

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 747 766

(21) N° d'enregistrement national :
90 03870

(51) Int Cl⁶ : F 25 B 9/00, F 42 B 15/34

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 26.03.90.

(30) Priorité : 13.09.88 GB 8821316.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 24.10.97 Bulletin 97/43.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés : Transformation de la demande de brevet européen n° 89 309054.8 déposée le 06/09/89. La date indiquée à la rubrique 22 est celle de la transformation

(71) Demandeur(s) : BRITISH AEROSPACE PLC PUBLIC LIMITED COMPANY — GB.

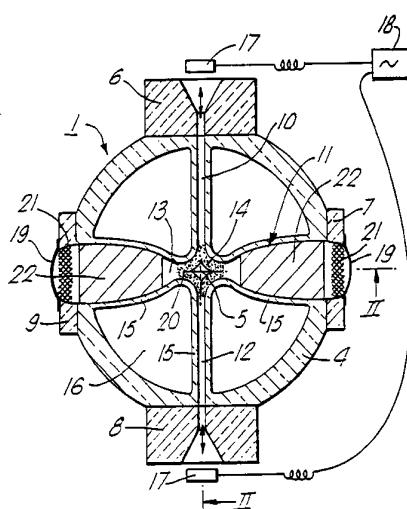
(72) Inventeur(s) : HAINES DERRICK JOHN.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : NOVAMARK TECHNOLOGIES.

(54) DISPOSITIF DE REFRIGERATION THERMO-ACOUSTIQUE.

(57) On décrit un dispositif de réfrigération thermo-acoustique (1) ayant une forme relativement compacte et pouvant fonctionner pour fournir un moyen permettant de réduire les vibrations transmises par un tel dispositif aux objets qu'on refroidit.



FR 2 747 766 - A1



La présente invention concerne un dispositif de réfrigération thermo-acoustique, terme s'entendant ici comme incluant le type de dispositif de refroidissement du type "tube à impulsions" non résonant, proposé par W. E. Gifford et R. C. Longworth dans l'article ASME n° 63-WA-290 à la réunion hivernale annuelle de l'American Society of Mechanical Engineering, Philadelphie, Pennsylvanie de Novembre 1963, et le type de dispositif de refroidissement à "tuyau d'orgue" résonant dont la démonstration a été faite par P. Merkli et H. Thoman, "Thermoacoustic effects in a resonance tube" (Effets thermo-acoustiques dans un tube à résonance), J. Fluid Mech., 70 : 161 (1975) et développé par Whealtry et al. - voir "Understanding some simple phenomena in thermoacoustics with applications to acoustical heat engines" (la compréhension de quelques phénomènes simples en thermo-acoustique avec application aux moteurs thermiques acoustiques) de J. Wheatley, T. Hofler, G. W. Swift et A. Migliori, Am. J. Phys. Volume 53, n° 2 (février 1985) et "Natural Engines" (Moteurs naturels) de J. Whealtry et A. Cox, Physics Today, Volume 38, n° 8 (Août 1985). Une revue de la technique concernant le refroidissement thermo-acoustique est donnée dans "A comparison of three types of pulse tube refrigerators : New methods for reaching 60K" (Comparaison de trois types de réfrigérateurs à tube à impulsions : nouvelles méthodes pour atteindre 60K) de R. Radelbaugh, J. Zimmerman, D. R. Smith et B. Louuse; soumis à Advances in Cryogenic Engineering : Volume 31.

En bref, un dispositif de réfrigération thermo-acoustique fonctionne sous l'effet du mouvement, de la compression et de la dilatation d'un fluide de travail, par exemple un gaz ou une vapeur, dans une enceinte d'une façon semblable au comportement de l'air dans un tuyau d'orgue - le comportement du fluide obéit de fait aux mêmes lois de la physique qui concernent l'air dans un tuyau d'orgue en dehors de la modification

provoquée par la présence d'une structure appelée "régénérateur" qui est quelquefois située dans l'enceinte ou "tuyau" du dispositif de réfrigération. Le régénérateur est une sorte d'échangeur de chaleur que
5 traverse, ou au droit duquel, passe le fluide de travail et qui a pour fonction de recevoir de la chaleur à partir du fluide, de stocker temporairement la chaleur et de la rendre d'une façon telle que, pour un mouvement, une compression et une dilatation donnés du
10 fluide, la chaleur est transférée d'un côté du régénérateur, c'est-à-dire à partir de l'extrémité dite froide du dispositif de réfrigération, l'autre côté.

Une application d'un dispositif de refroidissement à basse température concerne le refroidissement d'un détecteur de rayonnement infrarouge dans les appareils d'observation scientifiques et militaires ou de recherche de cibles. Dans le passé, on a utilisé à cet effet des dispositifs de refroidissement à cycle Joule-Thomson et Stirling. On a proposé
15 d'utiliser d'une façon similaire des dispositifs de refroidissement thermo-acoustiques. Cependant, un problème réside dans la forme tubulaire généralement assez longue de ces dispositifs de refroidissement (la base du fonctionnement des dispositifs de
20 refroidissement thermo-acoustiques a tendance à conduire à une telle forme). De plus, il y a le problème, dont on sait qu'il est lié à d'autres types de dispositifs de
25 refroidissement, de la transmission des vibrations au détecteur et de leur apparition sous forme de bruit électrique dans le signal de sortie. Avec les dispositifs de refroidissement thermo-acoustiques de la
30 technique antérieure, on s'attend à ce que ce problème soit aigu.

Par conséquent, la présente invention a pour
35 objet un réfrigérateur thermo-acoustique ayant une forme relativement compacte, permettant son incorporation dans, par exemple, la tête chercheuse d'un missile.

Un autre objet est de proposer un moyen pour réduire la quantité des vibrations transmises par le dispositif de refroidissement thermo-acoustique à un détecteur infrarouge refroidi de cette manière.

5 Selon la présente invention, on prévoit un dispositif de réfrigération thermo-acoustique comprenant un moyen d'enceinte présentant des parties de paroi qui définissent, à l'intérieur du moyen d'enceinte, un espace central et, s'étendant vers l'extérieur dans des
10 directions différentes à partir de l'espace central, au moins un premier canal et deux seconds canaux, chaque second canal contenant une structure de régénérateur de chaleur entre l'espace central et l'extrémité extérieure du canal, et le dispositif comprenant en outre un fluide de travail à l'intérieur des canaux, un premier moyen
15 d'échange de chaleur pour extraire la chaleur des extrémités extérieures des deux seconds canaux, un second moyen d'échange de chaleur pour faciliter le transfert de la chaleur entre un objet à refroidir par
20 le dispositif de réfrigération et l'espace central, et un moyen générateur d'ondes de pression accouplé à l'extrémité extérieure du premier canal pour produire des variations répétitives de la pression dans le fluide de travail.

25 Avantageusement, les parties de paroi définissent deux premiers canaux allant de l'espace central vers l'extérieur dans des directions différentes, de préférence dans des directions exactement opposées, et le moyen générateur d'ondes de pression est accouplé aux extrémités extérieures des
30 deux premiers canaux et peut fonctionner pour transmettre au fluide de travail auxdites deux extrémités extérieures des variations respectives de la pression ayant une relation entre phases telle qu'il y a
35 réduction des forces induites par les vibrations, forces créées dans l'espace central.

La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

5 La figure 1 est une vue en plan d'une coupe, prise le long de la ligne 1-1 de la figure 2, d'un dispositif de refroidissement thermo-acoustique et, sous forme schématique, d'un dispositif de commande pour le dispositif de refroidissement, et

10 La figure 2 est une section prise le long de la ligne II-II de la figure 1.

15 Le dispositif de refroidissement qu'on représente comprend un vase de Dewar 1 ayant la forme générale d'un disque, d'une épaisseur d'environ 2,5 centimètres et d'un diamètre de 5 à 8 centimètres, en verre, et présentant une paroi extérieure constituée de deux parties circulaires 2 et 3 espacées l'une de l'autre et d'une partie périphérique 4 s'étendant autour et entre les bords des parties circulaires 2 et 3. La référence 5 désigne l'axe du vase.

20 A quatre endroits séparés de la même distance sur le pourtour de la partie de paroi périphérique 4, la surface extérieure de cette paroi est aplatie, et aux surfaces aplaties respectives sont fixés quatre éléments rectangulaires en verre 6, 7, 8 et 9, par exemple au moyen d'une colle (non représentée).

25 A l'intérieur du vase, il y a quatre canaux radiaux 10, 11, 12 et 13 s'étendant perpendiculairement les uns aux autres à partir d'un espace central 14, tous les canaux communiquant et s'étendant autour de l'axe 5, pour sortir et traverser la partie de paroi 4 et les éléments rectangulaires respectifs 6 à 9. A l'intérieur du vase, les canaux 10 à 13 et l'espace central 14 sont limités par des parois internes en verre 15 qui sont espacées des parties de paroi extérieures circulaires 2 et 3 et qui ne se rencontrent, en étant réunies en une pièce, qu'à la partie de paroi périphérique 4 là où les canaux 10 à 13 sortent en la traversant. Ainsi, à l'intérieur du vase, un espace creux 16 est défini qui

s'étend autour des canaux 10 à 13 et de l'espace central 14 mais en étant séparé des canaux et de cet espace central par les parties de paroi internes 15. L'espace 16 est vidé d'air de manière à aider à l'isolation thermique des canaux et de l'espace central vis-à-vis de l'extérieur du vase.

Chaque canal est perpendiculaire aux deux canaux suivants, c'est-à-dire que les canaux 10 et 12 sont en alignement suivant un premier diamètre du vase alors que les deux autres, c'est-à-dire les canaux 11 et 13 sont en alignement suivant un second diamètre du vase qui est perpendiculaire au premier. Chaque canal 10, 12 a une section transversale de forme carrée ou circulaire par exemple, qui est uniforme le long du canal à partir de l'espace central 14 jusqu'à environ mi-chemin dans l'élément rectangulaire respectif 6 ou 8, point à partir duquel le canal s'élargit rapidement à la manière de l'embouchure d'un entonnoir. Chaque embouchure d'entonnoir débouche à l'extérieur du vase, mais à proximité de chacune d'entre elles, est monté (au moyen d'une structure de support appropriée qui n'est pas représentée) un transducteur électro-acoustique 17. La surface active ou vibrante du transducteur est en regard de l'embouchure de l'entonnoir de sorte que les signaux acoustiques produits par le transducteur se rassembleront dans le canal associé sous l'effet de l'embouchure. Les transducteurs sont reliés électriquement à un générateur 18 de signaux d'attaque.

Par ailleurs, la profondeur de chacun des deux autres canaux 11 et 13, c'est-à-dire la cote dans une section transversale parallèle à l'axe 5, est uniforme sur toute la longueur du canal, mais la largeur (traversalement à l'axe 5) augmente, tout d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement en suivant une courbe régulière en fonction de la distance par rapport à l'espace central 14 jusqu'à l'obtention d'une largeur maximum là où le canal entre dans l'élément rectangulaire respectif 7 ou 9. A partir de ce point, la

largeur du canal diminue mais sans atteindre une valeur aussi petite que la cote de largeur au point où le canal se fonde dans l'espace central 14. En outre, contrairement aux canaux 10 et 12, les canaux 11 et 13 ne débouchent pas à l'extérieur du vase, mais sont au contraire fermés par des diaphragmes élastiques respectifs 19 fixés aux faces extérieures des éléments rectangulaires respectifs 7 et 9, par exemple par des châssis d'assujettissement (non représentés).

A l'intérieur de l'espace central 14, se trouve un élément 20 d'échange de chaleur d'un type qui permet le passage des gaz entre les canaux tout en venant en contact thermique intime avec le gaz, par exemple une masse de laine en brin comme représenté. Des éléments similaires respectifs d'échange de chaleur 21 sont placés à l'intérieur des extrémités extérieures des canaux 11 et 13. Par ailleurs, dans la zone central de chacun des canaux 11 et 13, c'est-à-dire dans une zone s'étendant à partir d'un endroit proche de l'espace central 14 jusqu'à un emplacement proche de l'élément d'échange de chaleur respectif 21, on a prévu un régénérateur 22 (représenté de façon seulement schématique) dont la fonction est de maintenir un certain gradient de température du gaz à l'intérieur du canal entre les deux extrémités du régénérateur. Cette fonction, et un moyen approprié pour l'obtenir, sont bien connus du technicien spécialisé dans l'art de la présente invention et de celui du domaine des dispositifs de refroidissement où l'on utilise des régénérateurs similaires. Par exemple, le régénérateur 22 pourrait avoir la forme d'un ensemble de plaques en regard à tamis métallique (non représentées). Dans un dispositif de refroidissement Stirling, où le régénérateur est à l'intérieur d'un piston déplaceur cylindrique, les plaques comprennent des disques circulaires identiques (rondelles) mais, pour le dispositif illustré, celles-ci seraient rectangulaires et auraient des dimensions différentes de façon que la

structure d'ensemble épouse la forme des canaux 11 et 13. Cependant, on préfère que chaque régénérateur 22 ait la forme décrite dans notre demande de brevet britannique n° 8809707, à savoir qu'il comprenne un ensemble de plaques espacées les unes des autres, chaque plaque s'étendant dans le sens du canal et ayant sur chacune de ses faces une série de bandes en saillie, les bandes s'étendant à travers la face de la plaque et étant espacées les unes des autres le long de la plaque suivant une distance appropriée aux paramètres des ondes acoustiques développées dans le gaz à l'intérieur du canal comme on l'a discuté dans la demande de brevet mentionnée ci-dessus. Pour le dispositif illustré, les plaques pourraient être parallèles aux parties de paroi circulaires 2 et 3 et avoir leurs périphéries façonnées de manière à épouser la courbure du canal 11 et 13, ou bien elles pourraient être perpendiculaires aux parties de paroi 2 et 3 et avoir des longueurs différentes de façon que la forme de l'ensemble épouse celle du canal.

Au centre de la partie de paroi extérieure circulaire 2 du vase, on a prévu une fenêtre 23 transmettant l'infrarouge, et à l'opposé de la fenêtre la partie de paroi interne adjacente 15 comprend une zone 24 à épaisseur réduite sur laquelle est monté, dans le but de se trouver à l'intérieur de l'espace creux 16 séparant les parties de paroi 2 et 15, un élément 25 de détection du rayonnement infrarouge. L'élément 25 est monté de façon à avoir un bon couplage thermique avec l'élément 20 d'échange de chaleur via la surface 24 à épaisseur réduite de la partie de paroi 15. Par ailleurs, naturellement, le rayonnement infrarouge à détecter peut atteindre l'élément 25 via la fenêtre 23.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de modifications et de variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

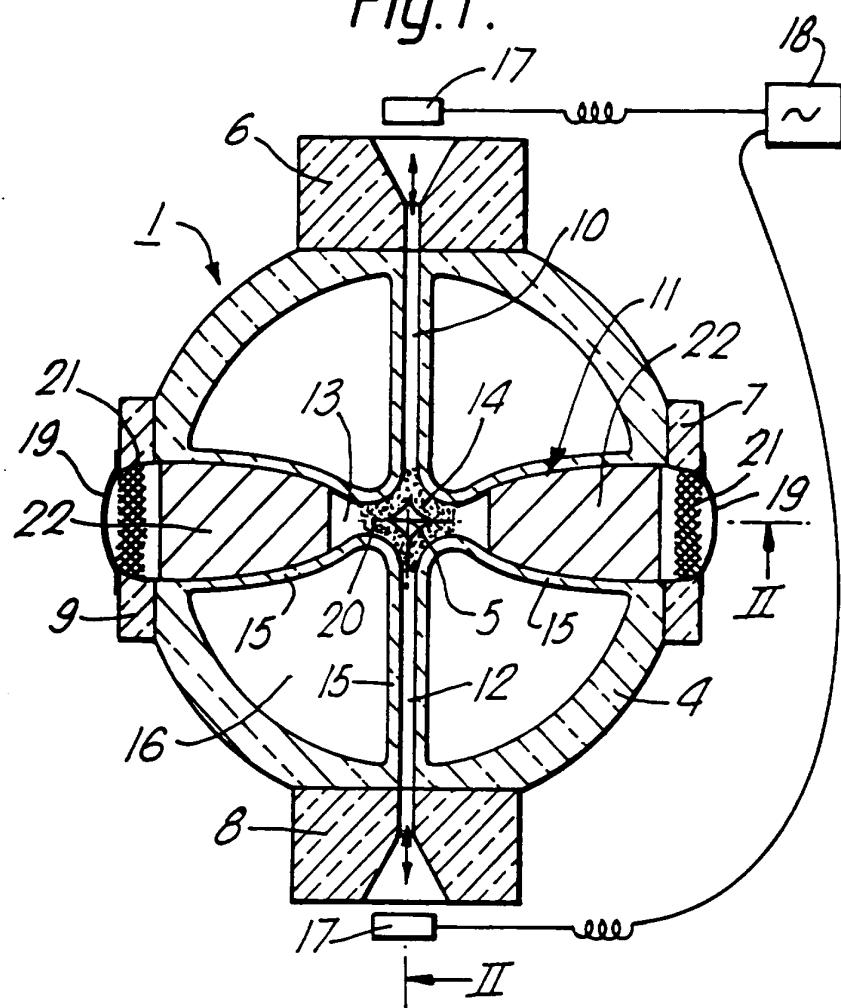
1 - Dispositif de réfrigération thermo-acoustique comprenant un moyen d'enceinte (1) ayant des parois (2, 3, 4, 15) qui définissent, à l'intérieur du moyen d'enceinte, un espace central (14) et, s'étendant vers l'extérieur dans des directions différentes à partir de l'espace central, au moins un premier canal (10; 12) et deux seconds canaux (11, 13), chaque second canal contenant une structure de régénération de la chaleur (22) entre l'espace central et l'extrémité extérieure du canal, et le dispositif comprenant en outre un fluide de travail à l'intérieur des canaux, un premier moyen d'échange de chaleur (21) pour extraire la chaleur des extrémités extérieures des deux seconds canaux, un second moyen d'échange de chaleur (20) pour faciliter le transfert de la chaleur d'un objet à refroidir par le dispositif de réfrigération à l'espace central, et un moyen (17) générateur d'ondes de pression accouplé à l'extrémité extérieure du premier canal pour produire des variations répétitives de la pression dans le fluide de travail.

2 - Dispositif de réfrigération thermo-acoustique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les parties de paroi définissent deux premiers canaux (10, 12) démarrant à l'espace central.

3 - Dispositif de réfrigération thermo-acoustique selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que les deux premiers canaux courent dans des sens exactement opposés.

4 - Dispositif de réfrigération thermo-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le moyen générateur d'ondes de pression est accouplé aux extrémités extérieures des premiers canaux et sert à transmettre au fluide de travail, à ces deux extrémités extérieures, des variations respectives de la pression ayant une relation entre phases telle qu'il y a réduction des

forces, provoquant des vibrations, créées dans l'espace central.

Fig. 1.*Fig. 2.*