



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
07.04.2010 Bulletin 2010/14

(51) Int Cl.:
F02M 35/12 (2006.01) **F02M 35/14** (2006.01)
F02M 35/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09170788.5**

(22) Date de dépôt: **21.09.2009**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

(30) Priorité: **02.10.2008 FR 0856678**

(71) Demandeurs:
• **Peugeot Citroën Automobiles SA**
78140 Vélizy-Villacoublay (FR)
• **Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)**
75794 Paris Cedex 16 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Bellet, Romain**
13006 Marseille (FR)
• **Cochelin, Bruno**
13380 Plan de Cuques (FR)
• **Herzog, Philippe**
13360 Roquevaire (FR)
• **Mattei, Pierre-Olivier**
13006 Marseille (FR)
• **Dimitrijevic, Zoran**
91570 Bievres (FR)

(74) Mandataire: **Ménès, Catherine**
Peugeot Citroën Automobiles SA
Propriété Industrielle (LG081)
18, rue des Fauvelles
92250 La Garenne Colombes (FR)

(54) **Procédé et dispositif d'atténuation des bruits de bouche d'un moteur thermique**

(57) L'invention concerne une procédé d'atténuation des bruits générés par un moteur thermique et se propageant par le circuit d'admission d'air (14) du moteur, le procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer le ou les mode(s) acoustique(s) des bruits, choisir au moins une caractéristique physique d'une membrane souple (50) en fonction du ou des mode(s) acoustique (s), et fixer la membrane (50) dans le circuit d'admission

(14) de sorte que la membrane puisse subir une grande déformation sous l'action du ou des mode(s) acoustique (s).

L'invention concerne aussi un dispositif d'atténuation des bruits générés par un moteur thermique (10) et se propageant par le circuit d'admission d'air (14) du moteur, le dispositif comportant une membrane souple (50) fixée dans le circuit d'admission d'air et absorbant lesdits bruits en se déformant de façon non linéaire.

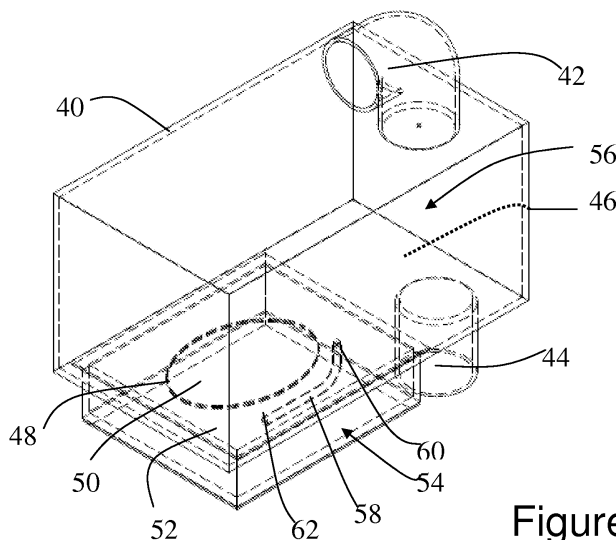


Figure 3

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'atténuation des bruits de bouche d'un moteur thermique.

[0002] Les moteurs à combustion interne, encore appelés moteurs thermiques, comportent un circuit d'alimentation en air, l'air étant prélevé à l'extérieur du véhicule pour être conduit dans les cylindres du moteur. L'ouverture et la fermeture des soupapes créent des bruits, lesquels se propagent dans le circuit d'alimentation d'air et sortent par la bouche d'aspiration de l'air. Ces bruits sont généralement appelés les bruits de bouche.

[0003] La figure 1 montre schématiquement le circuit d'alimentation en air d'un moteur thermique 10. L'air injecté dans les cylindres 12 peut provenir du circuit 14 d'alimentation en air frais (air provenant de l'extérieur du moteur) et d'un circuit de recirculation 16, ce dernier étant équipé d'un système de refroidissement d'air 18. Le circuit 14 d'alimentation en air frais se compose d'un col d'entrée d'air 20 comprenant une écope 22 par laquelle rentre l'air frais, suivie d'un raccord 24 connecté à l'écope 22 par une liaison démontable 26. Le raccord 24 est connecté à un filtre à air 28 muni d'un filtre proprement dit 30 monté sur un brancard. Un débitmètre 32 permet de mesurer le débit d'air frais traversant le filtre à air 28. L'air est ensuite dirigé par une conduite 34 vers un boîtier papillon 36 relié au circuit d'admission d'air 38 dans les cylindres du moteur. Le boîtier 36 est également relié au circuit de recirculation 16, afin de doser le pourcentage d'air recirculé et réinjecté dans les cylindres.

[0004] La fermeture et l'ouverture des soupapes du moteur engendrent des bruits qui se propagent dans le circuit d'alimentation d'air 14. Un système d'ondes stationnaires s'établit, les ondes stationnaires étant générées par la superposition des ondes acoustiques incidentes et réfléchies aux différentes extrémités du circuit d'admission d'air. La fréquence de ces ondes est fonction des dimensions des éléments du circuit d'admission d'air et des conditions aux limites. Ces bruits, sortant par l'écope 22, sont les bruits de bouche. Ils peuvent être transmis dans l'habitacle du véhicule, soit par voie aérienne, soit par rayonnement d'éléments de la caisse du véhicule. Ces bruits peuvent également participer aux bruits extérieurs et leur niveau sonore ne doit pas dépasser des seuils fixés par des normes (actuellement 74 dB(A)).

[0005] Le filtre à air, par son volume, crée un effet de tampon (ou de tranquillisation) pour les ondes acoustiques. Les dispositifs d'atténuation des bruits, tels que les résonateurs par exemple, sont souvent placés dans le filtre à air car leur influence sur le remplissage en air des cylindres du moteur est relativement négligeable.

[0006] Diverses solutions ont déjà été proposées pour supprimer, complètement ou partiellement, les bruits de bouche. De manière générale, pour traiter les basses fréquences (de 0 à 200 Hz qui correspond à l'harmonique 2 du régime moteur) on impose des volumes importants au filtre à air. Pour traiter les moyennes et hautes fréquences, on utilise de la fibre polymère ou des résonateurs (1/4 d'onde, de Helmholtz ou des silencieux).

[0007] L'augmentation du volume du filtre à air n'est pas toujours possible pour des raisons de disponibilités sous le capot moteur et augmente la masse du véhicule. Les traitements par résonateurs sont efficaces uniquement sur une plage de fréquences étroite: plusieurs résonateurs sont nécessaires pour couvrir plusieurs plages de fréquences ce qui conduit à une augmentation du volume et de la masse du circuit d'admission d'air.

[0008] Le brevet FR 2 840 652 décrit un dispositif d'atténuation des bruits issus du fonctionnement du moteur à combustion interne d'un véhicule. Ce dispositif comporte une membrane souple répondant à une plage de fréquences de vibrations prédéterminée lorsqu'elle est soumise aux sollicitations du flux d'air circulant dans le circuit d'admission d'air pour modifier la fréquence acoustique issue de ce flux. La membrane entre en résonance avec les bruits à atténuer. Elle peut être assimilée à un oscillateur mécanique. La membrane possède une fréquence propre qui dépend de sa masse et de la tension imposée à la membrane. La membrane est prétendue de façon à accorder sa fréquence propre avec la fréquence des bruits à atténuer. Cette solution nécessite d'accorder la fréquence de résonance de la membrane aux bruits à traiter: elle ne convient donc que pour des bruits ayant une plage de fréquences relativement étroite.

[0009] La demande de brevet US 2004/0011011 A1 décrit une solution utilisant une ouverture pratiquée dans le filtre à air et composée d'orifices recouverts d'une toile. Comme précédemment, cette solution ne traite que des bruits compris dans une plage de fréquences relativement étroite.

[0010] La présente invention propose une solution faisant appel à un dispositif acoustique robuste pouvant traiter les différents bruits de bouche du moteur dans une large plage de fréquences, en ne pénalisant ni la masse ni le volume occupé sous le capot par le circuit d'admission d'air.

[0011] De façon plus précise, l'invention propose un procédé d'atténuation des bruits générés par un moteur thermique et se propageant par le circuit d'admission d'air du moteur, le procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer le ou les mode(s) acoustique(s) des bruits, choisir au moins une caractéristique physique d'une membrane souple en fonction du ou des mode(s) acoustique(s), et fixer la membrane dans le circuit d'admission de sorte que la membrane puisse subir une grande déformation (comportement non linéaire) sous l'action du ou des mode(s) acoustique(s).

[0012] La caractéristique physique de la membrane peut être la raideur, laquelle dépend de l'épaisseur, de la surface et du module d'Young de la membrane.

[0013] La membrane est de préférence fixée dans le circuit d'admission sensiblement à un ventre de pression du ou des mode(s) acoustique(s).

[0014] Selon un mode de mise en oeuvre de l'invention, on réserve un volume d'air dans le circuit d'admission d'air du côté de la face de la membrane opposée à la source des bruits et la pression est avantageusement égalisée de part et d'autre de la membrane, par exemple à l'aide d'un tuyau de petite section et de grande longueur. Ce tuyau peut être un capillaire.

[0015] L'invention concerne également un dispositif d'atténuation des bruits générés par un moteur thermique et se propageant par le circuit d'admission d'air du moteur. Selon l'invention, le dispositif comporte une membrane souple fixée dans le circuit d'admission d'air et absorbant lesdits bruits en se déformant de façon non linéaire.

[0016] Selon une caractéristique de l'invention, la membrane souple est fixée sans contraintes (donc non tendue) dans le plan de la membrane.

[0017] De préférence, le dispositif comporte une chambre de dissipation de l'énergie absorbée par la membrane, une paroi de ladite chambre étant constituée par la membrane.

[0018] Le dispositif peut comporter des moyens d'égalisation de la pression régnant de part et d'autre de la membrane. Ces moyens d'égalisation de pression (par exemple une canalisation reliant un côté de la membrane à l'autre côté) présentent avantageusement une inertie importante (grande longueur) et une haute résistivité (petite section).

[0019] Selon un mode de réalisation, le filtre à air du circuit d'admission d'air peut comporter des moyens de fixation de la membrane, laquelle avec lesdits moyens de fixation délimitent une chambre de dissipation de l'énergie acoustique absorbée par la membrane.

[0020] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit d'un mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemples non limitatif, en référence aux dessins annexés et sur lesquels :

- la figure 1 (art antérieur) illustre schématiquement le circuit d'admission d'air d'un moteur thermique,
- la figure 2 est une vue schématique, en coupe, d'un mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 3 est une vue schématique, en perspective du mode de réalisation de la figure 2.

[0021] Le mode de réalisation décrit ci-après et représenté sur les figures 2 et 3 concerne un dispositif d'atténuation des bruits faisant partie du filtre à air. Ce dernier comporte une enceinte 40 de forme sensiblement parallélépipédique rectangle, l'élément filtrant n'étant pas représenté. L'enceinte 40 comporte une entrée d'air 42 et une sortie 44. L'air aspiré de l'extérieur du véhicule pénètre par l'entrée 42, sort par la sortie 44 après avoir été filtré et est dirigé vers le collecteur d'admission du moteur thermique. La paroi 46 de l'enceinte 40 comporte une ouverture 48, par exemple de forme circulaire, obturée par une membrane souple 50 et par des moyens 52 de fixation de la membrane. Ces moyens 52 peuvent être constitués par tous moyens appropriés à maintenir la membrane sans contraintes dans le plan de la paroi 46 ou le plan de la membrane. En d'autres termes, la membrane est fixée sans être tendue. Par exemple, la membrane peut simplement être encastrée.

[0022] Selon une caractéristique de l'invention, une chambre 54 de dissipation de l'énergie absorbée par la membrane 50 est ajoutée à l'enceinte 40 du filtre à air. Cette chambre est disposée du côté de la face de la membrane non exposée aux bruits. Une paroi de cette chambre 54 est constituée principalement par la membrane 50 et par les moyens de fixation 52. Le filtre à air se compose alors d'un élément filtrant (non représenté), d'une chambre principale 56 délimitée par les parois de l'enceinte 40 et d'une chambre de dissipation de l'énergie 54. Des moyens permettent d'égaliser les pressions régnant de part et d'autre de la membrane 50 et donc d'égaliser les pressions régnant dans la chambre principale 56 et la chambre 54. Ces moyens peuvent être constitués par un tuyau 58 ayant l'une de ses extrémités 60 débouchant dans la chambre principale 56 et son autre extrémité 62 débouchant dans la chambre 54. Le tuyau 58 présente une grande inertie, il est donc de grande longueur, et une haute résistivité, il a donc une petite section. Le tuyau 58 peut être par exemple un capillaire (faible section) faisant le tour de la chambre 54 (grande longueur).

[0023] Selon l'invention, la membrane souple 50 doit pouvoir se déformer de façon non linéaire afin d'absorber l'énergie acoustique. Il a en effet été montré dans la littérature (voir l'article de B. Cochelin, P. Herzog, P.O. Mattei, "Experimental evidence of energy pumping in acoustics" C.R. Mécanique 334, 639-644, 2006) qu'une membrane souple peut se déformer en grande amplitude afin de pomper l'énergie acoustique d'un mode acoustique de manière irréversible sur une large bande de fréquences. Ce phénomène de pompage d'énergie acoustique est dû au comportement non linéaire de la membrane (pouvant subir de grandes déformations) qui peut s'accorder à la fréquence du mode acoustique à absorber, dès lors qu'il est suffisamment énergétique.

[0024] La membrane souple non précontrainte est donc placée dans le circuit d'admission d'air à un endroit lui permettant de pomper le maximum d'énergie à l'onde acoustique, ou en d'autres termes où elle sera le plus excitée par l'onde acoustique. La membrane sera donc avantageusement placée à un ventre de pression pour qu'elle puisse vibrer en grandes amplitudes. Cependant si l'on considère que la vitesse acoustique est négligeable (ce qui est généralement et approximativement le cas dans le filtre à air), la pression acoustique peut alors être considérée comme spatialement uniforme et dans ce cas l'emplacement de la membrane est peu important. La chambre 54 permet une grande déformation

de la membrane et une bonne dissipation de l'énergie pompée par la membrane.

[0025] De façon à bien choisir les caractéristiques de la membrane, il est nécessaire de connaître le ou les mode(s) acoustique(s) à absorber. Lorsque ces modes sont identifiés, les caractéristiques de la membrane peuvent alors être déterminées de façon à obtenir un comportement en déformation non linéaire et un bon couplage énergétique entre la membrane et le ou les mode(s) acoustique(s) à absorber. On détermine principalement la raideur souhaitée pour la membrane, laquelle est fonction de l'épaisseur, de la surface et du module d'Young de la membrane. La raideur non linéaire est dimensionnée en fonction de l'intensité de la fréquence du mode acoustique la plus élevée que l'on veut atténuer, ce qui permet une atténuation possible sur une large bande de fréquences.

[0026] Pour choisir la raideur α_3 de la membrane, on suppose que le déplacement transversal $w(r,t)$ de la membrane est approchée par la fonction de forme parabolique $w(r,t) = q(t) (1 - r/R)^2$ où R est le rayon de la membrane (supposée de forme circulaire) et r la coordonnée radiale. On suppose également que la membrane se déforme en grandes amplitudes (ce qui est le but recherché). Cela conduit à pouvoir exprimer de manière analytique la raideur α_3 de la membrane en fonction de son module d'Young E , de son épaisseur et de son rayon R .

[0027] La raideur α_3 peut alors s'exprimer à l'aide de l'équation suivante:

$$\alpha_3 = (32 / 3(1 - \nu^2)\pi) \cdot (E / \rho_{\text{air}} C) \cdot (h^3 / R^4) \cdot (1/\omega) \cdot (S_t / S_m)$$

dans laquelle ν désigne le coefficient de Poisson, E le module d'Young de la membrane, ρ_{air} la densité de l'air, C la vitesse du son, h l'épaisseur de la membrane, R le rayon de la membrane (laquelle est supposée circulaire), ω la fréquence du système d'ondes stationnaires acoustiques à absorber, S_t la section de la sortie de l'air propre dans le filtre à air et S_m la section de la membrane.

[0028] A titre d'exemple, dans le cas d'application d'un filtre à air de moteur Diesel de voiture automobile, l'équation précédente conduit par exemple à une membrane de rayon d'environ 40 mm, d'une épaisseur de 0,4 mm et d'un module d'Young de 1,3 MPa. La membrane souple peut être réalisée en élastomère, et une surface de l'ordre de 10 cm² peut suffire pour absorber une énergie acoustique incidente de l'ordre de 130 dB.

[0029] L'effet de pompage énergétique non linéaire est obtenu par la présente invention grâce au niveau de pression acoustique élevé dans le filtre à air et non à une précontrainte de la membrane qui peut, selon l'invention, se déformer en grandes amplitudes.

[0030] Le dispositif décrit est robuste puisqu'il fonctionne sur l'intensité acoustique sur une large plage de fréquences et non sur l'accord en fréquence d'un seul point. Il permet de ne pas avoir à utiliser plusieurs dispositifs d'atténuation des bruits dans le circuit d'admission d'air, d'où un gain de place et de poids.

[0031] D'autres modes de réalisation que ceux décrits et représentés peuvent être conçus par l'homme du métier sans sortir du cadre de la présente invention. Par exemple, la membrane pourrait être placée à un autre endroit que dans le filtre à air : elle pourrait par exemple être localisée sur le col d'admission du circuit d'admission d'air.

Revendications

1. Procédé d'atténuation des bruits générés par un moteur thermique et se propageant par le circuit d'admission d'air (14) du moteur, le procédé étant **caractérisé en ce qu'il** consiste à déterminer le ou les mode(s) acoustique(s) des bruits, choisir au moins une caractéristique physique d'une membrane souple (50) en fonction du ou des mode(s) acoustique(s), et fixer la membrane (50) dans le circuit d'admission (14) de sorte que la membrane puisse subir une grande déformation sous l'action du ou des mode(s) acoustique(s).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite caractéristique physique de la membrane est la raideur, laquelle dépend de l'épaisseur, de la surface et du module d'Young de la membrane.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** la membrane (50) est fixée dans le circuit d'admission sensiblement à un ventre de pression du ou des mode(s) acoustique(s).
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** l'on réserve un volume d'air (54) dans le circuit d'admission d'air du côté de la face de la membrane (50) non exposée aux bruits.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la pression est égalisée de part et d'autre de la membrane.

EP 2 172 640 A1

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la pression est égalisée à l'aide d'un tuyau (58) de petite section et de grande longueur.
- 5 7. Dispositif d'atténuation des bruits générés par un moteur thermique (10) et se propageant par le circuit d'admission d'air (14) du moteur, le dispositif étant **caractérisé en ce qu'il** comporte une membrane souple (50) fixée dans le circuit d'admission d'air et absorbant lesdits bruits en se déformant de façon non linéaire.
- 10 8. Dispositif selon la revendication 7 **caractérisé en ce que** la membrane souple (50) est fixée sans contraintes dans le plan de la membrane.
9. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8 **caractérisé en ce qu'il** comporte une chambre (54) de dissipation de l'énergie absorbée par la membrane (50), une paroi de ladite chambre étant constituée par la membrane.
- 15 10. Dispositif selon la revendication 9 **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens (58) d'égalisation de la pression régnant de part et d'autre de la membrane.
11. Dispositif selon la revendication 10 **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'égalisation de pression présentent une inertie importante.
- 20 12. Dispositif selon la revendication 11 **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'égalisation de la pression sont constitués par une canalisation (58) reliant un côté de la membrane à l'autre côté, la canalisation présentant une grande inertie et une haute résistivité.
- 25 13. Dispositif selon la revendication 12 **caractérisé en ce que** ladite canalisation (58) est de grande longueur et de petite section.
- 30 14. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 13 **caractérisé ce que** le filtre à air (40) du circuit d'admission d'air comporte des moyens (52) de fixation de la membrane, laquelle avec lesdits moyens de fixation délimitent une chambre (54) de dissipation de l'énergie acoustique absorbée par la membrane.

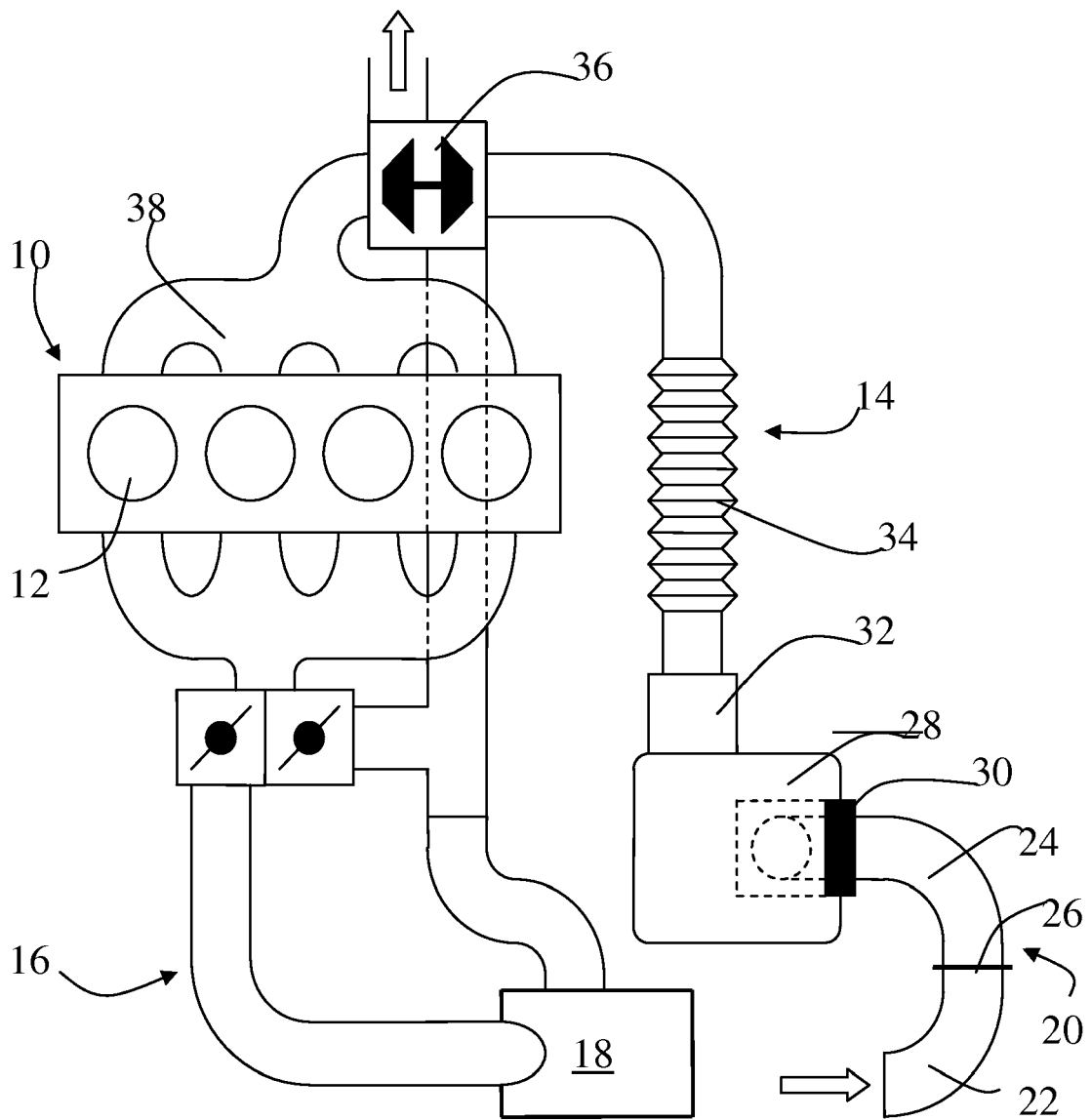


Figure 1 (Art antérieur)

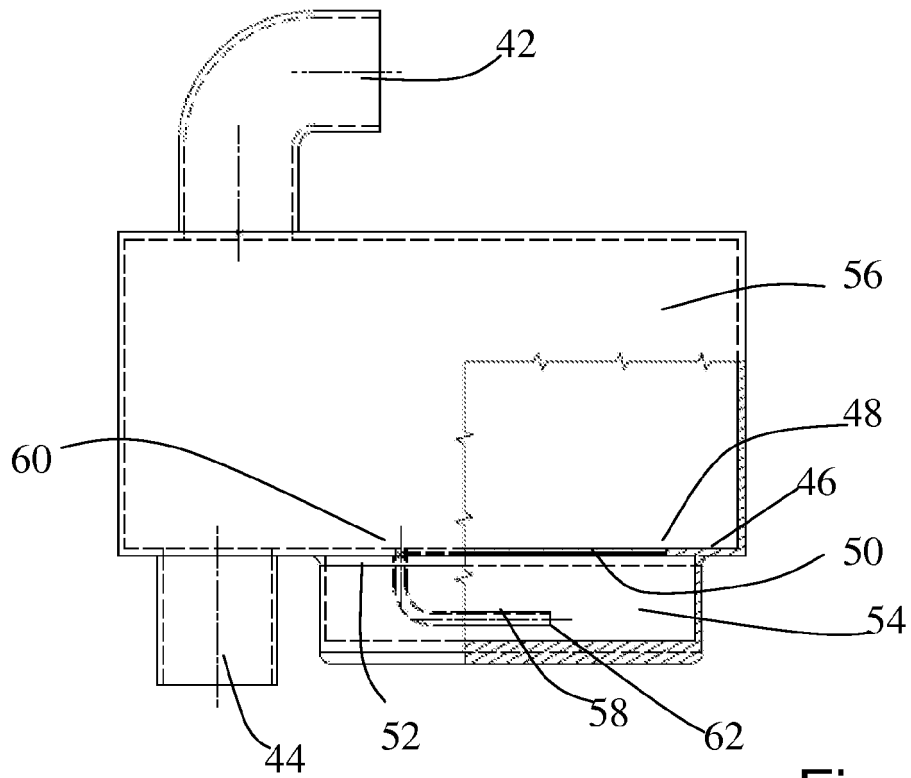


Figure 2

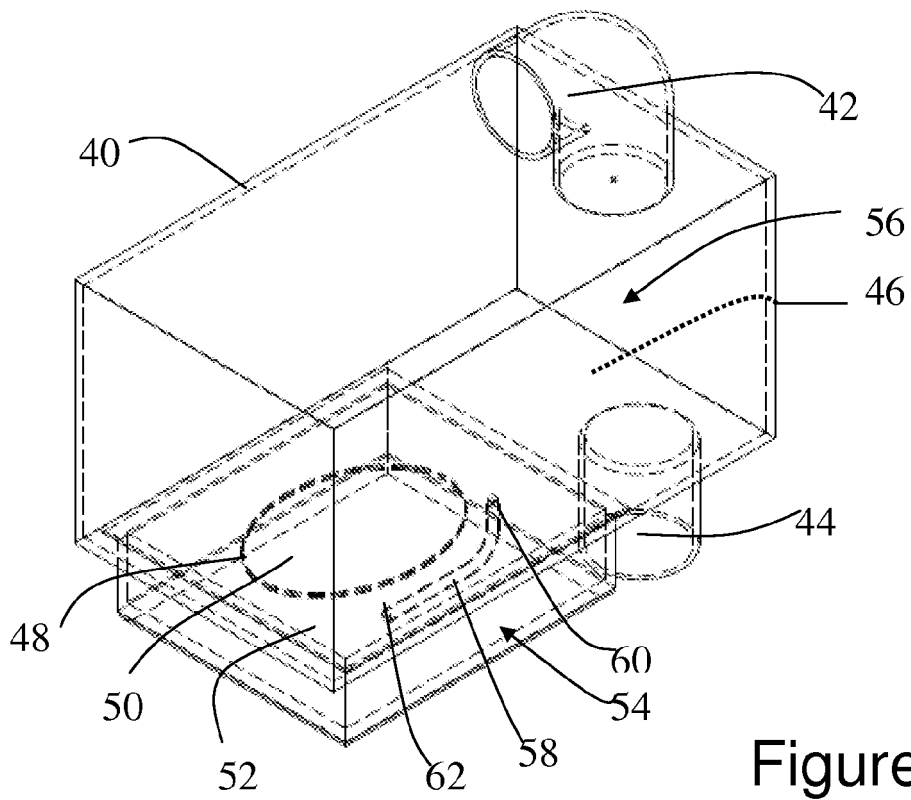


Figure 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 09 17 0788

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 1 111 228 A (MAHLE FILTERSYSTEME GMBH [DE]) 27 juin 2001 (2001-06-27) * abrégé * * alinéas [0008], [0027], [0036] * * figures 1,6 * -----	1-5, 7-12,14	INV. F02M35/12 F02M35/14 ADD. F02M35/10
X	EP 1 808 594 A (DENSO CORP [JP] DENSO CORP [JP]; NIPPON SOKEN [JP]) 18 juillet 2007 (2007-07-18) * abrégé * * alinéas [0013], [0017], [0045] * * figures 1-3 * * revendication 4 * -----	1-4,7-9, 14	
X	US 2006/065479 A1 (OKAWA SHINTAROU [JP] ET AL) 30 mars 2006 (2006-03-30) * abrégé * * alinéas [0053], [0072] - [0074], [0124]; figure 7 * -----	1-4,7-9, 14	
X,D	FR 2 840 652 A (TRELLEBORG AUTOMOTIVE FRANCE [FR]) 12 décembre 2003 (2003-12-12) * abrégé * * page 5, ligne 7 - ligne 33 * * page 7, ligne 6 - ligne 33 * * figure 3 * -----	1-4,7-9, 14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F02M
A,D	COCHELIN B ET AL: "Experimental evidence of energy pumping in acoustics" COMPTES RENDUS - MECANIQUE, ELSEVIER, PARIS, FR, vol. 334, no. 11, 1 novembre 2006 (2006-11-01), pages 639-644, XP024979097 ISSN: 1631-0721 [extrait le 2006-11-01] * le document en entier * -----	1,7	
2 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 octobre 2009	Examineur Payr, Matthias
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 03.82 (P04C02)

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

EP 09 17 0788

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.

02-10-2009

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1111228	A	27-06-2001	DE	19962888 A1	28-06-2001
EP 1808594	A	18-07-2007	US	2007163533 A1	19-07-2007
US 2006065479	A1	30-03-2006	DE	102005046200 A1	06-04-2006
			JP	2006125381 A	18-05-2006
FR 2840652	A	12-12-2003	AUCUN		

EPO FORM P0460

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

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

- FR 2840652 [0008]
- US 20040011011 A1 [0009]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **B. Cochelin ; P. Herzog ; P.O. Mattei.** Experimental evidence of energy pumping in acoustics. *C.R. Mécanique*, 2006, vol. 334, 639-644 [0023]