier cas, on constate que la puissance sonore de l'émetteur diminue.

[0008] Un but de l'invention est de proposer un émetteur de son disposant d'un meilleur rendement que les émetteurs de son connus, notamment dans les basses fréquences.

[0009] A cet effet, on propose un émetteur de son tel que décrit dans la revendication 1 et comprenant au moins un haut-parleur pourvu d'une membrane vibrante et monté sur la paroi d'une enceinte de sorte qu'une face de la membrane du haut-parleur rayonne dans l'enceinte, l'enceinte étant pourvue d'un événement formant conduit entre un débouché dans l'intérieur de l'enceinte et un débouché à l'extérieur de l'enceinte, l'événement comportant selon l'invention des moyens d'atténuation de turbulence aérodynamique au niveau d'au moins un des débouchés, cette turbulence étant consécutive à un écoulement d'air dans l'événement provoqué par des déplacements de la mem-

brane de grande amplitude.

[0010] Par grande amplitude, on entend un déplacement de la membrane suffisant pour provoquer un déplacement de l'air dans l'événement non négligeable par rapport aux dimensions de l'événement.

[0011] Dans de telles conditions, et en l'absence des adaptations apportées par l'invention, l'écoulement en sortie de l'événement au niveau des débouchés est essentiellement turbulent, ce qui d'une part dissipe inutilement de l'énergie et d'autre part détériore le rendement de l'émetteur de son.

[0012] L'événement selon l'invention permet de minimiser la production de turbulences au niveau des débouchés, de sorte que le rendement de l'émetteur de son s'en trouve amélioré.

[0013] Il a été ainsi constaté que l'événement selon l'invention permet une amélioration spectaculaire de la restitution du son dans les basses fréquences, permettant même, à l'encontre de ce qui est habituellement expérimenté en acoustique, d'obtenir un excellent rendement pour des fréquences inférieures à la fréquence caractéristique du résonateur de Helmholtz formé par l'enceinte et l'événement.

[0014] Une analyse attentive de ce phénomène a conduit l'inventeur à émettre l'hypothèse que l'onde de pression obtenue en sortie de l'événement dans ces conditions n'est plus une onde obtenue de manière classique, c'est à dire en mettant en vibration le ressort formé par l'air de l'enceinte et la masse que forme l'air dans l'événement. Aux basses fréquences, l'air dans le résonateur se comporte plutôt comme un fluide incompressible. Il semble alors que l'onde de pression générée par un émetteur selon l'invention est le résultat de déplacements macroscopiques de l'air quasi incompressible dans l'événement qui crée un rayonnement dans l'air extérieur.

[0015] L'adaptation des formes de l'événement selon l'invention a ainsi permis de mettre à jour un nouveau mode de création d'ondes acoustiques ne dépendant pas de l'élasticité de l'air, ce nouveau mode étant particulièrement adapté à la transmission des basses fréquences. Pour la suite, on donnera à ce phénomène le nom de rayonnement convectif.

[0016] Les moyens d'atténuation de la turbulence sont constitués par des formes internes du conduit et/ou des débouchés, agencées pour permettre un écoulement régulier de l'air dans l'événement.

[0017] Par régulier, on entend que l'écoulement tend vers un écoulement de type monodimensionnel dans la section de sortie de l'écoulement. On s'attachera à rendre cet écoulement aussi laminaire que possible, en prévoyant des sections de passage évoluant progressivement, sans aspérités.

[0018] selon l'invention, au moins un des débouchés a une forme s'évasant vers son extrémité.

[0019] Ainsi, dans le cas d'un écoulement allant de l'intérieur de l'enceinte vers l'extérieur, le débouché intérieur présente une forme convergente qui permet la mise en vitesse progressive de l'air de l'enceinte au voisinage de

l'évent afin qu'il puisse s'y écouler de façon régulière, sans formation de turbulence, et donc en minimisant les pertes d'énergie.

[0020] Pour le même sens d'écoulement, un débouché extérieur s'évasant permet de ralentir l'air s'échappant de l'évent, et donc de diminuer les turbulences en sortie. On peut ainsi étrangler le conduit pour diminuer la fréquence caractéristique du résonateur tout en offrant en sortie une surface de rayonnement appréciable à l'onde de pression, non limitée à la section du conduit.

[0021] Cette possibilité d'étranglement permet, pour une même fréquence caractéristique, de donner au volume de l'enceinte des dimensions bien plus compactes que celle des émetteurs actuels.

[0022] Par ailleurs, selon un phénomène bien connu en mécanique des fluides, le ralentissement de l'air obtenu par la forme divergente du débouché extérieur permet de transformer la variation énergie cinétique correspondante de l'air en un supplément de pression. On transforme ainsi une énergie cinétique qui n'a aucune utilité acoustique en une pression qui elle a un effet acoustique, ce qui permet d'améliorer encore le rendement de l'émetteur de son.

[0023] Dans tout ce document, intérieur et extérieur sont relatifs à l'enceinte, tandis, que convergent et divergent sont relatifs à un sens d'écoulement de l'air de l'intérieur vers l'extérieur de l'enceinte, étant entendu que l'air s'écoule alternativement dans un sens puis dans l'autre au rythme des déplacements alternés de la membrane.

[0024] Enfin, selon l'invention, le débouché s'évasant a un profil en section présentant une concavité terminale tournée vers l'intérieur du débouché.

[0025] Un guide d'onde acoustique présentant un profil partiellement similaire est connu de EP-A-0 984 662.

[0026] Ainsi, le débouché forme une tuyère permettant une sortie de l'air canalisée, sans décrochement des filets d'air de la paroi du débouché.

[0027] Selon un agencement particulier, l'évent est équipé entre les débouchés intérieur et extérieur d'une chambre de tranquillisation.

[0028] Cette chambre permet de diminuer encore plus les turbulences de l'écoulement, et ainsi encore augmenter le rendement de l'émetteur de son.

[0029] Selon un aspect avantageux, la chambre de tranquillisation forme un renvoi d'angle entre le débouché intérieur et le débouché extérieur. Cette disposition permet de réaliser des événements compacts.

[0030] De préférence, au moins l'un des débouchés a un diamètre adapté pour rendre l'écoulement d'air laminaire au niveau du débouché.

[0031] Pour exploiter au mieux ces phénomènes nouvellement mis en évidence, l'inventeur en est venu à la conclusion qu'au lieu de chercher à canaliser le flux uniquement dans l'évent, il serait bien plus profitable de canaliser le flux dès l'abord immédiat de la membrane.

[0032] L'invention a en conséquence également trait à un nouveau type d'émetteur de son tel que décrit dans

la revendication 6 et comportant au moins une membrane vibrante montée dans un corps comportant un conduit en communication avec l'extérieur par une partie terminale et dans lequel une face de la membrane rayonne, le conduit comportant des moyens d'atténuation de turbulence aérodynamique au niveau de la partie terminale lors d'un écoulement d'air dans le conduit provoqué par des déplacements de la membrane de grande amplitude.

[0033] Ainsi, contrairement aux habitudes universellement établies dans le domaine de l'acoustique, l'inventeur ne cherche plus seulement à créer des ondes de pression en jouant sur l'élasticité de l'air dans le corps, mais également à guider un flux d'air mis en mouvement par la membrane vers l'extérieur avec le moins de turbulence possible de sorte que ce flux agisse en piston en sortie du corps et crée une onde de pression dans l'air ambiant sous l'effet des déplacements macroscopiques de ce piston d'air, par le phénomène de rayonnement convectif.

[0034] Les moyens d'atténuation de la turbulence sont constitués par des formes internes du conduit, ces formes étant agencées pour permettre un écoulement régulier de l'air dans le conduit, et le conduit possède une partie terminale s'évasant et présentant un profil en section concave de concavité tournée vers l'intérieur de la partie terminale.

[0035] Cette partie divergente permet, à l'instar de ce qui a été expliqué pour l'évent, de transformer en pression au moins une partie de l'énergie cinétique de l'air mis en mouvement par la membrane.

[0036] Selon une disposition préférée, l'émetteur de son comprend deux haut-parleurs ayant chacun une membrane vibrante, et montés dans un corps de telle sorte que les membranes se font face et soient électriquement reliées en opposition de phase, les faces des membranes se faisant face rayonnant dans le conduit interne.

[0037] Les membranes cumulent leur effet sur le déplacement d'air dans le conduit. Pour un déplacement d'air et donc pour une puissance acoustique donnée, les membranes ont un déplacement diminué, ce qui permet de reculer le seuil de puissance au delà duquel les membranes ou les organes mobiles associés arrivent en butée.

[0038] L'inventeur s'est aperçu que les haut-parleurs actuels ont une forme peu adaptée à permettre un écoulement laminaire de l'air, spécialement du côté de la membrane coopérant avec le moteur.

[0039] Ainsi, l'invention peut être appliquée à un haut-parleur comprenant une membrane vibrante montée sur un support et actionnée par un moteur lié au support, le moteur et le support ayant des formes aérodynamiques aptes à occasionner le moins de turbulences possible dans le flux d'air généré par le déplacement de la membrane et baignant le moteur et le support.

[0040] Enfin, l'invention a pour objet un procédé d'utilisation de l'émetteur de son décrit ci-dessus. Ce procédé revient à provoquer un déplacement alterné et convectif

d'air contenu dans un conduit possédant une sortie sur l'extérieur et à transformer au moins partiellement l'énergie cinétique ainsi communiquée à l'air en pression au niveau de la sortie du conduit.

[0041] Par déplacement convectif, on entend un déplacement d'ensemble de l'air d'amplitude non négligeable par rapport aux dimensions du conduit. Par alterné, on entend un déplacement dans un sens puis dans l'autre, au rythme imposé par l'organe provoquant le déplacement d'air.

[0042] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui suit de modes de réalisation particuliers non limitatifs de l'invention en référence aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe d'un émetteur de son selon l'invention.
- la figure 2 est une vue partielle agrandie de la figure 1 illustrant un événement équipant l'émetteur de son selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue analogue à la figure 2 d'un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue analogue à la figure 2 d'une variante du mode de réalisation illustré à la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue analogue à la figure 2 d'un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 est une vue en coupe axiale d'un émetteur de son selon l'invention ;
- la figure 7 est une vue en coupe axiale d'un émetteur de son selon l'invention ;
- la figure 8 est une vue en coupe axiale d'un émetteur de son selon l'invention ;
- la figure 9 est une vue en coupe axiale d'un haut-parleur selon l'invention.

[0043] En référence aux figures 1 et 2, un émetteur de son selon l'invention comporte de façon connue en soi un haut-parleur 1, ici du type électrodynamique à membrane vibrante monté sur la paroi d'une enceinte 2 de telle sorte qu'une face de sa membrane rayonne à l'extérieur, tandis qu'une autre face rayonne à l'intérieur de l'enceinte 2. L'enceinte comporte un événement 3 de forme tubulaire d'axe X et comportant un débouché 4 à l'intérieur de l'enceinte 2, un conduit 5 ici réduit à un simple col ou étranglement, et un débouché 6 à l'extérieur de l'enceinte 2.

[0044] Le débouché intérieur 4 forme un collecteur convergent guidant l'air de l'enceinte 2 forcé à s'échapper de cette dernière du fait du déplacement de la membrane du haut-parleur 1 vers l'intérieur de l'enceinte 2. Le conduit 5 forme un col limitant la section de passage de l'événement 3 et jouant le rôle du goulot d'un résonateur de Helmholtz dont l'enceinte 2 constitue le réservoir. Le débouché extérieur 6 constitue un diffuseur divergent.

[0045] Le fonctionnement de l'émetteur de son est le suivant.

[0046] Pour les sons de fréquence moyenne ou haute,

les ondes de pression sont générées essentiellement du fait de la compressibilité de l'air dans l'enceinte. Le déplacement de l'air dans l'événement 3 n'est pas notable vis à vis des dimensions internes de l'événement 3. L'ensemble se comporte comme un résonateur classique.

[0047] Pour des puissances provoquant des grands déplacements de la membrane, la pression dans l'enceinte varie dans de grandes proportions et l'air subit alors des déplacements dans l'événement 3 qui ne sont plus négligeables par rapport aux dimensions de l'événement 3.

[0048] Les formes internes de l'événement 3 permettent une mise en mouvement de l'air selon un écoulement régulier sensiblement monodimensionnel. L'air est d'abord mis en vitesse par le débouché intérieur 4, puis passe par le conduit central 5 en un écoulement régulier, et est canalisé en jet vers l'extérieur par le débouché extérieur 6.

[0049] L'écoulement régulier ainsi réalisé permet d'une part de minimiser les pertes d'énergie sous forme de turbulences et frottements internes. Il permet d'autre part d'éviter des turbulences excessives en sortie du débouché extérieur 6, qui dans les événements classiques sont responsables d'un bruit de fond détériorant la restitution des sons. On constate ainsi que la présence d'un événement 3 selon l'invention a un effet régularisant sur toute la plage de fréquences de fonctionnement de l'émetteur de son, et augmente ainsi globalement le rendement de l'émetteur de son.

[0050] A cet égard, les formes internes de l'événement 3 suivront un profil lentement évolutif, la paroi de l'événement 3 étant aussi exempte que possible d'aspérités susceptibles de provoquer des turbulences. Les bords d'entrée des débouchés auront un profil adouci, pour éviter les effets de sifflet.

[0051] Selon un aspect remarquable de l'invention, le débouché extérieur 6 a une forme divergente. Cette forme permet un ralentissement de l'air en sortie d'événement 3 conformément au principe de conservation du débit de l'écoulement, et donc une diminution des turbulences de jet dans l'extérieur. Cette caractéristique permet de diminuer le diamètre du conduit 5 pour accorder le résonateur d'Helmholtz à des fréquences très basses, tout en assurant une faible vitesse d'écoulement de l'air vers l'extérieur et en gardant le volume de l'enceinte dans des dimensions raisonnables. La section de sortie du débouché extérieur 6 pourra ainsi dépasser la moitié de la surface de la membrane du haut-parleur 2, tandis que le diamètre du conduit 5 pourra être diminué dans des proportions considérables.

[0052] La forme divergente permet par ailleurs de convertir en pression l'énergie cinétique correspondant au ralentissement de l'air. Cette caractéristique est spécialement intéressante lors de l'émission de sons de basses fréquences, pour lesquelles on sait qu'une partie importante de l'énergie fournie à la membrane du haut-parleur est transformée en énergie cinétique d'ensemble de l'air dans l'événement. Or cette énergie cinétique ne participe aucunement aux phénomènes acoustiques. Grâce à cette conversion, on récupère ainsi une partie de l'énergie

cinétique de l'air pour la convertir en pression qui elle intéresse les phénomènes acoustiques.

[0053] De façon remarquable, le débouché extérieur 6 a une portion d'extrémité ayant un profil concave, de concavité tournée vers l'intérieur du débouché. Le débouché agit ainsi à la manière d'un diffuseur ou d'une tuyère, canalisant l'air sans décrochement violent des filets d'air de la paroi au moment de sortir de l'évent.

[0054] On remarquera que les pavillons exponentiels parfois utilisés comme adaptateurs d'impédance en sortie des haut-parleurs ne permettent pas d'effectuer cette conversion. En effet, les pavillons de ce type ont un profil convexe impropre à assurer un écoulement laminaire monodimensionnel. Aux grandes vitesses d'écoulement atteintes aux basses fréquences sous forte amplitude, l'air décroche prématurément de la surface du pavillon et part en tourbillons. Le rendement acoustique s'effondre.

[0055] Il a été constaté que l'évent 3 selon l'invention permet d'améliorer sensiblement le rendement de son pour toutes les fréquences au delà de la fréquence caractéristique du résonateur de Helmholtz. De manière spectaculaire, l'évent permet également d'obtenir une transmission des sons de fréquence inférieure à la fréquence caractéristique du résonateur, avec un rendement excellent. Cet effet semble pouvoir être expliqué par le rayonnement convectif, comme cela a été détaillé dans la partie introductive de la demande.

[0056] La figure 3 est relative à un second mode de réalisation de l'invention, dans lequel l'émetteur de son est équipé d'un événement à chambre de tranquillisation.

[0057] L'évent 13 comporte un débouché intérieur 14 convergent et un débouché extérieur 16 divergent. Une chambre de tranquillisation 15 est disposée entre les débouchés 14, 16 et communique avec le débouché intérieur 14 par un col 17 et avec le débouché extérieur par un col 18.

[0058] La chambre de tranquillisation 15 permet d'une part de régulariser le flux d'air en le ralentissant après le passage du col 17 afin d'amortir toute turbulence qui aurait pu naître en amont du col 17. L'air est de nouveau accéléré en sortie de la chambre de tranquillisation 15 par le col 18 puis ralenti par le débouché extérieur divergent 16. Selon les dimensions de la chambre de tranquillisation 15, on pourra provoquer un ralentissement de l'air dans cette dernière plus ou moins accentué.

[0059] La chambre de tranquillisation 15 forme d'autre part avec le col 18 un second résonateur de Helmholtz en série avec le premier résonateur formé par l'enceinte 2 et le col 17. On sait qu'un résonateur de ce type a la propriété d'inverser la phase de l'onde de pression par rapport au mouvement de la membrane du haut-parleur 1. Le deuxième résonateur permet d'inverser à nouveau cette phase pour rendre l'onde de pression en phase avec les mouvements de la membrane.

[0060] Le second résonateur rayonne non seulement vers l'extérieur par le col 18, mais également à l'intérieur de l'enceinte 2 via le col 17. Ce rayonnement réfléchi a

pour propriété de réguler les mouvements de la membrane du haut-parleur 1, et permet ainsi d'augmenter le seuil de puissance au delà duquel les organes mobiles du haut-parleur viennent en butée, ce qui est particulièrement intéressant aux basses fréquences. En quelque sorte, la chambre de tranquillisation 15 raidit la membrane.

[0061] On pourra apporter toute variante à l'émetteur de son tel que décrit précédemment sans départir du cadre fixé par les revendications.

[0062] En particulier, bien que l'on ait essentiellement décrit l'écoulement d'air de l'intérieur de l'enceinte vers l'extérieur correspondant à un mouvement de la membrane vers l'intérieur de l'enceinte, il est évident que pour un mouvement de la membrane vers l'extérieur de l'enceinte, l'écoulement aura lieu de l'extérieur vers l'intérieur de l'enceinte. Dans ce cas, le débouché intérieur de l'évent joue le rôle du débouché extérieur, et vice-versa. On réalisera de préférence des événements de forme symétrique entre l'amont et l'aval, bien que des formes non symétriques réalisées selon l'invention fonctionnent également.

[0063] Bien que l'on ait décrit ici un événement tubulaire d'axe moyen rectiligne, on pense également à des événements ayant une ligne moyenne courbe, la courbure étant néanmoins assez faible pour garantir un écoulement le plus laminaire possible.

[0064] Si, pour des contraintes d'encombrement, on doit réaliser un événement franchement coudé, on utilisera de préférence un événement à chambre de tranquillisation de laquelle partiront les parties amont et aval selon des directions arbitraires. Ainsi que cela est illustré à la figure 4 à titre d'exemple, les parties amont 14 et aval 16 sont issues de la chambre de tranquillisation 15 selon des directions sensiblement normales entre elles. La chambre de tranquillisation est ainsi utilisée comme un amortisseur permettant le renvoi d'angle tout en minimisant les pertes aérodynamiques.

[0065] Bien que l'on ait illustré l'évent comme étant placé essentiellement à l'extérieur de l'enceinte, l'invention s'applique encore à un événement placé essentiellement dans l'enceinte.

[0066] Bien que l'on ait illustré l'évent comme ayant une forme tubulaire, l'invention s'applique encore à un événement ayant une section annulaire évolutive, ainsi que cela est illustré à la figure 5 où l'évent 23 est composé d'une partie extérieure tubulaire 21 et d'un noyau intérieur 22 lié à la partie extérieure par des moyens de liaison non représentés et définissant un canal annulaire pour l'écoulement de l'air.

[0067] Dans les modes de réalisation illustrés en relation avec les figures 1 à 5, on s'attachera de préférence à ce que l'écoulement soit laminaire au moins au niveau des débouchés, ce y compris pour des amplitudes importantes de déplacement de membrane. A cet effet, on retiendra un diamètre de la section de sortie du débouché assez important pour obtenir cet écoulement laminaire.

[0068] Selon un autre aspect de l'invention, on cherche

à contrôler le flux d'air non plus seulement dans l'évent, mais dans l'enceinte.

[0069] En référence à la figure 6, un émetteur de son selon l'invention comporte un haut-parleur 30 placé dans un corps 31, le corps 31 ayant des formes internes aptes à conduire de façon laminaire un flux d'air généré par le mouvement de la membrane du haut-parleur 30.

[0070] Le corps 31 comporte d'un côté de la membrane du haut-parleur 30 un conduit 32 divergent. Le conduit 32 guide l'air poussé ou aspiré par la membrane du haut-parleur en un flux sensiblement monodimensionnel, la vitesse de l'air variant par rapport à la vitesse de déplacement de la membrane dans le rapport inverse des sections au fur et à mesure de l'éloignement de la membrane. Corrélativement, la pression augmente au droit de la section de sortie en relation avec la diminution de vitesse. On récupère ainsi une partie d'énergie cinétique de l'air que l'on transforme en pression, tandis que l'on évite les turbulences qui naissent généralement au niveau du bord de la membrane lorsque celle-ci rayonne directement dans l'air.

[0071] On pourrait ainsi théoriquement envisager des sections de sortie du conduit 32 si importante que la vitesse de sortie de l'air s'annule et est entièrement convertie en pression. En pratique, on retiendra des sections de sortie de l'ordre d'au moins 50% de la surface de la membrane, avec lesquelles il a été mesuré des gains de plusieurs décibels aux basses fréquences.

[0072] De l'autre côté, le corps 31 comporte un conduit 33 de type convergent/divergent.

[0073] Le conduit 33 assure également une fonction de guidage du flux d'air généré par l'autre face de la membrane lors du déplacement de cette dernière.

[0074] La forme convergente/divergente avec un étranglement intermédiaire 34 permet de créer un volume interne délimité d'une part par la membrane du haut-parleur 30 et d'autre part par l'étranglement 34 séparant la partie convergente de la partie divergente du conduit 33. Ce volume constitue avec l'étranglement 34 un résonateur de Helmholtz.

[0075] Il faut alors distinguer deux modes de fonctionnement. Lorsque le son émis a une fréquence supérieure à la fréquence caractéristique du résonateur ainsi constitué, le résonateur joue son rôle de générateur d'ondes et inverse la phase de l'onde qui est rayonnée en sortie du conduit 33, de sorte que l'onde rayonnée à la sortie du conduit 33 est en phase avec l'onde rayonnée à la sortie du conduit 32. Par rapport à une enceinte de forme classique, il a été constaté que la forme interne fuselée du corps permet un gain supérieur à 7 décibels.

[0076] Lorsque la fréquence du son émis est inférieure à la fréquence caractéristique du résonateur, le conduit 33 joue le rôle d'un guide pour l'écoulement d'air. L'onde de pression n'est alors pas créée par le résonateur, mais par le déplacement alterné de l'air présent dans le conduit de façon à créer un rayonnement convectif dans l'air ambiant. Afin de limiter les turbulences au niveau de la partie terminale 35 du conduit 33, on donne à celle-ci une forme

de diffuseur ou de tuyère, c'est à dire avec un profil en section présentant une concavité tournée vers l'intérieur du conduit. De même, le bord de la partie terminale du conduit 33 seront adoucis pour éviter toute turbulence générant des bruits lors d'un écoulement d'air entrant.

[0077] La phase de l'onde de pression ainsi créée n'est plus inversée, de sorte que l'onde sortant du conduit 33 est en opposition de phase de celle sortant du conduit 32. On peut penser alors que les deux ondes voient ainsi leurs effet s'annuler. Mais par rapport à une onde créée par une membrane rayonnant dans l'air ambiant, il a été constaté que l'onde générée à la sortie du conduit 33 est spectaculairement plus forte de plusieurs décibels. Il importe donc peu que les deux ondes sortant soient en opposition de phase, la différence de niveau sonore empêchant l'une d'annuler l'autre.

[0078] Selon un deuxième mode de réalisation illustré à la figure 7, l'émetteur de son comporte cette fois un excitateur constitué de deux haut-parleurs 40.1 et 40.2 montés de façon que leurs membranes se font face, les haut-parleurs étant de préférence électriquement branchés en opposition de phase pour imposer aux membranes un mouvement alterné d'éloignement et de rapprochement.

[0079] L'émetteur de son comporte un premier conduit 41 de forme axisymétrique s'étendant autour d'un axe X normal aux membranes dans lequel rayonne la face arrière de la membrane du haut-parleur 40.2, et présentant deux étranglements successifs 42 et 43 ainsi qu'une sortie divergente 44. La partie de conduit située entre les étranglements 42 et 43 forme une chambre de tranquillisation, à l'instar de la chambre 15 équipant l'évent selon l'invention.

[0080] L'émetteur de son comporte par ailleurs un second conduit 45 de forme annulaire s'étendant autour du premier conduit 41 et dans lequel rayonnent les faces en regard des deux membranes. Le conduit 45 comporte un étranglement 46 et une sortie divergente 47.

[0081] La face arrière de la membrane du haut-parleur 40.1 rayonne dans l'air, mais la puissance qu'elle rayonne est négligeable par rapport à celle rayonnée par l'intermédiaire des conduits 41 et 45.

[0082] En fonctionnement en moyenne et haute fréquence, le conduit 41 forme un double résonateur de Helmholtz, tandis que le conduit 45 forme un simple résonateur de Helmholtz. En vertu de l'excitation en opposition de phase, les ondes de pression sortant des conduits 41 et 45 sont en phase.

[0083] Dans un fonctionnement à basse fréquence, en dessous des fréquences caractéristiques des résonateurs ainsi formés, on crée deux écoulements d'air macroscopiques qui génèrent des ondes de pression en sortie des parties divergentes 44 et 47. Ces ondes de pression sont en opposition de phase, mais il semble que l'un des flux, en l'occurrence celui du conduit 45, a un effet plus important que l'autre, de sorte que l'onde sortant du conduit 45 est prépondérante. L'air contenu dans l'autre flux a plutôt un effet de contre-réaction qui régule

les mouvements des deux membranes.

[0084] Il a été ainsi constaté que la puissance transmissible avant saturation des haut-parleurs (c'est-à-dire avant d'atteindre la butée mécanique des organes mobiles des haut-parleurs) est augmentée de façon importante par rapport à un fonctionnement à l'air libre. Par ailleurs, le gain de l'émetteur est sensiblement amélioré par rapport à un émetteur classique, et spectaculairement augmenté dans les basses fréquences.

[0085] Selon un troisième mode de réalisation illustré à la figure 8, l'émetteur de son comporte deux haut-parleurs 50.1 et 50.2 montés de façon similaire aux haut-parleurs 40.1 et 40.2 du mode de réalisation précédent. Les faces des membranes rayonnant vers l'extérieur sont chacune associées à un conduit divergent en forme de diffuseur 51.1 et 51.2 s'étendant selon un axe X normal aux membranes, les faces des membranes se faisant face étant elles associées à un conduit de type convergent/divergent 52 remarquable en ce qu'il possède une symétrie de révolution autour de l'axe X. Le conduit 52 possède ainsi un étranglement annulaire 53 formant le goulot d'un résonateur de Helmholtz.

[0086] Dans les modes de réalisation illustrés en relation avec les figures 6 à 8, on s'attachera de préférence à ce que l'écoulement soit laminaire au moins au niveau de la section de sortie du conduit, ce y compris pour des amplitudes importantes de déplacement de membrane. A cet effet, on retiendra un diamètre de la section de sortie assez important pour obtenir cet écoulement laminaire.

[0087] Selon un exemple non revendiqué et en référence à la figure 9, un haut-parleur comprend une membrane 60 montée sur un support 61 de forme tubulaire avec une paroi interne lisse, le support comportant des bras 62 pour retenir un moteur installé dans un carénage 63 fuselé. Le moteur possède un organe d'actionnement 84 coopérant avec la membrane pour lui imposer des déplacements alternés, et ainsi provoquer le déplacement macroscopique de l'air situé de part et d'autre de la membrane. Ainsi que cela est illustré en pointillés sur la figure 9, la face interne est destinée à être raccordée à un corps fuselé pour canaliser l'écoulement d'air ainsi produit. Les formes des profilés 62 et du carénage 63 sont choisies pour provoquer le minimum de turbulences dans le flux d'air les baignant.

[0088] On pourra en variante non représentée séparer le moteur en deux parties installées de part et d'autre de la membrane dans des carénages fuselés.

[0089] L'invention n'est pas limitée aux modes particuliers de réalisation qui viennent d'être décrits, mais bien au contraire entend couvrir toute variante qui par l'utilisation de moyens équivalents, entre dans le cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

[0090] Bien que l'on ait illustré l'excitateur de l'émetteur de son comme étant constitué par la membrane d'un haut-parleur, l'invention pourra être appliquée plus généralement à tout excitateur pouvant créer un déplacement macroscopique d'air, comme un piston se dépla-

çant dans un cylindre.

[0091] Bien que les moyens d'atténuation de la turbulence ait été décrits comme étant essentiellement constitués de formes internes aérodynamiques permettant un écoulement régulier, tout dispositif permettant par exemple un recollement de la couche limite comme un volet ou un dispositif de succion pariétale, ou encore un dispositif d'amortissement des turbulences comme une paroi pulsante forment des moyens d'atténuation selon l'invention. Enfin, l'invention englobe tout moyen d'adaptation de la forme du conduit ou de l'évent en fonction du régime de fonctionnement de l'émetteur de son (puissance, fréquence), et/ou des conditions ambiantes (température, bruit de fond...).

Revendications

1. Emetteur de son comprenant une enceinte et au moins une membrane vibrante montée sur la paroi de l'enceinte (2) de sorte qu'une face de la membrane rayonne dans l'enceinte (2), l'enceinte (2) étant pourvue d'un événement (3 ; 13 ; 23) formant conduit (5 ; 15) entre un débouché (4 ; 14) dans l'intérieur de l'enceinte et un débouché (6 ; 16) à l'extérieur de l'enceinte, l'événement (3 ; 13 ; 23) comportant des moyens d'atténuation de turbulence aérodynamique au niveau d'au moins un des débouchés lors d'un écoulement d'air dans l'événement (3 ; 13 ; 23) provoqué par des déplacements de la membrane de grande amplitude, les moyens d'atténuation étant constitués par des formes internes du conduit (5 ; 15) et/ou des débouchés (4 ; 14, 6 ; 16), ces formes étant agencées pour permettre un écoulement régulier de l'air dans l'événement (3 ; 13 ; 23), **caractérisé en ce qu'**au moins un des débouchés (4 ; 14, 6 ; 16) a une forme s'évasant vers son extrémité avec une portion d'extrémité présentant un profil en section concave de concavité tournée vers l'intérieur du débouché.
2. Emetteur de son selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il est équipé entre les débouchés intérieur (14) et extérieur (16) d'une chambre de tranquillisation (15).
3. Emetteur de son selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la chambre de tranquillisation (15) forme un renvoi d'angle entre le débouché intérieur (14) et le débouché extérieur (16).
4. Emetteur de son selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le débouché extérieur (6 ; 16) a une section de sortie au moins égale à la moitié de la surface de la membrane vibrante.
5. Emetteur de son selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un des débouchés (4, 6 ; 14, 16) a un diamètre adapté pour

rendre l'écoulement d'air laminaire au niveau du débouché (4,6 ; 14, 16).

6. Emetteur de son comportant un corps et au moins une membrane vibrante montée dans le corps, le corps comportant un conduit interne (32 ; 33;41;45;51.1;51.2;52) en communication avec l'extérieur de l'émetteur de son par une partie terminale (35 ;44 ;47) et dans lequel une face de la membrane rayonne, le conduit interne comportant des moyens d'atténuation de turbulence aérodynamique au niveau de la partie terminale (35,44,47) lors d'un écoulement d'air dans le conduit interne (3 ;13 ;23) provoqué par des déplacements de la membrane de grande amplitude, les moyens d'atténuation de la turbulence étant constitués par des formes internes du conduit interne (3 ;13 ;23), ces formes étant agencées pour permettre un écoulement régulier de l'air dans le conduit interne (3 ;13 ;23), **caractérisé en ce que** la partie terminale du conduit interne (35 ;44 ;47) a une forme s'évasant vers son extrémité avec une portion d'extrémité présentant un profil en section concave de concavité tournée vers l'intérieur de la partie terminale du conduit interne.
7. Emetteur de son selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'émetteur comprend deux haut-parleurs (40.1,40.2 ;50.1,50.2) ayant chacun une membrane et montés dans le corps de telle sorte que les membranes se font face et soient électriquement reliées en opposition de phase, les faces des membranes se faisant face rayonnant dans le conduit interne (45 ;52).
8. Emetteur de son selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le conduit interne (45 ;52) comporte un étranglement (46 ;53).
9. Emetteur de son selon la revendication 7 ou la revendication 8, **caractérisé en ce que** le conduit interne (52) a une forme de révolution autour d'un axe normal aux membranes.
10. Procédé d'utilisation d'un émetteur de son selon la revendication 1 ou la revendication 6, dans lequel l'émetteur de son est commandé pour produire du son à des fréquences inférieures à une fréquence de Helmholtz caractéristique de l'émetteur de son.

Patentansprüche

1. Schallstrahler, umfassend eine Kammer und mindestens eine schwingende Membran, die an der Wand der Kammer (2) derart befestigt ist, dass eine Seite der Membran in die Kammer (2) abstrahlt, wobei die Kammer (2) mit einem Luftabzug (3; 13; 23) versehen ist, der einen Kanal (5; 15) zwischen einer

Mündung (4; 14) ins Innere der Kammer und einer Mündung (6; 16) zur Außenseite der Kammer bildet, wobei der Luftabzug (3; 13; 23) Mittel zur Dämpfung einer aerodynamischen Turbulenz im Bereich mindestens einer der Mündungen bei einer Luftströmung im Luftabzug (3; 13; 23) umfasst, die durch Bewegungen der Membran mit großer Amplitude hervorgerufen wird, wobei die Mittel zur Dämpfung aus inneren Formen des Kanals (5; 15) und/oder der Mündungen (4; 14, 6; 16) gebildet sind, wobei diese Formen derart ausgebildet sind, dass sie ein gleichmäßiges Strömen der Luft in dem Luftabzug (3; 13; 23) ermöglichen, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Mündungen (4; 14, 6; 16) eine Form hat, die sich zu ihrem Ende hin mit einem Endabschnitt erweitert, der ein Profil mit konkavem Querschnitt aufweist, dessen Konkavität zum Inneren der Mündung gerichtet ist.

2. Schallstrahler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** er zwischen der inneren Mündung (14) und der äußeren Mündung (16) mit einer Beruhigungskammer (15) ausgestattet ist.
3. Schallstrahler nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beruhigungskammer (15) eine Eckumlenkung zwischen der inneren Mündung (14) und der äußeren Mündung (16) bildet.
4. Schallstrahler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Mündung (6; 16) einen Austrittsquerschnitt hat, der mindestens gleich der Hälfte der Oberfläche der schwingenden Membran ist.
5. Schallstrahler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Mündungen (4, 6; 14, 16) einen Durchmesser hat, der dazu geeignet ist, die Luftströmung im Bereich der Mündung (4, 6; 14, 16) laminar zu machen.
6. Schallstrahler, umfassend ein Gehäuse und mindestens eine schwingende Membran, die in dem Gehäuse befestigt ist, wobei das Gehäuse einen inneren Kanal (32; 33; 41; 45; 51.1; 51.2; 52) umfasst, der über einen Endabschnitt (35; 44; 47) in Kommunikation mit der äußeren Umgebung des Schallstrahlers steht und in den eine Seite der Membran abstrahlt, wobei der innere Kanal Mittel zur Dämpfung einer aerodynamischen Turbulenz im Bereich des Endabschnitts (35, 44, 47) bei einer Luftströmung im inneren Kanal (3; 13; 23) hat, die durch Bewegungen der Membran mit großer Amplitude hervorgerufen wird, wobei die Mittel zur Dämpfung der Turbulenz aus inneren Formen des inneren Kanals (3; 13; 23) gebildet sind, wobei diese Formen so ausgebildet sind, dass sie ein gleichmäßiges

Strömen der Luft in dem inneren Kanal (3; 13; 23) ermöglichen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Endabschnitt (35; 44; 47) des inneren Kanals eine Form hat, die sich zu ihrem Ende hin mit einem Endabschnitt erweitert, der ein Profil mit konkavem Querschnitt aufweist, dessen Konkavität zum Inneren des Endabschnitts des inneren Kanals gerichtet ist.

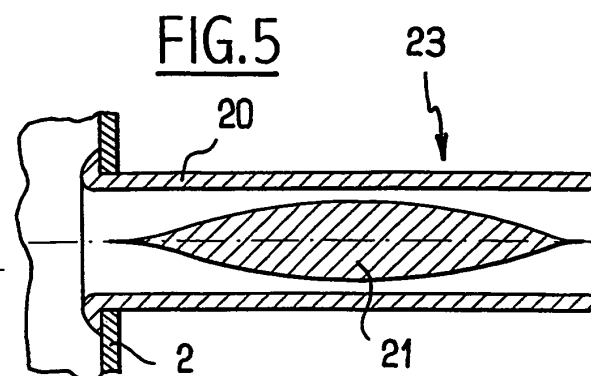
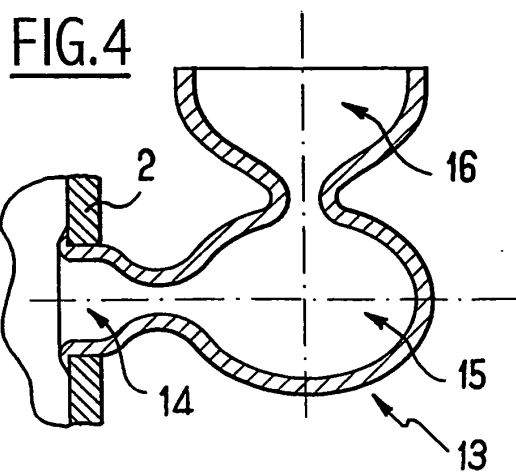
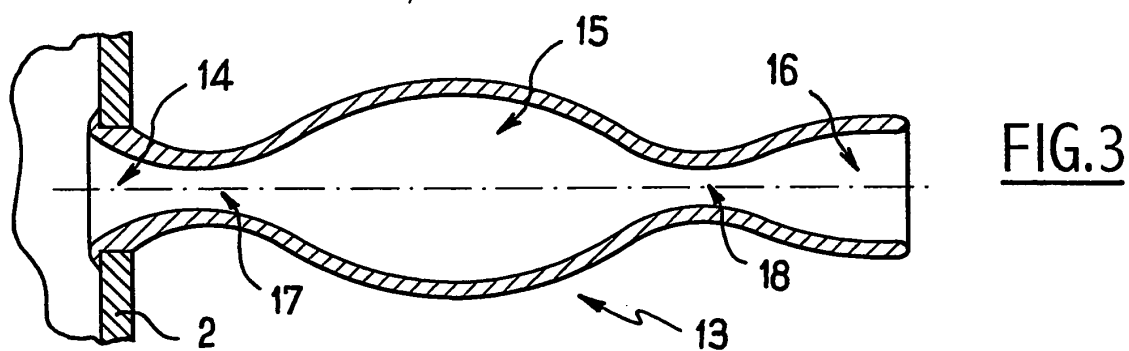
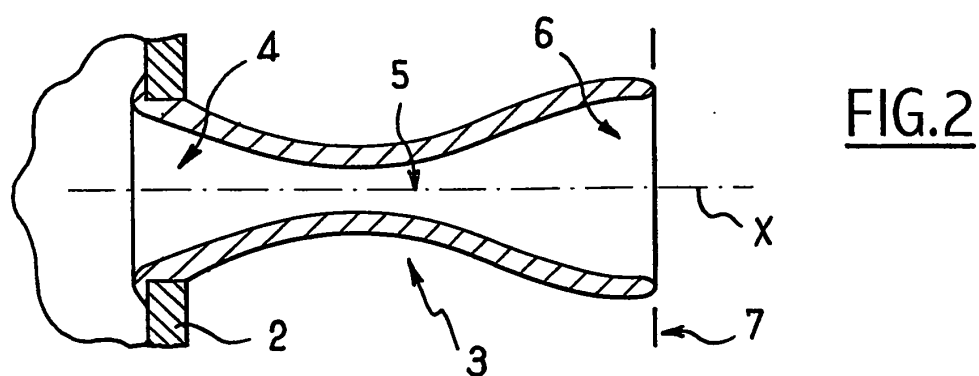
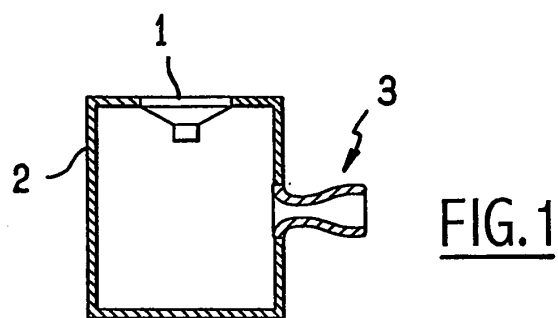
7. Schallstrahler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sender zwei Lautsprecher (40.1, 40.2; 50.1, 50.2) umfasst, die jeweils eine Membran haben und in dem Gehäuse derart befestigt sind, dass die Membranen einander gegenüberliegen und elektrisch gegenphasig angeschlossen sind, wobei die einander gegenüberliegenden Seiten der Membranen in den inneren Kanal (45; 52) abstrahlen. 10
8. Schallstrahler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Kanal (45; 52) eine Drossel (46; 53) umfasst. 20
9. Schallstrahler nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Kanal (52) eine Rotationsform um eine zu den Membranen senkrechte Achse hat. 25
10. Verfahren zur Verwendung eines Schallstrahlers nach Anspruch 1 oder Anspruch 6, wobei der Schallstrahler gesteuert wird, um einen Schall mit Frequenzen zu erzeugen, die unter einer für den Schallstrahler typischen Helmholtz-Frequenz liegen. 30

Claims 35

1. A sound emitter comprising at least an enclosure and one vibrating diaphragm mounted in the wall of the enclosure (2) so that one face of the diaphragm radiates into the enclosure (2), the enclosure (2) being provided with a vent (3; 13; 23) forming a duct (5; 15) between an opening (4; 14) inside the enclosure and an opening (6; 16) outside the enclosure, the vent (3; 13; 23) including attenuation means for attenuating aerodynamic turbulence in at least one of its openings while air is flowing in the vent (3; 13; 23) due to large-amplitude displacements of the diaphragm, the turbulence-attenuator means being constituted by the inside shapes of the duct (5; 15) and/or of the openings (4; 14, 6; 16), these shapes being arranged to enable air to flow in regular manner in the vent (3; 13; 23) **characterized in that** at least one of the openings (4; 14, 6; 16) is flared in shape towards its end, with an end portion presenting a profile of concave section with its concave side facing towards the inside of the opening. 40
2. A sound emitter according to claim 1, the emitter 45

being fitted with a plenum chamber (15) between the inside and outside openings (14 and 16).

3. A sound emitter according to claim 2, wherein the plenum chamber (15) forms an angled bend between the inside opening (14) and the outside opening (16). 5
4. A sound emitter according to claim 1, wherein the outside opening (6; 16) is of outlet section that is not less than half the surface area of the vibrating diaphragm. 10
5. A sound emitter according to claim 1, wherein at least one of the openings (4, 6; 14, 16) is of a diameter adapted to make the flow of air laminar at the opening (4, 6, 14; 16). 15
6. A sound emitter comprising a body, at least one vibrating diaphragm mounted in the body, the body having an internal duct (32; 33; 41; 45; 51.1; 51.2; 52) in communication with the outside of the sound emitter via a terminal portion (35; 44; 47) and into which one face of the diaphragm radiates, the duct including attenuator means for attenuating aerodynamic turbulence in the terminal portion (35, 44, 47) while air is flowing in the duct (3; 13; 23) due to large-amplitude displacements of the diaphragm, the turbulence-attenuator means being constituted by the inside shapes of the duct (3; 13; 23), these shapes being arranged to enable air to flow in regular manner inside the duct (3; 13; 23), **characterized in that** the terminal portion (35; 44; 47) is flared in shape, with an end portion presenting a profile of concave section with its concave side facing towards the inside of the end portion of the internal duct. 20
7. A sound emitter according to claims 6, wherein the emitter has two loudspeakers (40.1, 40.2; 50.1, 50.2) each having a diaphragm and mounted together in the body so that the diaphragms face each other and are electrically connected in phase opposition, the facing faces of the diaphragm radiating into the internal duct (45; 52). 25
8. A sound emitter according to claim 7, wherein the internal duct (45; 52) includes a constriction (46; 53). 30
9. A sound emitter according to claim 8, wherein the internal duct (52) is of circularly-symmetrical shape about an axis normal to the diaphragm. 35
10. A method of using a sound emitter according to claim 1 or claim 6, wherein the sound emitter is controlled to produce sound of frequencies lower than a characteristic Helmholtz frequency of the sound emitter. 40



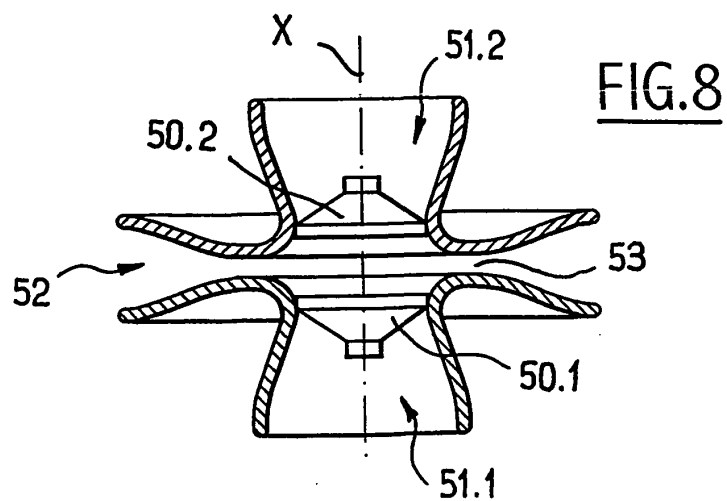
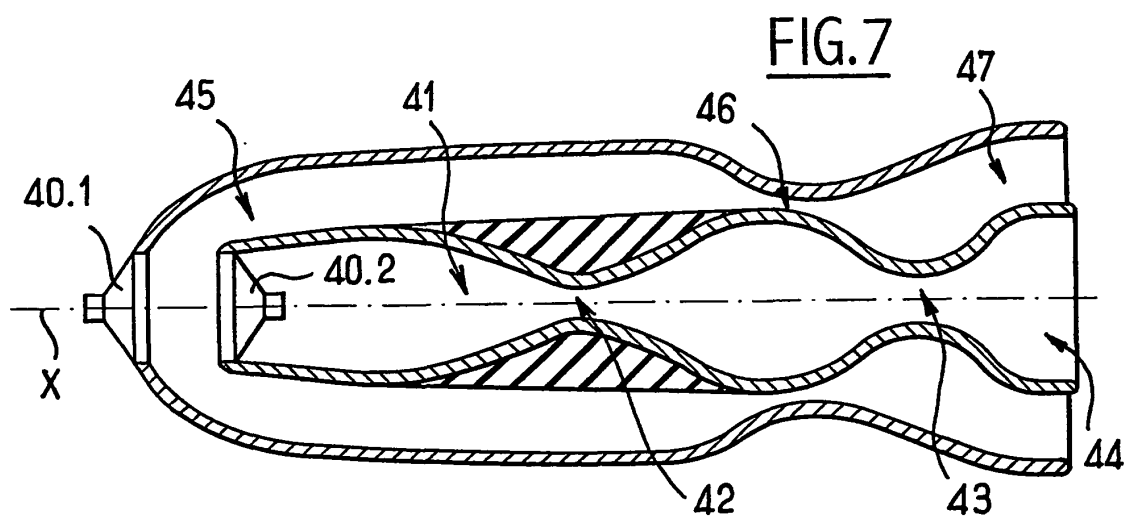
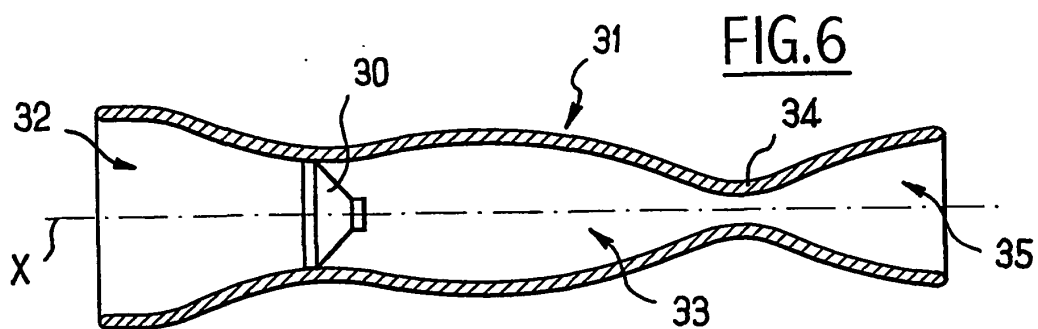
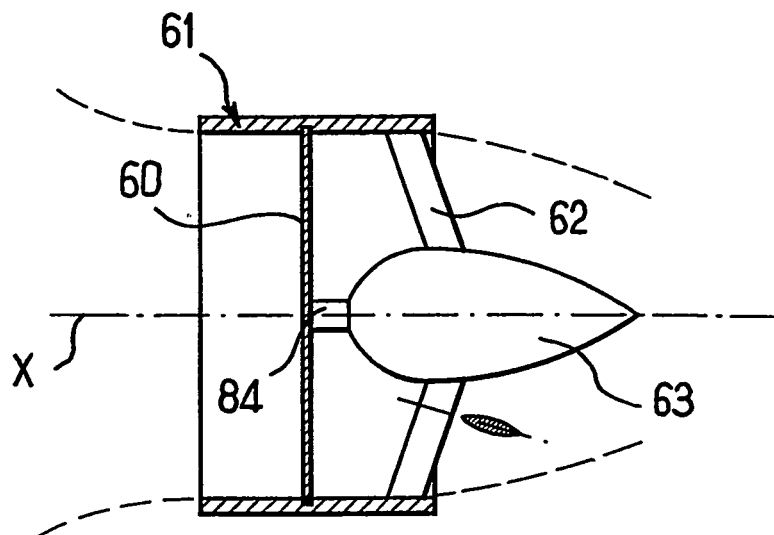


FIG.9



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 5623132 A [0004]
- EP 0984662 A [0025]