

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 538 149

②1 N° d'enregistrement national :

83 20070

⑤1 Int Cl³ : G 10 K 11/16.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14 décembre 1983.

③0 Priorité US, 15 décembre 1982, n° 449 851.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 25 du 22 juin 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : LORD CORPORATION. —
US.

⑦2 Inventeur(s) : Glenn Edwin Warnaka et John Mark Za-
las.

⑦3 Titulaire(s) :

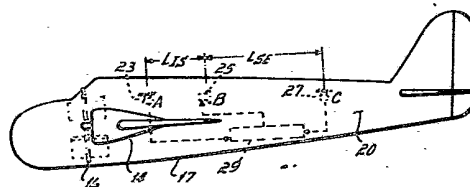
⑦4 Mandataire(s) : Simonnot.

⑤4 Appareil d'atténuation acoustique pour structure fermée.

⑤7 L'invention concerne les appareils d'atténuation acous-
tique active.

Elle se rapporte à un appareil dans lequel un dispositif de
détection tel qu'un accéléromètre 23 constitue un capteur
d'entrée qui alimente un organe 29 de commande d'un haut-
parleur 25 qui crée un son de neutralisation du son qui a été
détecté par l'accéléromètre 23. Un capteur d'erreur 27 permet
la correction de signaux d'excitation du haut-parleur.

Application à l'atténuation du bruit dans les aéronefs.



FR 2 538 149 - A1

D

La présente invention concerne de façon générale le domaine de l'atténuation acoustique active et plus précisément un appareil destiné à atténuer le bruit dans une structure ou un corps fermé.

5 L'atténuation du bruit dans une structure ou un corps fermé, le bruit provenant d'une source placée à l'extérieur ou à l'intérieur de l'enceinte, a été réalisée jusqu'à présent par des dispositifs d'atténuation dits "passifs". Dans le présent mémoire,
10 l'expression "structure fermée" désigne de façon générale une enceinte dont l'intérieur est délimité par des parois essentiellement continues telles qu'une pièce ayant des portes et des fenêtres fermées ou un fuselage d'aéronef dont les portes de sortie sont fermées.
15 L'atténuation passive du son dans ces applications a été réalisée par disposition d'une ou plusieurs couches d'un matériau, par exemple de protection, d'absorption ou d'amortissement, entre la source sonore et la région dans laquelle le niveau de bruit doit
20 être réduit. Par exemple, on peut supposer qu'un son est créé dans une pièce fermée ou une autre structure fermée par une source extérieure à l'enceinte. Un exemple de configuration de matière d'atténuation passive donnant une réduction de bruit dans l'enceinte peut
25 comprendre une couche externe d'une matière protectrice ayant une densité élevée, placée près de la couche limite de l'enceinte ou à son niveau. La matière de densité élevée formant une protection réfléchit une partie au moins des ondes acoustiques qui se propagent
30 de la source extérieure de bruit, vers l'extérieur, à distance de l'enceinte. Dans de nombreuses configurations d'atténuation passive, une couche d'un matériau absorbant acoustiquement, tel que de fibres de verre, ayant pour rôle d'extraire l'énergie des ondes acoustiques
35 de la source qui sont réfléchies par la matière externe de protection vers l'intérieur de l'enceinte, est placée à l'intérieur de la couche limite. Dans certaines applications, le dispositif d'atténuation acoustique pas-

sive peut aussi comprendre des matériaux d'amortissement placés près du matériau absorbant acoustiquement et vers l'extérieur de l'enceinte. Les matériaux d'amortissement, tels que des rubans d'amortissement ou analogue, extraient une quantité supplémentaire d'énergie des ondes acoustiques restantes de la source avant leur entrée à l'intérieur de la structure fermée.

Des dispositifs d'atténuation acoustique passive tels que décrits précédemment assurent une réduction convenable des niveaux de bruit dans diverses applications. Cependant, dans d'autres applications, les matériaux d'atténuation passive sont d'une utilité limitée. Si l'on considère l'application aux fuselages des aéronefs de transport de passagers, décrite plus en détail dans la suite du présent mémoire afin que les avantages de l'invention apparaissent, un dispositif d'atténuation passive du bruit crée autant de problèmes qu'il n'en résout. Comme indiqué précédemment, les matériaux réfléchissants acoustiquement formant une protection doivent être relativement denses pour pouvoir réfléchir efficacement les ondes acoustiques incidentes. Plus la masse volumique d'un matériau est élevée et plus son poids est grand. Il apparaît ainsi que l'augmentation de poids au fuselage d'un aéronef de transport de passagers afin que l'atténuation du bruit soit accrue, a un effet nuisible par réduction de la rentabilité énergétique, de la charge payante et de l'autonomie de vol. En outre, la plupart des matériaux d'amortissement ou absorbant acoustiquement sont détériorés d'une façon relativement facile et forment de mauvaises surfaces pour utilisation à l'intérieur d'un aéronef.

Des efforts limités ont été consacrés jusqu'à présent à la réduction des niveaux sonores à l'intérieur des structures fermées dans les applications dans lesquelles les dispositifs d'atténuation passive posent des problèmes fonctionnels. Une approche du problème d'atténuation du bruit à l'intérieur d'un fuselage

d'aéronef est par exemple décrite dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 685 610. Dans ce brevet, des émetteurs placés à l'extérieur du fuselage près de l'hélice de l'aéronef sont destinés à créer des
5 ondes acoustiques ayant la même fréquence et la même amplitude mais une phase opposée à celle du son produit par les hélices et les moteurs. Il s'agit de la même approche générale décrite dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 2 776 020, appliquée à l'atténuation
10 du bruit des transformateurs. Ces réalisations concernent l'atténuation des ondes acoustiques provenant d'une source externe au niveau de la source ou à son voisinage avant que les ondes acoustiques puissent se propager vers une région telle qu'une structure fermée, dans
15 laquelle le niveau de bruit doit être réduit.

Une seconde approche de ce problème de l'atténuation du son dans un fuselage d'aéronef est décrite dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 2 361 071 qui concerne un dispositif de réduction des vibrations
20 des aéronefs produites par les moteurs et les hélices, en un point du fuselage ou proche de celui-ci. Dans cette réalisation, des dispositifs d'atténuation des vibrations sont disposés de façon aléatoire à l'intérieur du fuselage de l'aéronef. Le dispositif d'atténuation
25 comporte un capteur de vibrations à déplacement destiné à détecter la vibration du fuselage au cours du vol, les capteurs étant destinés à commander des vibreurs électriques montés à l'intérieur de l'enveloppe du fuselage et destinés à créer des vibrations opposées
30 à celles qui agissent à la surface externe du fuselage. Aucun renseignement n'est donné sur les emplacements préférables de tels dispositifs d'amortissement des vibrations le long du fuselage et il apparaît que des difficultés importantes seraient rencontrées pour
35 l'équilibrage des vibrations lorsque les éléments sont placés le long de tout le fuselage. En outre, le nombre d'éléments nécessaires apparemment rend cette solution coûteuse et inefficace.

L'invention a donc pour objet un dispositif d'atténuation active du bruit à l'intérieur d'une structure fermée.

Elle concerne aussi un appareil actif d'atténua-
5 tion du bruit dans une enceinte telle qu'une enceinte ou un corps fermé, le bruit provenant d'une ou plusieurs sources de bruit placées à l'extérieur de l'enceinte ou à l'intérieur.

Elle concerne aussi un appareil d'atténuation
10 active du bruit à l'intérieur d'une structure fermée, le bruit étant produit par une source externe à la structure, comprenant l'égalisation de la pression exercée par les ondes acoustiques de la source à la surface externe de l'enceinte.

Elle concerne aussi un appareil d'atténuation
15 active destiné à réduire les niveaux de bruit dans une structure fermée, l'appareil étant tel que tous ses éléments se trouvent à des noeuds de pression acoustique élevée à l'intérieur de la structure.

Plus précisément, l'invention concerne un
20 appareil d'atténuation acoustique active qui comporte des dispositifs de détection du son de la source, des dispositifs de neutralisation, des dispositifs de détection d'erreur et un organe électronique de
25 commande. Des dispositifs de détection du son de la source sont placés à l'extérieur de l'enceinte près de la source de bruit, dans un mode de réalisation de l'invention, et à l'intérieur de l'enceinte dans un autre mode de réalisation de l'invention, et ils
30 sont destinés à former des signaux électriques représentant les caractéristiques de phase et d'amplitude du son de la source. Les dispositifs de neutralisation sont placés dans l'enceinte et sont destinés à créer un son de neutralisation qui comporte des ondes acousti-
35 ques d'amplitude correspondante mais de phase opposée à celles du son de la source. La combinaison du son de la source et du son de neutralisation à l'intérieur de l'enceinte est détectée par des dispositifs de

détection d'erreur destinés à créer des signaux électriques représentatifs de la sommation acoustique des caractéristiques de phase et d'amplitude du son combiné de la source et de neutralisation. Un organe électronique de commande est relié aux dispositifs de détection du son de la source, aux dispositifs de neutralisation et aux dispositifs de détection d'erreur, dans chaque mode de réalisation de l'invention, et son rôle est d'abord de traiter les signaux électriques provenant des dispositifs respectifs de détection du son de la source, de créer des signaux de sortie destinés à exciter les dispositifs de neutralisation afin que ceux-ci forment un son de neutralisation ayant les caractéristiques convenables d'amplitude et de phase, puis de régler son signal de sortie d'après les signaux électriques provenant des dispositifs respectifs de détection d'erreur.

Comme décrit plus en détail dans la suite du présent mémoire, on a constaté que la disposition d'éléments de l'appareil décrits précédemment les uns par rapport aux autres et par rapport à certaines zones de l'intérieur de l'enceinte est primordiale pour une atténuation convenable à l'intérieur de l'enceinte. Dans un mode de réalisation de l'invention, des dispositifs de détection du son de la source, des dispositifs de neutralisation et des dispositifs de détection d'erreur sont disposés de préférence chacun dans une région de pression acoustique élevée à l'intérieur de l'enceinte ou près d'une telle région. Des régions ayant des pressions acoustiques élevée et faible sont formées par propagation des ondes acoustiques de la source à l'intérieur de l'enceinte et les emplacements de ces régions peuvent être déterminés par mesure et/ou analyse.

Dans un second mode de réalisation d'appareil d'atténuation acoustique active, des dispositifs de détection d'entrée sont placés près d'une source sonore externe et des dispositifs de neutralisation qui,

dans ce mode de réalisation, comportent des guides d'onde, sont placés dans l'enceinte très près d'une ou plusieurs régions dans lesquelles les ondes acoustiques provenant de la source sonore externe parviennent à la surface externe de l'enceinte. La pression exercée contre la surface externe de l'enceinte par les ondes acoustiques de la source est égalisée par neutralisation des ondes sonores provenant des dispositifs de neutralisation à l'intérieur de l'enceinte. La vibration des parois de l'enceinte dans ces régions localisées est ainsi éliminée ou au moins réduite avant que la vibration puisse se propager vers le reste de l'enceinte. Les dispositifs de détection d'erreur, dans ce mode de réalisation, sont placés à l'intérieur de l'enceinte afin qu'ils détectent la sommation acoustique des ondes sonores externes et des ondes sonores de neutralisation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une vue en plan d'un aéronef à moteur à hélice, comprenant un appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention ;

la figure 2 est une élévation latérale du fuselage de l'aéronef de la figure 1, comprenant un premier mode de réalisation d'appareil d'atténuation selon l'invention ;

la figure 3 est un diagramme des temps représentant la configuration des noeuds de pression à l'intérieur du fuselage de l'aéronef ;

la figure 4 est une coupe partielle suivant la ligne 4-4 de la figure 1, représentant un second mode de réalisation d'appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention ; et

la figure 5 est un diagramme synoptique d'un circuit formant l'organe électronique de commande de l'appareil selon l'invention.

On se réfère maintenant aux dessins et en particulier à la figure 1 sur laquelle l'appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention est représenté en partie en coopération avec un aéronef 5 1 ayant des moteurs 13 et 14 à hélices 15 et 16 respectivement et un fuselage allongé 17 de forme cylindrique. Il faut noter que, bien qu'on décrive l'invention en référence à l'atténuation du bruit à l'intérieur 20 d'un fuselage 17 d'aéronef, il ne s'agit que de 10 l'une des applications dans laquelle l'invention est particulièrement avantageuse. Il faut noter que pratiquement toute structure ou tout corps essentiellement fermé, dans lequel un dispositif passif d'atténuation sonore n'a qu'une valeur limitée, peut tirer avantage 15 de l'invention.

Le bruit à l'intérieur d'un aéronef est en général produit par deux sources. Aux faibles vitesses de vol, la cause principale du bruit à l'intérieur est due aux moteurs et/ou aux hélices de l'aéronef 20 qui créent des ondes et des vibrations acoustiques parvenant sur des zones relativement localisées de l'extérieur du fuselage. La vibration du fuselage est produite dans ces régions localisées et se propage sur toute la surface externe. Le bruit produit aux 25 vitesses de croisière comprend une contribution importante de la turbulence de la couche limite ou du passage de l'air sur le fuselage et les ailes de l'aéronef à vitesses relativement élevées. La turbulence de la couche limite n'est habituellement pas limitée 30 à un emplacement particulier sur le fuselage mais apparaît en général sur toute la surface.

On se réfère maintenant à la figure 2 qui représente un premier mode de réalisation d'appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention. 35 Cette partie de l'appareil d'atténuation concerne essentiellement l'atténuation du son apparaissant partout à l'intérieur 20 du fuselage et qui peut être par exemple provoqué par la turbulence de la couche

limite, avec au moins une certaine contribution des moteurs 13, 14 et des hélices 15, 16. On sait qu'une onde sonore ou acoustique comprend une séquence de compressions ou régions à pression élevée, et de raréfactions ou régions à faible pression, avec une phase et une fréquence déterminées. Dans le cas d'un fuselage déterminé 17 d'aéronef soumis à la turbulence de la couche limite par exemple et au bruit dû aux moteurs et aux hélices, les ondes acoustiques 19 sont créées dans le fuselage 17 avec une amplitude, une fréquence et une phase telles qu'indiquées sur la figure 3.

Des ondes de pression secondaires ou de neutralisation ayant des compressions et des raréfactions de même amplitude mais décalées de 180° par rapport aux ondes de pression du son de la source 19 sont produites par l'appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention afin que le niveau de bruit à l'intérieur du fuselage soit réduit. L'appareil actif comprend un capteur 23 d'entrée destiné à détecter le niveau sonore à l'intérieur 20 du fuselage et produit par une source quelconque de son, placée à l'extérieur ou à l'intérieur du fuselage 17. Le capteur 23 d'entrée peut être un microphone, un accéléromètre ou tout autre type convenable de transducteur. Un haut-parleur 25, destiné à créer des ondes acoustiques ou une pression de neutralisation, est monté à l'intérieur du fuselage 17 et à distance du capteur 23 d'entrée. Le capteur 23 est placé en amont par rapport au haut-parleur 25 de manière que les ondes acoustiques de neutralisation du haut-parleur 25 se propagent en sens opposé par rapport au capteur 23. Un capteur 27 d'erreur est monté sur le fuselage 27 en aval du haut-parleur 25 et dans la direction de propagation du son de celui-ci. Comme dans le cas du capteur d'entrée 23, le capteur 27 d'erreur est un transducteur d'un type quelconque tel qu'un microphone ou un accéléromètre. Le capteur 27 d'erreur est destiné à détecter la sommation acoustique du son de la source à l'intérieur 20 du fuselage et du son de neutralisation

produit par le haut-parleur 25. Chacun de ces éléments est relié à un organe électronique 29 de commande qui est représenté plus en détail sur la figure 5.

On sait que le principe de l'atténuation dite active des ondes acoustiques, par opposition à l'atténuation passive décrite précédemment, repose sur le fait que la vitesse du son dans l'air est bien inférieure à la vitesse des signaux électriques. Le temps qu'il faut pour qu'une onde acoustique se propage d'un emplacement auquel elle peut être détectée à un second emplacement auquel elle peut être atténuée, est bien suffisant pour l'échantillonnage de l'onde qui se propage, pour le traitement de cette information dans un circuit électronique et pour la création d'un signal de pilotage d'un haut-parleur destiné à l'introduction d'un son de neutralisation déphasé de 180° par rapport au son qui se propage et de même amplitude que celui-ci.

On se réfère maintenant aux figures 2 et 5 qui illustrent le fonctionnement de l'appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention. Le son de la source à l'intérieur du fuselage 17 est détecté ou échantillonné par le capteur 23 d'entrée qui forme un signal électrique représentant les caractéristiques de phase et d'amplitude du son de la source. Ce signal S_t est transmis à l'organe 29 de commande tel que représenté sur la figure 2. Bien qu'on n'ait représenté qu'un seul capteur d'entrée 23 sur la figure 2, formant un seul signal de sortie S_t , l'organe 29 de commande peut comporter un multiplexeur ou un dispositif analogue permettant le traitement des signaux S_t provenant d'un arrangement de capteurs d'entrée 23. Lors de l'utilisation d'un arrangement de capteurs d'entrée 23, l'organe 29 de commande est destiné à analyser en série les signaux S_t de tous les capteurs 23 et à effectuer un calcul de moyenne ou de somme avec formation d'un seul signal combiné S_t destiné à être

traité dans l'organe 29 de commande. En conséquence, dans le présent mémoire, le signal S_t désigne soit le signal d'un seul capteur 23 soit un signal combiné provenant d'un arrangement de capteurs 23 d'entrée et représentant la moyenne ou la somme de tels signaux multiples.

L'organe 29 de commande transmet un signal de sortie y_j d'excitation du haut-parleur 25 qui introduit des ondes de pression de neutralisation à l'intérieur du fuselage avec des compressions et raréfactions de même amplitude mais déphasées de 180° par rapport à celles des ondes de pression 19 de la source (voir figure 3). Le capteur 27 d'erreur placé en aval du haut-parleur 25 détecte ou échantillonne la sommation acoustique du son de la source et du son de neutralisation provenant du haut-parleur 25 et crée un signal e_t qui est une représentation des caractéristiques d'amplitude et de phase d'une telle sommation acoustique. Un seul capteur 27 d'erreur est représenté sur les dessins, comme pour le capteur 23 d'entrée. Cependant, un arrangement de capteurs 27 d'erreur peut être utilisé pour la détection de la sommation du son de la source et du son de neutralisation. Les signaux e_t produits par de tels capteurs 27 d'erreur sont combinés par l'organe 29 de commande comme décrit précédemment pour les signaux d'entrée S_t , afin qu'ils forment un signal de moyenne ou de somme e_t qui est introduit comme signal d'erreur dans l'organe 29 de commande.

Un exemple d'organe 29 de commande convenant à un appareil d'atténuation acoustique par adaptation selon l'invention est représenté plus en détail sur la figure 5. Pour la simplification de la discussion et du fonctionnement de l'appareil considéré, l'organe 29 de commande schématiquement représenté sur la figure 5 est identique à une version simplifiée d'organe électronique de commande décrit dans la demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 213 254, déposée

le 5 décembre 1980 sous le titre " Active Acoustic Attenuator", cédée à la Demanderesse. On peut se référer à la description détaillée de l'organe électronique de commande décrit dans ce document.

5 L'organe 29 de commande comprend un filtre 31' de neutralisation par adaptation qui reçoit les signaux électriques S_t directement du capteur d'entrée 23. Les signaux électriques e_t du capteur d'erreur 27 parviennent à un filtre 33' de correction de déphasage 10 qui assure la compensation des résonances acoustiques éventuelles qui peuvent existées dans le fuselage 17. Le signal filtré d'erreur parvient alors à une boucle continue, désignée de façon générale par la référence 35', et qui comprend un filtre passe-bas 15 37' et un circuit sommateur 39'. La boucle continue 35' est nécessaire au fonctionnement stable du filtre 31' de neutralisation par adaptation comme décrit dans la demande précitée de brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 213 254.

20 Le filtre 31' de neutralisation par adaptation est destiné à recevoir les signaux d'entrée du capteur 23 qui sont en fait des échantillons des formes d'ondes formant le son de la source à l'intérieur du fuselage 17. Comme les ondes acoustiques ne sont pas de simples 25 impulsions mais des formes d'onde continues, une technique d'échantillonnage doit être utilisée de manière que les signaux d'entrée soient des échantillons séparés de la forme d'onde, correspondant à des prélèvements à intervalles réguliers. Le filtre 31' retarde, filtre 30 et modifie l'échelle de ces signaux d'entrée, puis forme un signal de sortie y_j qui est amplifié dans l'amplificateur 41' puis transmis au haut-parleur 25 de neutralisation afin que le son de neutralisation soit introduit dans le fuselage 17. Le capteur 27 35 d'erreur détecte la sommation du son de neutralisation et du son de la source combinés et crée un signal électrique qui est traité dans l'organe 29 de commande.

Comme décrit en détail dans la demande précitée de brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 213 254, les signaux d'erreur du capteur 27 sont traités dans le filtre 31 de neutralisation d'adaptation avec les signaux d'entrée qui ont donné naissance aux signaux d'erreur si bien que les signaux de sortie y_j transmis au haut-parleur de neutralisation peuvent mieux correspondre à l'image spéculaire des caractéristiques réelles d'amplitude et de phase du son de la source.

Un certain retard est associé au fonctionnement de l'organe 29 de commande afin que les calculs nécessaires au retardement, au filtrage et au changement d'échelle des signaux d'entrée S_t utilisés pour la formation d'un signal de sortie soient réalisés et que le signal de sortie y_j soit réglé en fonction des signaux d'erreur e_t . Ce retard est exprimé sous la forme suivante :

$$T_c = T_F + T_R \quad (1)$$

dans laquelle T_c est le retard total de l'organe de commande, T_F est le retard associé au filtre de neutralisation par adaptation et T_R est le retard associé au reste du circuit de l'organe de commande.

Compte tenu du retard total T_c associé à l'organe 29 de commande, la distance séparant le capteur 23 d'entrée du haut-parleur 25 L_{IS} et la distance séparant le haut-parleur 25 du capteur d'erreur 27 L_{SE} doivent être réglées dans des plages déterminées afin que l'atténuation du son de la source dans le fuselage 17 soit convenable.

La distance L_{IS} séparant le capteur 23 d'entrée du haut-parleur 25 doit être suffisante pour que le temps nécessaire à la propagation du son de la source qui est échantillonné entre ces deux éléments soit supérieur au retard total de l'organe de commande. Cette relation peut être représentée par l'équation suivante :

$$T_{IS} \gg T_c \quad (2)$$

dans laquelle T_{IS} représente le temps nécessaire pour que le son de la source se propage du capteur 23 d'entrée

au haut-parleur 25. L'équation (2) indique que le temps nécessaire à la propagation du son de la source du capteur 23, au niveau duquel il est échantillonné, au haut-parleur 25 au niveau duquel le son de neutralisation est combiné au son de la source, doit permettre à l'organe 29 de commande de créer un signal de sortie y_j de pilotage du haut-parleur 25. Par exemple, si le retard total au temps de traitement de l'organe 29 de commande T_C est égal à 0,004 seconde et pour une vitesse du son dans l'air de 345 m/s, la distance L_{IS} entre le capteur 23 d'entrée et le haut-parleur 25 doit être supérieure ou égale à 1,37 m environ. Cette distance est telle que le temps T_{IS} est supérieur ou égal à 0,004 s environ.

De même, la distance L_{SE} entre le haut-parleur 25 de neutralisation et le capteur 27 d'erreur doit être suffisant pour que le filtre 31 de neutralisation par adaptation de l'organe 29 de commande ait suffisamment de temps pour la formation d'un signal de sortie y_j , pour sa transmission au haut-parleur 25 et pour que le haut-parleur 25 introduise le son de neutralisation dans le fuselage 17. Cette relation est représentée par l'équation :

$$T_{SE} \leq T_F \quad (3)$$

dans laquelle T_{SE} représente le temps nécessaire à la propagation du son de la source et du son de neutralisation du haut-parleur 25 au capteur 27 d'erreur. Comme indiqué précédemment, le son de la source est d'abord échantillonné par le capteur 23 d'entrée, il se propage ensuite vers le haut-parleur 25 afin qu'il se combine au son de neutralisation, et il se propage alors vers le capteur 27 d'erreur qui assure l'échantillonnage. Un temps déterminé est nécessaire pour que le son de la source atteigne le capteur 27 d'erreur à partir du capteur 23 et du haut-parleur 25. L'organe 29 de commande est réalisé afin qu'il conserve les échantillons d'entrée du son de la source provenant du capteur 23 d'entrée en vue de leur traitement

ultérieur avec les signaux d'erreur correspondant à ce son de la source et qui sont échantillonnés ultérieurement par le capteur 27 d'erreur. Le temps de mémorisation et de traitement est identifié comme
5 étant le temps de traitement T_F par le filtre de neutralisation par adaptation. L'équation (3) indique que ce retard T_F doit être obtenu par disposition du haut-parleur 25 de compensation et du capteur d'erreur
10 27 à une distance L_{SE} telle que le son qui se propage entre eux arrive au niveau du microphone 27 d'erreur depuis le haut-parleur 25 avant ou en même temps (T_{SE}) que le filtre 31' de neutralisation par adaptation termine son opération de traitement.

Les distances L_{IS} et L_{SE} décrites précédemment
15 doivent être choisies afin qu'elles correspondent aux équations (2) et (3), donnant une atténuation optimale du son de la source à l'intérieur du fuselage 17. Des critères fixés par les équations (2) et (3) dépendent des retards propres au fonctionnement de
20 l'organe 29 de commande et des retards analogues existent lors de l'utilisation de tout autre circuit d'adaptation. On a constaté qu'une seconde condition devait être remplie par les distances séparant le capteur 23 d'entrée du haut-parleur 25 L_{IS} et séparant le haut-parleur
25 25 du capteur d'erreur 27 L_{SE} , ces distances étant indépendantes du type d'organe électronique de commande utilisé selon l'invention.

On se réfère maintenant aux figures 1 à 3 et on suppose qu'une source de son crée des ondes
30 de pression 19 à l'intérieur 20 du fuselage, avec des régions de pression acoustique élevée 21 et des régions de pression acoustique faible 22. On suppose que, pour une enceinte et une source sonore déterminées, de telles régions 21, 22 peuvent être mesurées et/ou
35 déterminées par analyse. On a constaté que l'atténuation était optimale dans une enceinte telle qu'un fuselage 17 lorsque le capteur 23 d'entrée, le capteur

27 d'erreur et, dans la mesure du possible, le haut-parleur 25 étaient placés dans une région de pression acoustique élevée 21 ou très près d'une telle région. Une atténuation nettement plus faible est obtenue

5. lorsque les capteurs d'entrée et d'erreur 23, 27 surtout sont placés dans une région de faible pression acoustique 22 ou à son voisinage.

Sur les figures 1 à 3, un seul capteur 23 d'entrée, un seul haut-parleur 25 et un seul capteur

10 27 d'erreur sont placés à des endroits A, B et C respectivement à l'intérieur 20 du fuselage. Lorsque le son de la source introduit et la configuration de l'intérieur 20 du fuselage restent constants, un seul capteur

15 23 d'entrée à l'endroit A détecte toujours le son de la source dans une région de pression acoustique élevée 21 ou près d'une telle région. Ceci n'est pas vrai dans le cas du capteur d'erreur 27 placé à l'endroit

20 C. En conséquence, dans certaines applications, la disposition d'un arrangement de capteurs 27 d'erreur ou de capteurs 23 d'entrée dans une enceinte donnée peut être nécessaire de manière qu'au moins un capteur se trouve dans une région de pression acoustique élevée ou à son voisinage immédiat pour tous les diagrammes prévus de pression sonore. Par exemple, dans l'application

25 représentée sur les figures 1 à 3, un second capteur d'erreur 27 peut être placé à l'endroit C' afin qu'au moins un capteur d'erreur 27 se trouve dans une région 21 de pression acoustique élevée ou très près de celle-ci pour chacun des diagrammes de pression des

30 courbes a à g de la figure 3. Comme décrit précédemment, l'organe 29 de commande est destiné à analyser en série les signaux S_t provenant de plus d'un capteur 23 d'entrée et/ou des signaux e_t provenant de plusieurs capteurs 27 d'erreur, et à calculer une moyenne ou

35 une somme de ces signaux destinés à être traités. En conséquence, plusieurs capteurs 23 d'entrée et plusieurs capteurs d'erreur peuvent être utilisés dans toute enceinte suivant le diagramme des ondes

acoustiques créées à l'intérieur à partir d'une source sonore donnée. Bien que le haut-parleur 25 soit de préférence placé dans une région 21 de pression acoustique élevée ou près d'une telle région, on a constaté que
5 l'atténuation assurée par l'appareil 11 n'était pas affectée de façon très importante lorsque le haut-parleur 25 se trouvait à une certaine distance d'une région 21 de pression acoustique élevée.

En conséquence, le premier mode de réalisation
10 de l'invention correspondant aux figures 2 et 3 assure la disposition préférée du capteur 23 d'entrée, du haut-parleur 25 et du capteur 27 d'erreur les uns par rapport aux autres (L_{IS} , L_{SE}) de manière que les équations (2) et (3) soient satisfaites et par rapport
15 aux régions de pression acoustique élevée établies par le son de la source dans une enceinte donnée telle qu'un fuselage 17. Les distances L_{IS} et L_{SE} doivent être choisies à la fois en fonction des retards dus à l'organe 29 de commande et du diagramme de pression
20 établi dans l'enceinte par le son d'une source donnée.

On se réfère maintenant à la figure 4 qui représente un second mode de réalisation d'appareil d'atténuation acoustique active selon l'invention. Comme indiqué précédemment, une source importante
25 de bruit à l'intérieur 20 du fuselage d'un aéronef, à faible vitesse de l'air ou lorsque l'aéronef est au ralenti, est la vibration du fuselage 17 sous l'action des moteurs 13, 14 et des hélices 15, 16. Comme indiqué sur la figure 4, les ondes de pression produites par
30 la rotation des hélices 15, 16 frappent la surface externe du fuselage 17 suivant un diagramme qui recouvre une région relativement bien définie. Ces ondes de pression provoquent la vibration du fuselage 17 dans ces régions, ces vibrations se propageant sur toute
35 la surface du fuselage 17 en créant ainsi un bruit à l'intérieur 20 du fuselage. Le mode de réalisation d'appareil d'atténuation acoustique active représenté

sur la figure 4 concerne essentiellement la création d'ondes de pression, à la surface interne du fuselage 17, dans la ou les régions des ondes de pression parvenant à la surface externe, ces ondes internes de pression
5 ayant la même intensité et la même amplitude
mais un déphasage de 180° par rapport aux ondes de pression externes.

L'opération est réalisée par utilisation de la configuration de la figure 4 dans laquelle des
10 capteurs 31 et 32 d'entrée sont montés au niveau de chacun des moteurs 13, 14 de l'aéronef 11 respectivement. Les capteurs 31, 32 sont des accéléromètres ou des transducteurs analogues sensibles aux vibrations, destinés à former un signal électrique qui représente
15 les caractéristiques d'amplitude et de phase de la vibration produite par les moteurs 13. Un ou plusieurs haut-parleurs 33 sont montés dans le fuselage 17 sous le plancher 22 ou à un autre emplacement commode. Les haut-parleurs 33 sont reliés à l'organe 29 de
20 commande comme décrit en détail précédemment. Les haut-parleurs 33 sont reliés par des canaux 35 à un guide d'onde 37 monté très près du fuselage 17, à moins d'une longueur d'onde à la fréquence la plus élevée du son de la source à atténuer. Le guide d'onde
25 37 a une configuration correspondant au diagramme d'incidence des ondes sonores produites par le moteur 13 et les hélices 15 contre la surface externe du fuselage 17.

L'organe 29 de commande est destiné à créer, de la
30 manière décrite précédemment, un signal de pilotage des haut-parleurs 33 de manière que des ondes de pression sonores de neutralisation pénètrent dans le guide d'onde 37, ces ondes, lorsqu'elles sortent du guide d'onde, ayant une intensité et une amplitude égales
35 à celles des ondes sonores de la source parvenant à la surface externe du fuselage 17, mais ayant une phase opposée. Comme le guide d'onde est disposé au-dessus d'une région de l'intérieur du fuselage 17 qui correspond,

par sa forme, au diagramme des ondes sonores externes parvenant à la surface extérieure du fuselage 17, la pression exercée contre le fuselage 17 par les ondes sonores externes à cet emplacement est au moins
5 compensée en partie par les ondes sonores internes avant que les vibrations produites à l'interface puissent se propager vers la surface restante du fuselage 17. Un capteur 39 d'erreur est monté dans le fuselage 17, au voisinage du guide d'onde 37, et il est destiné
10 à former un signal électrique représentant l'amplitude et la phase des ondes sonores combinées externes et internes produites dans la région localisée du guide d'onde 37.

De même, un second arrangement de haut-parleurs
15 41 est placé de l'autre côté du fuselage 17 pour la compensation des ondes de pression produites par l'autre moteur 14 et les hélices 16. Les haut-parleurs 41 sont reliés à l'organe 29 de commande par des amplificateurs et sont destinés chacun à transmettre les ondes
20 pression de neutralisation par des canaux 43 et dans un guide d'onde 45. Ce dernier est monté vers l'intérieur du fuselage 17 à un emplacement auquel les ondes externes de pression provenant du moteur 14 et des hélices 16 viennent frapper le fuselage 17, et sa configuration
25 correspond aussi bien que possible au diagramme d'incidence des ondes externes de pression sur le fuselage 17. La pression résultante à cet emplacement du fuselage 17 est ainsi compensée au moins partiellement avant que les vibrations induites par les ondes sonores
30 externes puissent se propager dans tout le fuselage 17. Un microphone 47 d'erreur est placé à l'intérieur 20 et il est destiné à former un signal électrique représentant les caractéristiques d'amplitude et de phase de la combinaison des ondes acoustiques internes
35 et externes, au voisinage du guide d'onde 45.

Le fonctionnement de l'organe 29 de commande, dans ce mode de réalisation de l'invention, est identique

à celui décrit précédemment. L'organe 29 de commande est destiné à traiter les signaux d'entrée provenant des capteurs 31, 32, à former des signaux de sortie Y_j destinés aux arrangements de haut-parleurs 33, 41 et à traiter les signaux d'erreur provenant des microphones 39, 47 de la manière décrite précédemment. En outre, plusieurs capteurs d'entrée 31, 32 et plusieurs capteurs d'erreur 39, 47 peuvent être utilisés pour les deux côtés du fuselage 17 dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2, les signaux de ces éléments étant traités par l'organe 29 de commande de la manière décrite précédemment.

Comme indiqué précédemment, la distance L_{IS} entre le capteur d'entrée et les haut-parleurs de neutralisation, et la distance L_{SE} entre les haut-parleurs de neutralisation et les capteurs d'erreur doivent être comprises dans des plages déterminées en fonction des retards acoustiques présentés par l'organe 29 de commande et en fonction des équations (2) et (3). Cette règle générale s'applique au mode de réalisation de la figure 4, avec une légère modification. L'équation (2) indique que la distance L_{IS} entre les capteurs d'entrée et le haut-parleur doit être telle que le temps nécessaire pour que le son de la source se propage entre ces deux éléments, T_{IS} , soit supérieur ou égal au retard total dans l'organe 29 de commande T_c . Dans le premier mode de réalisation de l'invention, le haut-parleur 25 de neutralisation est placé dans le fuselage 17 et le son de neutralisation qu'il crée pénètre immédiatement dans le fuselage 17. Le mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 4 met en oeuvre des guides d'onde 37, 45 pour la propagation du son de neutralisation à partir des arrangements de haut-parleurs 33, 41, et ces sons se propagent avant d'être combinés aux ondes sonores agissant à la surface externe du fuselage 17. En conséquence, un retard supplémentaire T_w dû

à l'appareil s'ajoute au retard total T_c de commande, du fait de l'addition des guides d'onde. Ce retard supplémentaire nécessite la modification de l'équation d'origine (2) de la manière suivante :

$$5 \quad T_{IS} \quad T_c + T_c \quad (4)$$

dans laquelle T_w représentant le temps nécessaire à la propagation du son de neutralisation provenant des haut-parleurs jusqu'au point de combinaison avec le son de la source. En conséquence, la distance L_{IS} séparant les cap-
 10 teurs d'entrée 31, 32 aux guides d'onde 37, 45 de chaque côté du fuselage 17 doit être réglée en fonction de se retard supplémentaire dû au temps de propagation du son de neutralisation dans les guides d'onde 37, 45.

Bien qu'on les aient décrits séparément,
 15 il faut noter que les deux modes de réalisation de l'invention correspondant aux figures 2 et 4 peuvent être combinés comme représenté sur la figure 1 afin qu'ils constituent un appareil d'atténuation acoustique active pour toute enceinte soumise à divers bruits
 20 différents, comme cela est le cas d'un fuselage 17 d'aéronef. En outre, chaque mode de réalisation peut être utilisé séparément dans une application particulière lorsque les circonstances le nécessitent. Par exemple, l'atténuation du son d'une source dans une cabine
 25 de camion, le bruit se concentrant dans une région relativement bien délimitée aux points de montage de la cabine sur le châssis, peut être une application dans laquelle le mode de réalisation de la figure
 4 peut être préférable. D'autres applications d'un
 30 mode de réalisation de l'invention ou des deux sont aussi possibles.

Il est bien entendu que l'invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préféren-
 35 tiel et qu'on pourra apporter toute équivalence technique dans ses éléments constitutifs sans pour autant sortir de son cadre.

REVENDICATIONS

1. Appareil d'atténuation du son d'une source dans une structure fermée, le son de la source formant plusieurs régions de pression acoustique élevée et de faible pression acoustique à l'intérieur de la structure fermée, caractérisé en ce qu'il comprend :
- 5 un dispositif de détection d'entrée (23) placé près d'une région de pression élevée dans la structure fermée, le dispositif de détection d'entrée étant destiné à former des signaux électriques représentatifs des caractéristiques d'amplitude et de phase du son de la source,
- 10 un dispositif de neutralisation (25) placé dans la structure fermée et destiné à créer des ondes sonores de neutralisation d'amplitude correspondant à celle du son de la source mais déphasée de 180° par rapport à ce son afin que ces ondes soient combinées au son de la source,
- 15 un dispositif de détection d'erreur (27) placé près d'une région de pression acoustique élevée à l'intérieur de la structure fermée, à distance du dispositif de détection et du dispositif de neutralisation, le dispositif de détection d'erreur étant destiné à former des signaux électriques représentatifs des caractéristiques d'amplitude et de phase de la combinaison du son de la source et du son de neutralisation, et
- 20 un organe électronique de commande (29) relié au dispositif de détection d'entrée, au dispositif de neutralisation et au dispositif de détection d'erreur, l'organe électronique de commande étant destiné à traiter les signaux électriques provenant du dispositif de détection d'entrée, à former des signaux de sortie destinés à piloter le dispositif de neutralisation afin qu'il forme un son de neutralisation, et à régler les signaux de sortie d'après les signaux électriques du dispositifs de détection d'erreur afin que des signaux révisés de sortie destinés au pilotage du dispositif
- 25
- 30
- 35

de neutralisation soient formés.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de détection d'entrée (23) comporte au moins un transducteur choisi dans le groupe
5 qui comprend les microphones et les accéléromètres.
3. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de compensation (25) comporte au moins un haut-parleur.
4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé
10 en ce que le dispositif de détection d'erreur (27) comporte au moins un transducteur choisi dans le groupe qui comprend les microphones et les accéléromètres.
5. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe électronique de commande (29) introduit
15 un retard de traitement pendant son fonctionnement, l'espace entre le dispositif de détection d'entrée (23) et le dispositif de neutralisation (25) étant réglé de manière que le temps nécessaire à la propagation du son de la source du dispositif de détection d'entrée
20 (23) au dispositif de neutralisation (25) soit au moins égal au retard de traitement.
6. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe électronique de commande (29) comprend un filtre de neutralisation par adaptation (31'),
25 ce filtre introduisant un retard dans le fonctionnement de l'organe électronique de commande, l'espace séparant le dispositif de neutralisation (25) du dispositif de détection d'erreur (27) étant tel que le temps nécessaire pour que la combinaison du son de la source
30 et du son de neutralisation se propage du haut-parleur de neutralisation (25) au dispositif de détection d'erreur (27) est inférieur au retard produit par le filtre de neutralisation par adaptation (31') au cours du fonctionnement de l'organe électronique de
35 commande.
7. Appareil d'atténuation du son d'une source dans une structure fermée, le son de la source créant plusieurs régions de pression acoustique élevée et

de faible pression acoustique à l'intérieur de la structure fermée, caractérisé en ce qu'il comprend :

un dispositif de détection d'entrée (23) placé près d'une région à haute pression dans la structure fermée,
5 le dispositif de détection d'entrée étant destiné à former des signaux électriques représentant les caractéristiques d'amplitude et de phase du son de la source,

un dispositif de neutralisation (25) destiné
10 à former des ondes acoustiques de neutralisation ayant une amplitude correspondant au son de la source mais déphasée de 180° par rapport à ce son afin que ces ondes soient combinées au son de la source, le dispositif de neutralisation étant placé près d'une région à
15 haute pression dans la structure fermée et étant à distance du dispositif de détection d'entrée,

un dispositif de détection d'erreur (27) placé près d'une région de pression acoustique élevée dans la structure fermée et à distance du dispositif
20 de détection d'entrée et du dispositif de neutralisation, le dispositif de détection d'erreur étant destiné à former des signaux électriques représentatifs des caractéristiques d'amplitude et de phase de la combinaison du son de la source et du son de neutralisation, et

25 un organe électronique de commande (29) relié au dispositif de détection d'entrée, au dispositif de neutralisation et au dispositif de détection d'erreur, l'organe électronique de commande étant destiné à traiter les signaux électriques du dispositif de détection
30 d'entrée, à former des signaux de pilotage du dispositif de neutralisation afin que le son de neutralisation soit formé, et à régler lesdits signaux de sortie d'après les signaux électriques du dispositif de détection d'erreur afin que des signaux révisés de sortie soient
35 formés pour le pilotage du dispositif de neutralisation.

8. Appareil d'atténuation d'ondes sonores formées dans une structure fermée ayant des parois, une surface

externe et une partie interne, par une source d'ondes sonores placée à l'extérieur de la structure fermée, ledit appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un dispositif de détection d'entrée (31, 5 32) placé près de la source externe d'ondes sonores, le dispositif de détection étant destiné à former des signaux électriques représentatifs des caractéristiques d'amplitude et de phase des ondes sonores externes, ces ondes externes parvenant sur la surface externe 10 de la structure fermée suivant un diagramme et provoquant l'apparition d'une vibration des parois qui crée des ondes sonores à l'intérieur de la structure,

un dispositif de neutralisation (33, 41) 15 destiné à créer des ondes sonores de neutralisation dont l'amplitude correspond à celle des ondes sonores extérieures qui sont déphasées de 180° par rapport à celles-ci,

un guide d'onde (35, 45) placé à l'intérieur 20 de la structure fermée près de la paroi de la structure fermée dans la région d'incidence des ondes sonores externes, le guide d'onde étant distant du dispositif de détection et étant relié au dispositif de neutralisation afin qu'il forme un trajet pour la propagation des ondes sonores de neutralisation vers la paroi 25 de la structure fermée, permettant la combinaison de ces dernières ondes avec les ondes sonores externes,

un dispositif de détection d'erreur (39, 30 47) placé à l'intérieur de la structure fermée et à distance du guide d'onde, le dispositif de détection d'erreur étant destiné à former des signaux électriques représentant les caractéristiques d'amplitude et de phase de la combinaison des ondes sonores externes et des ondes sonores de neutralisation au niveau de la paroi de la structure fermée, et

35 un organe électronique de commande relié au dispositif de détection d'entrée, au dispositif de neutralisation et au dispositif de détection d'erreur,

cet organe électronique de commande étant destiné à traiter les signaux électriques provenant du dispositif de détection d'entrée, à former des signaux de sortie destinés à commander le dispositif de neutralisation afin qu'il forme les ondes sonores de neutralisation, et à régler les signaux de sortie d'après les signaux électriques du dispositif électrique de détection d'erreur afin que les signaux révisés de sortie destinés à la commande du dispositif de neutralisation soient formés.

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que le guide d'onde (37, 45) est formé avec un tronçon disposé à une distance de la paroi de l'enceinte qui correspond approximativement à une longueur d'onde à la fréquence la plus élevée des ondes sonores externes à atténuer.

10. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que le guide d'onde (37, 45) comporte un tronçon monté à proximité de la paroi de l'enceinte, ce tronçon ayant une forme correspondant sensiblement au diagramme d'incidence des ondes sonores externes frappant la surface extérieure de la paroi fermée de la structure.

11. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que des dispositifs séparés de détection (31, 32) de neutralisation (33, 41) à guides d'onde (37, 45) et de détection d'erreur (39, 47) sont disposés pour chaque emplacement d'incidence des ondes sonores externes contre la surface externe de la structure fermée.

12. Appareil d'atténuation d'ondes sonores formées dans une structure fermée ayant des parois, une partie interne et une surface externe, par au moins une source d'un son, les ondes sonores de la source formant plusieurs zones de pression acoustique élevée et de faible pression acoustique à l'intérieur de la structure fermée, une partie au moins des ondes sonores de la source parvenant contre la surface externe de la structure fermée avec

un diagramme déterminé et provoquant la formation de vibrations des parois, ledit appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un premier dispositif de détection d'entrée
5 (23) placé près d'une région de pression acoustique élevée à l'intérieur de la structure et un second dispositif de détection d'entrée (31, 32) placé près de la source du son, les premier et second dispositifs de détection d'entrée étant destinés à détecter les
10 ondes sonores de la source et à former les signaux électriques représentatifs des caractéristiques d'amplitude et de phase du son de la source qu'ils détectent,

un premier dispositif de neutralisation
(25) placé dans la structure fermée à distance du
15 premier dispositif de détection d'entrée, et un second dispositif de neutralisation (33, 41) placé près de la paroi de la structure fermée à distance du second dispositif de détection d'entrée, le premier et le second dispositif de neutralisation étant destinés
20 à créer des ondes de neutralisation ayant une amplitude qui correspond à celle des ondes sonores de la source mais qui sont déphasées de 180° par rapport à ces ondes sonores de la source, ces ondes sonores étant destinées à être combinées à celles de la source,

un premier dispositif de détection d'erreur
25 (27) placé près d'une région de pression acoustique élevée dans la structure fermée à distance du premier dispositif de neutralisation, et un second dispositif de détection d'erreur (39, 47) placé dans la structure
30 fermée et à distance du second dispositif de neutralisation, le premier et le second dispositif d'erreur étant destiné à détecter la somme acoustique des ondes sonores de la source et des ondes sonores de neutralisation et à former des signaux électriques représentant
35 les caractéristiques d'amplitude et de phase de la combinaison des ondes sonores de la source et de neutralisation,

un premier organe électronique de commande

(29) relié au premier dispositif de détection d'entrée (23), au premier dispositif de neutralisation (25) et au premier dispositif de détection d'erreur (27) et destiné à traiter les signaux électriques du premier dispositif de détection d'entrée, à former des signaux de sortie de commande du dispositif de neutralisation afin qu'il crée des ondes sonores de neutralisation, et à régler les signaux de sortie en fonction des signaux électriques provenant du premier dispositif de détection d'erreur afin que les signaux révisés de sortie soient formés pour la commande du dispositif de neutralisation, et

un second organe électronique de commande (29) relié au second dispositif de détection (31, 32), au second dispositif de neutralisation (33, 41) et au second dispositif de détection d'erreur (39, 47), le second organe électronique de commande étant destiné à traiter les signaux électriques du second dispositif de détection, à former des signaux pour la commande du second dispositif de neutralisation afin qu'il crée les ondes sonores de neutralisation, et à régler les signaux de sortie d'après les signaux électriques provenant du second dispositif de détection d'erreur afin que les signaux révisés de sortie soient formés pour la commande du dispositif de neutralisation.

13. Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que le second dispositif de neutralisation comporte au moins un haut-parleur (33, 41) relié à un guide d'onde (37, 45), ce dernier étant placé près de la paroi de la structure fermée.

14. Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que le guide d'onde (37, 45) a un tronçon s'écartant de la paroi de l'enceinte d'une distance à peu près égale à une longueur d'onde à la fréquence la plus élevée des ondes sonores externes à atténuer.

15. Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que le guide d'onde (37, 45) comporte un tronçon monté à proximité immédiate de la paroi de l'enceinte,

ce tronçon ayant une forme correspondant approximativement au diagramme d'incidence des ondes sonores extérieurs contre la surface externe de la paroi de la structure fermée.

- 5 16. Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que des dispositifs séparés de détection d'entrée (31, 32) de neutralisation (33, 41) à guide d'onde (37, 45) et de détection d'erreur (39, 47) sont disposés pour chaque emplacement d'incidence des ondes sonores externes contre
- 10 la surface externe de la structure fermée.

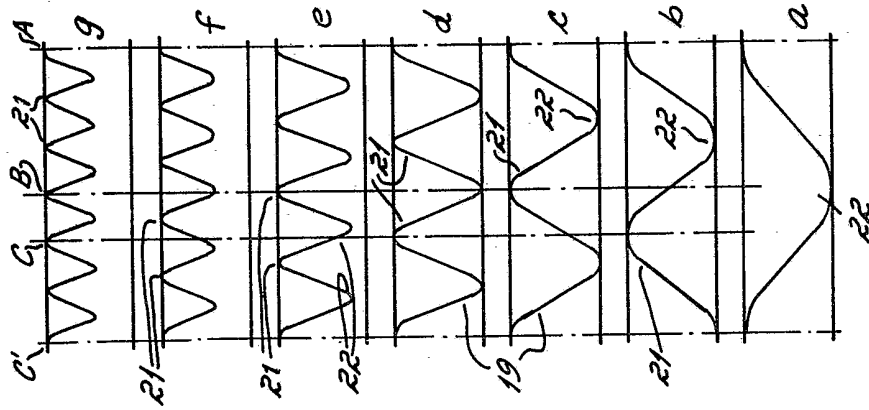


Fig. 3

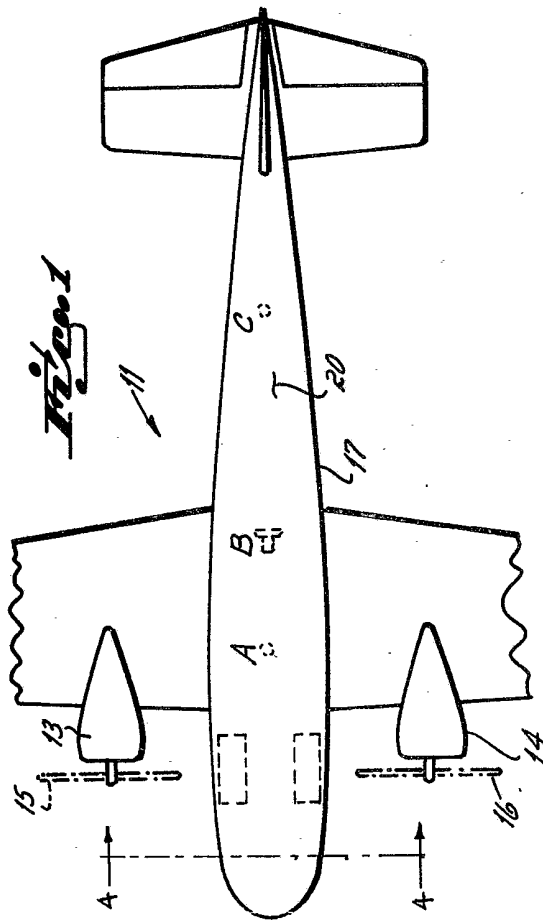


Fig. 1

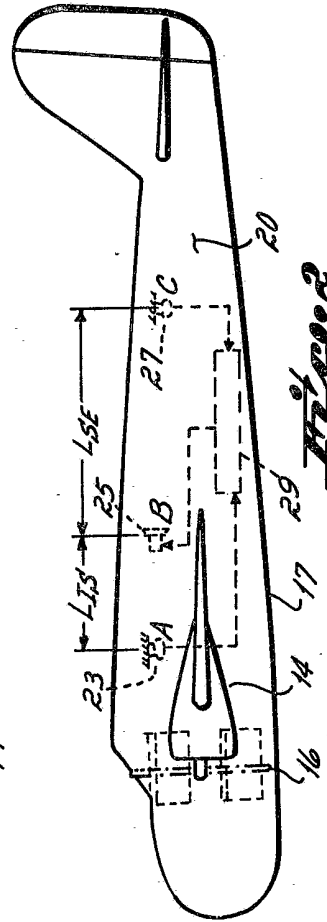


Fig. 2

