

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 28.06.01.

③③ Priorité : 30.06.00 GB 00016149.

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 04.01.02 Bulletin 02/01.

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.*

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *SHORT BROTHERS PLC Public limited company* — GB.

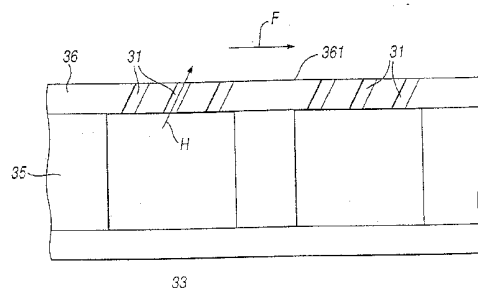
⑦② Inventeur(s) : WILSON ROBERT SAMUEL.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤④ PANNEAU D'ATTÉNUATION DU BRUIT, PROCEDE POUR SA FABRICATION, UNITES COMPRENANT LE  
PANNEAU.

⑤⑦ Un panneau d'atténuation du bruit (33) pour aéronef  
comprend un noyau cellulaire (35) et une feuille de façade  
(36). Un réseau de trous (31) est percé par laser pour  
procurer: (i) une variation de la taille des trous dans la feuille  
de façade (36); (ii) une section transversale des trous, non  
circulaire; (iii) une section transversale polygonale des  
trous; (iv) des trous non contigus aux parois du noyau cellu-  
laire; ou (v) des trous (31) inclinés traversant la feuille de fa-  
çade (36) dans une direction inclinée par rapport à la  
normale à la feuille de façade (36).



La présente invention concerne des panneaux d'atténuation du bruit et un procédé de fabrication d'un panneau d'atténuation du bruit.

5 Les panneaux d'atténuation du bruit sont largement utilisés pour atténuer le bruit produit par des moteurs d'avions et sont situés en des endroits optimisés dans les conduits d'écoulement de structures à nacelles de moteurs d'avions. De tels conduits d'écoulement comprennent  
10 principalement le conduit d'entrée, le conduit de soufflante et l'ensemble à tuyère.

Un panneau typique d'atténuation du bruit comprend une plaque ou feuille de renfort pleine réfléchissant le son, une plaque ou feuille métallique perforée de façade  
15 et un corps en nid d'abeilles ou un corps cellulaire, qui est fixé entre la feuille de renfort et la feuille de façade et qui divise l'air en une multiplicité de cellules séparées.

Lorsque le panneau d'atténuation du bruit est  
20 monté dans un conduit de l'écoulement d'une structure à nacelle de moteur d'avion, de telle sorte que la feuille de façade est exposée à des ondes acoustiques produites dans

le conduit, les ondes acoustiques font l'objet de trois mécanismes qui conduisent à une réduction de l'énergie acoustique sous l'effet de sa conversion en une énergie thermique, à savoir

- 5 (i) frottement dans la feuille de façade,
- (ii) perte de pression lorsque les ondes acoustiques de pression du conduit pénètrent dans les cellules de la structure en nid d'abeilles ou du noyau cellulaire, et
- 10 (iii) suppression "réactive" de l'onde acoustique incidente directe par l'onde qui est réfléchiée par la feuille de renfort pleine, la profondeur des cellules de la structure en nid d'abeilles étant "accordée" sur la fréquence requise.

15 Les panneaux d'atténuation du bruit sont à l'évidence importants du point de vue acoustique mais, en raison de l'environnement hostile dans lequel ils fonctionnent, il est également évidemment nécessaire qu'ils présentent une rigidité structurelle. Etant donné qu'ils font partie de la  
20 structure à nacelle d'un moteur d'avion, il est important que le composant complet soit pourvu d'une solidité adéquate pour résister aux conditions en vol auxquelles est sensible une partie exposée d'une structure à nacelle. En outre des panneaux d'atténuation du bruit sont fréquemment  
25 configurés de manière à accroître la solidité de la structure à nacelle, dans laquelle ils doivent être installés.

Les feuilles de façade perforées de panneaux d'atténuation du bruit proposées à cet effet étaient perforées habituellement par poinçonnage ou au moyen d'un  
30 perçage mécanique. Des structures usuelles de panneaux d'atténuation du bruit comportent des feuilles de façade perforées pourvues de trous ayant de façon typique un diamètre compris entre 0,508 mm et 1,524 mm, disposés suivant  
35 un réseau triangulaire équidistant de manière à former des

zones ouvertes dans les limites de 3 et de 20 %.

Des procédures antérieures de fabrication incluait le poinçonnage et le perçage, mais ne permettaient pas d'une manière réaliste de former des trous très faiblement espacés possédant des diamètres très faibles. Dans des tôles métalliques, le poinçonnage par exemple impose un diamètre minimum de trous de 0,508 mm. Le perçage mécanique peut produire des trous ayant des diamètres aussi faibles que 0,254 mm, mais est quasiment impossible avec des trous ayant le diamètre le plus faible possible de 0,508 mm.

Dans le document GB 2314526, il a été proposé un procédé pour fabriquer un panneau d'atténuation du bruit, dans lequel on perce au moyen d'un faisceau d'électrons une feuille de façade unie pour produire une multiplicité de trous perforés ayant des diamètres non supérieurs à 0,508 mm. Il est indiqué que le perçage utilisant un faisceau d'électrons peut en outre produire avantageusement la multiplicité de trous percés ayant des diamètres dans la gamme comprise entre 0,0508 mm et 0,508 mm.

Il a en outre été proposé dans le document US 4850093 de former une feuille de façade en titane perforée en formant au laser des trous ou des perforations à travers la feuille. Les trous sont répartis de façon uniforme sur la feuille et occupent 3 à 6 % de la surface totale de la feuille. Il est indiqué que la porosité de la feuille peut être choisie de manière à fournir des résistances spécifiques à l'écoulement soit par modification de la taille des trous ou de l'espacement des trous, soit par modification simultanée de ces deux paramètres. Une feuille de façade considérée comme appropriée comportait des trous ayant un diamètre compris entre 0,0508 et 0,0762 mm, un espacement des trous compris entre 0,203 et 0,406 mm, 11 000 à 16 000 trous par surface de 6,45 mm<sup>2</sup> et 3 à 6 % de surface ouverte.

Dans le document GB 2038410A, il a été proposé de fabriquer un panneau d'atténuation du bruit pour un conduit d'écoulement d'un turboréacteur à turbine à gaz, qui a pour but d'atténuer un nombre aussi élevé que possible de fréquences moyennant l'utilisation, au-dessous de la feuille de façade perforée, d'un résonateur de type Helmholtz pour des fréquences situées au niveau de la limite inférieure de la gamme des fréquences et des résonateurs de type tubulaire pour des fréquences plus élevées. On veille à modifier les caractéristiques des résonateurs de Helmholtz pour réaliser une absorption dans une large bande. La feuille de façade possède un réseau régulier de trous ayant des tailles uniformes, bien qu'il soit proposé d'augmenter la densité des trous en réduisant l'espacement entre les trous en un emplacement de la feuille de façade pour réaliser un couplage acoustique.

Dans le document US -A- 4288679, on propose un procédé de microperçage qui utilise un faisceau laser de puissance et selon lequel le fini de surface et la précision sur les dimensions du trou formé sont améliorés par chauffage de la pièce à usiner. Il est indiqué qu'on peut faire pivoter le faisceau laser autour de son axe pour former des trous ayant un fini de surface présentant une précision sur les cotes supérieure à celle pouvant être obtenue avec une technologie classique de microperçage par laser.

Un but de la présente invention est de fournir un panneau d'atténuation du bruit et un procédé pour fabriquer ce panneau, dans lequel les trous situés dans la feuille de façade peuvent réaliser, en raison de leur géométrie et de leur répartition, une atténuation du bruit dans une gamme étendue de fréquences, à laquelle le panneau est soumis, lorsqu'il est utilisé en tant que panneau d'atténuation du bruit pour des conduits d'écoulement gazeux dans des turboréacteurs.

Conformément à ses différents aspects, la présente invention porte sur un panneau d'atténuation du bruit et sur la fabrication d'un panneau d'atténuation du bruit qui comprend un composant cellulaire qui comporte : une  
5 face avant et une face arrière et une structure de parois définissant des cellules, qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière, et un composant de façade qui comprend une face avant et une face arrière, s'étend en travers des extrémités des cellules du  
10 composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et est pourvu d'une multiplicité de trous, qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour  
15 établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit produit par l'écoulement du fluide gazeux à la surface de la face avant du composant de façade.

20 Selon un premier aspect de la présente invention, il est prévu un procédé de fabrication d'un panneau d'atténuation du bruit du type indiqué précédemment, caractérisé en ce qu'il consiste à produire, lors d'une étape de fabrication de trous, la multiplicité de trous traversant  
25 le composant de façade sous la forme d'un réseau de trous possédant des trous ayant une taille qui varie dans le composant de façade de manière à conférer une performance optimale d'atténuation au panneau dans une gamme prédéterminée de conditions d'écoulement gazeux sur la face  
30 avant du composant de façade.

Selon un second aspect de la présente invention, il est prévu un procédé de fabrication d'un panneau d'atténuation du bruit du type indiqué précédemment, caractérisé en ce qu'il prévoit de produire, lors d'une étape de  
35 formation de trous, une multiplicité de trous traversant le

composant de façade, sous la forme d'un réseau de trous ayant une section transversale non circulaire, qui est choisi de manière à fournir une combinaison optimale d'une solidité structurelle et d'une performance d'atténuation  
5 fournie par le panneau.

Selon un troisième aspect de la présente invention, il est prévu un procédé de fabrication d'un panneau d'atténuation du bruit du type indiqué précédemment, caractérisé en ce que le composant de façade se présente  
10 sous la forme d'un article composite renforcé par des fibres, qui comprend un composant formant matrice et un composant de renforcement à fibres incorporé à l'intérieur du composant formant matrice, le composant de renforcement à fibres comporte des réseaux de fibres, dans lesquels les  
15 fibres de chaque réseau s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, la direction prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle des fibres de chacun des autres réseaux, et les trous contenus dans le composant de façade sont formés de manière à posséder une  
20 section transversale polygonale pourvue de côtés disposés parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des réseaux.

Selon un quatrième aspect de l'invention, il est prévu un procédé de fabrication d'un panneau d'atténuation  
25 du bruit du type indiqué précédemment, caractérisé ce que la structure à parois définissant des cellules comprend des parois qui définissent la multiplicité de cellules et qui se terminent par des parties d'extrémité situées dans la face avant du composant cellulaire, et le perçage des trous  
30 est exécuté de telle sorte qu'aucun trou n'est percé en des emplacements du composant de façade qui, dans le panneau assemblé, sont contigus aux parties d'extrémité des parois de la structure à parois définissant des cellules.

Selon un cinquième aspect de la présente invention,  
35 tion, il est prévu un procédé de fabrication d'un panneau

d'atténuation du bruit du type indiqué précédemment, caractérisé ce qu'il prévoit de former, lors d'une étape de formation des trous, la multiplicité de trous à travers le composant de façade sous la forme d'un réseau de trous qui traversent le composant de façade de sa face avant jusqu'à sa face arrière, avec une direction prédéterminée des trous inclinée par rapport à la normale à la face avant.

Dans une forme de réalisation de l'invention, la multiplicité de trous se présente sous la forme d'un réseau de trous qui traversent le composant de façade depuis sa face arrière jusqu'à sa face avant, avec une direction prédéterminée des trous inclinée par rapport à la normale à la face avant. L'inclinaison des trous est choisie de manière à conférer à la structure définissant des cellules, des trajets d'écoulement qui optimisent la performance d'atténuation fournie par le panneau.

Lorsque le composant de façade est une structure à nappes multiples comprenant une pluralité d'éléments superposés en forme de nappes, les trous peuvent être inclinés de manière à compenser la faiblesse structurelle de la structure à nappes multiples dans la région des trous.

Lorsque le panneau est disposé de manière à être soumis à un écoulement fluide gazeux sur la surface de la face avant du composant de façade dans une direction prédéterminée d'écoulement de fluide, la direction prédéterminée des trous possède une composante le long de la face avant du composant de façade, qui est identique au sens prédéterminé d'écoulement du fluide. En outre les trous peuvent être inclinés de manière que leur tendance à être obstrués par des débris entraînés par le courant de fluide gazeux circulant sur la face avant du composant de façade, soit réduite.

Conformément à un sixième aspect de la présente invention, il est prévu un panneau d'atténuation du bruit

tel qu'indiqué précédemment, qui est fabriqué au moyen du procédé selon les premier, second, troisième et/ou quatrième aspects.

5 Selon un septième aspect de l'invention, il est prévu un panneau d'atténuation du bruit du type indiqué précédemment, qui est caractérisé en ce que la multiplicité des trous traversant le composant de façade forme un réseau de trous possédant une taille qui varie dans le composant de façade de manière à fournir une performance optimale d'atténuation de la part du panneau, dans une gamme  
10 prédéterminée de conditions de courant gazeux sur la face avant du composant de façade.

Selon un huitième aspect de la présente invention, il est prévu un panneau d'atténuation du bruit tel  
15 qu'indiqué précédemment, qui est caractérisé en ce que la multiplicité de trous traversant le composant de façade forme un réseau de trous ayant une section transversale non circulaire, qui est choisie de manière à fournir une combinaison optimale d'une solidité structurelle et d'une  
20 performance d'atténuation fournie par le panneau.

Dans une forme de réalisation de l'invention, les trous du réseau possèdent une section transversale non circulaire qui varie dans le composant de façade.

En outre dans une forme de réalisation de  
25 l'invention, les trous du réseau sont espacés par un espacement qui varie dans le composant de façade.

Dans des formes de réalisation de l'invention qui va être décrite ci-après, les trous du composant de façade sont formés au moyen d'un perçage par laser.

30 Dans une forme de réalisation de l'invention, le procédé inclut la réunion de deux composants pendant une étape d'assemblage lors de la formation du panneau d'atténuation du bruit, et l'exécution de l'étape de formation des trous avant l'étape d'assemblage. Le perçage par laser  
35 est ensuite exécuté en utilisant un laser à haute inten-

sité, qui peut prendre la forme d'un laser au CO<sub>2</sub> ou d'un laser YAG.

Dans une forme de réalisation de l'invention, le procédé inclut la réunion des deux composants pendant une  
5 étape d'assemblage lors de la formation du panneau d'atténuation du bruit et l'exécution de l'étape de production des trous après l'étape d'assemblage. Le perçage par laser est ensuite effectué en utilisant un laser de faible intensité, qui peut prendre la forme d'un laser excimère à  
10 ultraviolet.

Dans une autre forme de réalisation de l'invention, le panneau comporte en outre un composant de renfort s'étendant sur la face arrière du composant cellulaire, et l'étape d'assemblage prévoit de réunir les trois composants  
15 lors de la formation d'un panneau d'atténuation du bruit.

Dans une forme de réalisation de l'invention conformément au quatrième aspect de l'invention, le procédé inclut la réunion des deux composants pendant une étape d'assemblage lors de la formation du panneau d'atténuation  
20 du bruit, l'exécution de l'étape de formation des trous après l'étape d'assemblage et l'exécution du perçage par laser sous la commande d'une sonde ultrasonique identifiant les emplacements des parties d'extrémité des parois.

Dans une forme de réalisation selon l'invention,  
25 les trous du réseau possèdent des configurations de perçage qui réduisent le blocage dû à des débris déposés par le courant gazeux traversant les trous.

Selon un neuvième aspect, il est prévu un panneau d'atténuation du bruit du type indiqué précédemment, dans  
30 lequel le composant de façade se présente sous la forme d'un article composite renforcé par des fibres, qui comprend un composant formant matrice et un composant de renforcement à fibres incorporé à l'intérieur du composant formant matrice, le composant de renforcement à fibres  
35 comportant des réseaux de fibres, dans lesquels les fibres

de chaque réseau s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, et la direction prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle des fibres de chacun des autres réseaux, et les trous contenus dans le  
5 composant de façade sont formés de manière à posséder une section transversale polygonale pourvue de côtés disposés parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des réseaux.

Lorsque les réseaux de fibres de renfort comprennent des premier, second, troisième et quatrième  
10 réseaux de fibres dont les fibres s'étendent dans les directions  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$ , les trous dans le composant de façade possèdent une section transversale octogonale dont les côtés sont parallèles aux directions  
15 des fibres.

Lorsque les réseaux de fibres de renfort comprennent des premier et second réseaux de fibres, dont les fibres possèdent les directions  $0^\circ$  et  $90^\circ$ , ou  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$ , les trous formés dans le composant de façade sont produits  
20 de manière à présenter une section transversale polygonale à quatre côtés, dont les côtés sont parallèles aux directions des fibres.

Selon un dixième aspect de l'invention, il est prévu un panneau d'atténuation du bruit tel qu'indiqué  
25 précédemment, dans lequel aucun trou n'est prévu aux emplacements du composant de façade, qui, lorsque le panneau est assemblé, sont contigus aux parties d'extrémité des parois de la structure à parois définissant des cellules.

Conformément à onzième aspect de la présente invention, il est prévu un panneau d'atténuation du bruit tel qu'indiqué précédemment, dans lequel la multiplicité de  
30 trous traversant le composant de façade se présente sous la forme d'un réseau de trous qui traversent le composant de façade depuis sa face arrière jusqu'à sa face avant, avec  
35

une direction prédéterminée des trous, inclinée par rapport à la normale à la face avant.

La multiplicité de trous traversant le composant de façade se présente de préférence sous la forme d'un  
5 réseau de trous qui traversent le composant de façade depuis sa face arrière jusqu'à sa face avant, avec une direction prédéterminée des trous, inclinée par rapport à la normale à la face avant. L'inclinaison des trous est choisie de manière à fournir des trajets d'écoulement à la  
10 structure définissant des cellules qui optimisent la performance d'atténuation du panneau.

Lorsque le composant de façade est une structure à nappes multiples comprenant une pluralité d'éléments formant nappes superposés, les trous sont inclinés de  
15 manière à compenser la faiblesse structurelle de la structure à nappes multiples dans la région des trous.

Lorsque le panneau est disposé de manière à être soumis à un courant de fluide gazeux circulant sur la surface de la face avant du composant de façade avec une  
20 direction prédéterminée d'écoulement du fluide, la direction prédéterminée des trous possède une composante le long de la face avant du composant de façade, qui est identique au sens prédéterminé d'écoulement du fluide. En outre les trous peuvent être inclinés de manière à réduire la  
25 tendance de ces derniers à être obstrués par des débris entraînés par le courant de fluide gazeux circulant sur la face avant du composant de façade.

Lorsque le composant de façade se présente sous la forme d'un produit composite renforcé par des fibres  
30 comprenant un composant formant matrice et un composant de renforcement formé de fibres incorporé dans le composant formant matrice, le perçage par laser est effectué dans le produit composite après durcissement préalable du composant formant matrice.

35 Dans une forme de réalisation de l'invention, le

composant de façade et le composant cellulaire doivent suivre un contour prédéterminé pour le panneau lorsqu'il est assemblé, et le durcissement préalable du composant de façade est exécuté avec le contour prédéterminé pour le  
5 panneau.

En outre des panneaux réalisés conformément à l'invention peuvent comporter des composants de façade pourvus de trous ayant deux ou plus de deux caractéristiques requises dans les différents aspects  
10 mentionnés précédemment de l'invention.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

15 - la figure 1 montre une coupe schématique d'une unité de propulsion d'avion utilisant des panneaux d'atténuation du bruit;

- la figure 2 est une vue en perspective schématique, à partir du haut, d'un panneau d'atténuation du  
20 bruit proposé jusqu'alors pour être utilisé dans l'unité de propulsion représentée sur la figure 1;

- la figure 3 montre une coupe transversale schématique d'une partie du panneau représenté sur la figure 2, fixé sur un élément de canal de support;

25 - la figure 4 montre une représentation schématique d'une partie de la feuille de façade du panneau représenté sur les figures 2 et 3, modifié conformément aux premier et septième aspects de l'invention;

- la figure 5 montre une représentation schématique d'une partie de la feuille de façade du panneau  
30 représenté sur les figures 2 et 3, modifié conformément aux deuxième et huitième aspects de l'invention;

- la figure 6 montre une représentation schématique d'une partie de la feuille de façade du panneau  
35 représenté sur les figures 2 et 3, modifié conformément aux

troisième et neuvième aspects de l'invention;

- la figure 7 montre une représentation schématique d'une partie de la feuille de façade du panneau représenté sur les figures 2 et 3, modifié conformément aux  
5 quatrième et dixième aspects de l'invention; et

- la figure 8 montre une représentation schématique d'une partie de la feuille de façade du panneau représenté sur les figures 2 et 3, modifié conformément aux cinquième et onzième aspects de l'invention.

10 En se référant tout d'abord à la figure 1, l'unité de propulsion représentée comprend un corps de moteur 11 portant des pales de soufflante 2 et entourées par une structure à nacelle 12 du moteur, qui forme un conduit annulaire de soufflante 13 servant à conduire un  
15 flux gazeux de soufflante à grande vitesse en direction d'une tuyère annulaire de sortie 10.

Comme on le voit, la structure à nacelle 12 comporte, au niveau de son extrémité avant, un capot d'entrée 14 pourvu de panneaux 15 d'atténuation du bruit tels qu'ils  
20 étaient proposés jusqu'alors et agencés comme cela sera décrit ci-après en référence aux figures 2 et 3.

La structure à nacelle 12 comporte en outre, sur son extrémité arrière, une unité d'inversion de poussée 16 représentée dans une position rétractée dans la moitié  
25 supérieure de la figure 1 et dans la position déployée dans la moitié inférieure de la figure 1. L'unité d'inversion de poussée 16 fait partie intégrante du conduit de flux de soufflante 13 et de la tuyère d'évacuation 10.

Pour réduire le bruit émanant du conduit de soufflante dans la région de l'unité d'inversion de poussée, la paroi intérieure 26 du capot 24 et la paroi intérieure 32 du conduit de soufflante sont pourvues de panneaux 17 et 18 d'atténuation du bruit, qui peuvent également posséder la forme d'un panneau d'atténuation du bruit  
30 qui sera décrit en référence aux figures 2 et 3.  
35

En se référant maintenant aux figures 2 et 3, un panneau 33 d'atténuation du bruit, tel qu'il était proposé jusqu'alors, comprend une feuille de renfort 34, un noyau cellulaire 35 et une feuille de façade 36.

5 Le noyau cellulaire 35 comprend une multiplicité de cellules juxtaposées 37 à extrémités ouvertes possédant une section transversale hexagonale servant à former une configuration en nid d'abeilles. Sinon, on peut naturellement utiliser des noyaux cellulaires comportant des cel-  
10 lules juxtaposées ayant d'autres sections transversales.

La feuille de renfort 34 n'est pas perforée et est formée d'un matériau perméable en forme de feuille et est fixée par un adhésif à la face inférieure du noyau cellulaire 35. La feuille de façade 36 est fixée à la face  
15 supérieure du noyau cellulaire 35 également à l'aide d'un adhésif. Les cellules 37 sont pourvues de fentes de drainage 40 permettant une évacuation du condensat hors du composant 33.

La structure de support pour les panneaux 33  
20 inclut habituellement des éléments de support en forme de profilés en U, dont l'un seulement 41 est représenté sur la figure 3. Le panneau 33 est fixé à l'élément 41 par fixation de la feuille de façade 36 à une face extérieure d'une bride 42 de l'élément formé d'un profilé en U 41  
25 moyennant l'utilisation d'un adhésif 43 et par fixation de la feuille de renfort 34 à la face extérieure d'une bride 44 de l'élément formant profilé en U 41 moyennant l'utilisation d'un adhésif 45.

Les panneaux 33 de forme courbe présentant éven-  
30 tuellement une double courbure, sont agencés sous la forme de parties structurelles en un ou plusieurs emplacements 15, 17 et 18 du moteur représenté sur la figure 1, chaque composant étant l'un parmi plusieurs composants courbes qui s'étendent circonférentiellement autour de la structure à  
35 nacelle.

Comme cela est représenté sur les figures 2 et 3, la feuille de façade 36 est pourvue d'une multiplicité de trous 31 qui établissent une communication pour un fluide gazeux entre les cellules 37 du noyau cellulaire 35 et la face avant de la feuille 36.

Comme cela a été décrit précédemment, les trous 31 de la feuille de façade 36 du panneau 33 possédaient jusqu'alors une section transversale circulaire, d'une taille uniforme sur la surface de la feuille de façade 36 et étaient répartis uniformément sur la surface de la feuille de façade 36. Les trous 31 étaient formés par perçage mécanique classique, perçage utilisant un faisceau laser ou perçage utilisant un faisceau d'électrons avant l'assemblage du panneau 33, c'est-à-dire avant l'étape de réunion de la feuille de renfort 34, du noyau cellulaire 35 et de la feuille de façade 36.

Pour obtenir une atténuation du bruit dans une gamme étendue de fréquences, la géométrie et la répartition des trous 31 sont modifiées conformément à un ou plusieurs des différents aspects de la présente invention.

En particulier, conformément aux premier et septième aspects de l'invention et comme cela est représenté sur la figure 4, des trous 31 de la feuille de façade 36 possèdent la forme d'un réseau de trous dont la taille varie dans la feuille de façade 36. La variation de la taille des trous est choisie de manière à conférer au panneau une performance d'atténuation optimale.

En outre ou sinon, les trous 31 traversant la feuille de façade 36 sont agencés conformément aux second et huitième aspects de la présente invention et sont tels que représentés sur la figure 5 sous la forme d'un réseau de trous possédant une section transversale non circulaire, ou incluent un tel réseau de trous.

En outre, conformément aux troisième et neuvième aspects de l'invention, la feuille de façade 36 se présente

sous la forme d'un produit composite renforcé par des fibres et comprenant un composant formant matrice et un composant de renfort formé de fibres qui est logé dans le composant formant matrice. Le composant de renfort formé de fibres comprend des réseaux de fibres, dans lesquels les fibres de chaque réseau s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, et dans lesquels la direction prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle des fibres de chacun des autres réseaux. Les trous 31 situés dans la feuille de façade 36 sont alors formés de manière à présenter une section transversale polygonale avec des côtés disposés parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des réseaux.

Comme cela est représenté sur la figure 6, la feuille de façade 36 possède la forme d'un produit composite renforcé par des fibres comprenant un composant formant matrice 136 et un composant de renfort formé de fibres 137 contenant des réseaux de fibres 138, 139, 140 et 141 avec des directions de fibres à  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$ , tandis que les trous situés dans la feuille de façade sont disposés de manière à posséder une section transversale octogonale, dont des côtés sont disposés parallèlement aux directions des fibres.

Conformément aux quatrième et dixième aspects de l'invention et comme cela est représenté sur la figure 7, les trous 31 sont formés dans la feuille de façade 36 de telle sorte qu'aucun trou n'apparaît aux emplacements de la feuille de façade 36 qui, dans le panneau assemblé 33, sont contigus à des parties d'extrémité des parois 135 de la structure formant noyau cellulaire 35.

Conformément aux cinquième et dixième aspects de l'invention et comme cela est représenté sur la figure 8, la multiplicité de trous 31 traversant la feuille de façade 36 possède la forme d'un réseau de trous qui traversent la feuille de façade 36 depuis la face arrière adjacente à la

face avant de la structure de noyaux cellulaires 35 jusqu'à la face avant 361 de la feuille de façade 36, les trous s'étendant dans une direction H inclinée, comme cela est représenté, par rapport à la normale à la face avant 361.

5 Le panneau 33 tel que décrit précédemment en référence aux figures 2 et 3 et à la figure 8 est situé dans l'unité de propulsion représentée sur la figure 1 en n'importe lequel des trois emplacements indiqués par les panneaux 15, 17 et 18 et où le panneau est soumis à un  
10 courant gazeux circulant sur la surface de la face avant 361 de la feuille de façade 36 dans une direction de courant de fluide repérée par la flèche F sur la figure 8. Dans la forme de réalisation de l'invention représentée sur la figure 8, il est prévu que la direction H des trous  
15 possède une composante s'étendant le long de la face avant 361 de la feuille de façade 36, qui s'étend dans la même direction que la direction F du courant de fluide.

Une construction appropriée et le cycle de fabrication d'un panneau d'atténuation du bruit selon l'invention selon ses différents aspects, vont être indi-  
20 qués ci-après.

#### Construction du panneau

##### (1) Feuille de renfort

Renfort : carbone (étoffe tissée, unidirectionnelle,  
25 non frisée),

Système de résine : thermodurcissable ou thermoplastique

Disposition : isotrope, quasi-isotrope, orthogonale.

Construction typique : 3K fibres de carbone tissées  
30 selon une configuration à 8 écheveaux et matrice d'époxy (3-4 nappes d'une épaisseur comprise entre 0,114 cm-0,152 cm)

##### (2) Noyau en nid d'abeilles

Types de noyaux : (i) nomex (aramide), (ii) verre ren-  
35 forcé par des fibres et immergé dans une résine phéno-

lique, (iii) métallique, par exemple en alliage d'aluminium

(On peut utiliser une couche isolante entre le noyau métallique et le composant formé du matériau composite à base de carbone)

(3) Feuille de façade

Perforation effectuée par laser : laser chaud (CO<sub>2</sub> YAG); laser froid (excimère à ultraviolets)

Renfort : carbone ou verre ou aramide (étoffe tissée ou unidirectionnelle ou non frisée)

Système de résine : thermodurcissable ou thermoplastique

Disposition : isotrope, quasi-isotrope, orthogonale

Construction typique : 3K fibres de carbone tissées dans une configuration à 8 écheveaux et matrice époxy (2 à 3 nappes, épaisseurs 0,081 cm-0,114 cm).

Le percement par laser est exécuté sur un stratifié préalablement durci, qui possède le contour du composant fini.

20 Cycle de fabrication

Scénario 1 (percement avec un laser "chaud" et "froid")

(1) Durcissement préalable de (nappes préimprégnée la feuille de renfort (consolidées/durcies

(2) Durcissement préalable de (sous pression

25 la feuille de façade (à l'autoclave conformément au profil

(3) Percement de la feuille de façade par laser

30 (4) Réticulation de l'adhésif sur le noyau en nid d'abeilles ou sur la feuille de façade perforée

(5) Assemblage de la feuille de renfort, du noyau en nid d'abeilles et de la feuille de façade et réunion de ces éléments entre eux.

Scénario 2 (uniquement laser "froid")

35 (1) Durcissement préalable de (nappes préimprégnée

- la feuille de renfort (consolidées/durcies  
 (2) Durcissement préalable de (sous pression  
 la feuille de façade (à l'autoclave  
 conformément au profil
- 5 (3) Assemblage de la feuille de renfort, du noyau en nid  
 d'abeilles et de la feuille de façade et réunion de ces  
 éléments entre eux.
- (4) Perforation par laser de la feuille de façade dans  
 l'ensemble réuni
- 10 (Le noyau en nid d'abeilles est fixé à la feuille de ren-  
 fort au moyen d'un film d'adhésif. Le noyau où la feuille  
 de façade est réticulé avec l'adhésif pour faciliter la  
 liaison au niveau de l'interface nid d'abeilles / feuille  
 de façade).
- 15 Les bénéfices et avantages manifestes fournis par des pan-  
 neaux agencés avec des feuilles de façade présentant une  
 géométrie et une distribution des trous conformément à  
 l'invention dans ses différents aspects, sont indiqués ci-  
 après.
- 20 (1) Adaptabilité concernant la géométrie des trous  
 (utilisation d'un laser "chaud" et d'un laser "froid")  
 Simples formations par perforation, dans des revête-  
 ments, de trous ayant de façon typique un diamètre de  
 0,102 cm possédant un facteur NLF (facteur de non  
 25 linéarité) élevé, ce qui signifie que leur performance  
 d'atténuation tout en étant bonne du point de vue  
 conception, se dégrade légèrement dans d'autres  
 conditions de fonctionnement. Des revêtements linéaires  
 comprenant un nombre très élevé de trous très petits  
 30 fournissent une impédance de surface qui est invariable  
 lorsque les conditions dans le conduit varient. Des  
 revêtements linéaires s'avèrent habituellement mieux  
 fonctionner dans une gamme étendue de conditions de  
 fonctionnement du moteur.
- 35 Des études de conception du revêtement ont révélé que

le facteur de non linéarité optimum se situe quelque part entre les deux extrêmes, bien qu'étant le plus proche du revêtement linéaire que le simple revêtement perforé. Le revêtement perforé amélioré comportant de  
5 très petits trous produits par n'importe quel moyen plutôt que par l'utilisation d'un treillis (construction courante - armure en carbone ouverte et treillis en acier inoxydable) fournit la possibilité de cibler le facteur NLF optimum pour n'importe quelle applica-  
10 tion particulière.

Des revêtements linéaires formés par un treillis de fils sur une feuille de support sont susceptibles d'être le siège d'une corrosion, d'un détachement du treillis de fils, d'un mauvais aspect esthétique; et  
15 requièrent également des propriétés uniformes, etc. Le revêtement perforé possède une quantité d'avantages en ce qu'il simplifie la fabrication et fournit une meilleure qualité et un revêtement plus robuste.

Des études de conception du revêtement ont également indiqué un avantage acoustique dû à des propriétés d'impédance variable (c'est-à-dire la zone ouverte en  
20 travers de la feuille de façade). Une analyse montre également un avantage acoustique pouvant être obtenu à partir d'un revêtement tridimensionnel réparti. Une  
25 variation complexe de la géométrie des trous et de leur répartition dans la feuille de façade est possible avec le revêtement perforé, ce qui conduit en soi par conséquent à une conception très souple du revêtement.

Des variations de la géométrie des trous et de leur répartition dans la feuille de façade conduisent également aux avantages suivants :

- (i) modification de la forme des trous - la forme des  
30 trous peut être adaptée spécialement pour  
35 n'importe quelle surface ouverte donnée afin de

maximiser la rigidité structurelle (par exemple une forme octogonale pour une configuration quasi-isotrope (voir figure 6), une forme rectangulaire pour une disposition orthogonale) et la performance acoustique.

(ii) Surface et espacement variables des trous - ceci réalise l'ajustement de la surface ouverte conformément à l'exigence acoustique. La taille et l'espacement des trous peuvent varier d'un panneau à l'autre, et également dans un panneau. Ceci fournit une possibilité de réaliser de très petits trous en permettant une perforation améliorée.

(iii) La géométrie des trous peut être rétrécie sur l'épaisseur de manière à réduire des effets de blocage et fournit un mécanisme d'auto-nettoyage.

(2) Percement à une profondeur fixe (uniquement laser "froid")

Il est possible avec le laser excimère ultraviolet "froid" de percer les perforations dans la feuille de façade après l'opération de liaison (c'est-à-dire que la feuille de renfort préalablement durcie, le noyau en nid d'abeilles et le stratifié de la feuille de façade sont réunis entre eux et le composant terminé est ensuite percé par laser (voir le scénario 2 ci-dessus). Le perçage à profondeur fixe fournit les avantages de production suivants :

- technique de perforation non mise en oeuvre dans un trajet critique
- aucun processus de réticulation nécessaire
- peut traiter une courbure tridimensionnelle (éventuellement en utilisant un dispositif de fixation universel)
- meilleure utilisation du matériau
- possibilité d'automatisation totale, c'est-à-dire

perforation avec des systèmes de garantie de qualité et/ou d'auto-diagnostic en ligne.

La perforation à profondeur fixe fournit les avantages pour le client/avantages esthétiques suivants :

- 5       - aucune fuite de résine par la surface de la feuille de façade
- possibilité de peindre la feuille de façade du produit composite en fonction des exigences du client,
- possibilité d'appliquer des revêtements (organiques)
- 10       résistant à l'abrasion ou à l'érosion.

Le procédé de perforation à profondeur fixe (uniquement laser "froid") peut également permettre d'identifier/de prédire (au moyen par exemple de variations de la profondeur, de la sonde à ultrasons, de moyens visuels)

15       les emplacements des parois de cellules en nid d'abeilles (après la liaison de la feuille de renfort, de la feuille de façade et du noyau en nid d'abeilles) et de percer les trous dans la cellule. Il n'est pas nécessaire que des trous coïncident avec la paroi de la

20       cellule, qui les bloque du point de vue acoustique. De cette manière le panneau est plus structurel étant donné qu'il possède un moins grand nombre de trous pour la surface ouverte requise. Ceci est imputable à la

25       tolérance plus serrée sur la surface ouverte (et par conséquent la performance acoustique), qui peut être obtenue étant donné qu'il n'est pas nécessaire de prendre des dispositions pour permettre un blocage des trous provoqué pendant la liaison sous l'effet d'une

30       fuite d'adhésif ou d'un alignement de la paroi de cellule en nid d'abeilles.

Bien qu'on puisse trouver approprié d'utiliser une sonde ultrasonique pour détecter les emplacements des parois des cellules en nid d'abeilles (après la fixation de la feuille de renfort, de la feuille de façade et du noyau

35       en nid d'abeilles) on notera que l'on peut également

utiliser d'autres techniques de détection non destructives.

De telles techniques de détection non destructive avec un potentiel de détection de parois des cellules en nid d'abeilles à travers la feuille de façade incluent :

- 5 1. les systèmes visuels
2. les techniques identifiées comme étant basées principalement sur les ultrasons et incluant :
  - (i) systèmes couplés par laser (sans contact)
  - (ii) systèmes à couplage pneumatique (sans contact)
  - 10 (iii) Acoustographie - (systèmes à immersion "en temps réel" de surface étendue)
  - (iv) Radiographie sans film
  - (v) Transducteurs à réseaux multiples (applications en service)

15 Parmi les nouvelles techniques appropriées on dénombre : les micro-ondes; la tomographie; la thermographie; RTUIS @ Dassault; doppler acoustique - RAID; procédé vidéo à ultrasons - Acoustocam; ANDSCAN - (en service) et MAUS - (en service).

20 Les avantages que l'on peut obtenir avec l'utilisation de la présente invention conformément à ses différents aspects incluent le fait que :

1. Le laser chaud peut être utilisé pour former des perforations dans la feuille de façade avant l'assemblage
- 25 ou lorsque le noyau en nid d'abeilles est fixé à cette feuille pourvu qu'un système pouvant détecter les parois des cellules en nid d'abeilles soit en fonctionnement.
2. La capacité à effectuer un perçage au centre de chaque cellule par détection des parois des cellules en nid
- 30 d'abeilles, est optimale à la fois du point de vue acoustique et du point de vue structurel;
3. Indépendamment du fait que les parois de cellules en nid d'abeilles peuvent être détectées ou non, le
- 35 découpage de trous dans l'ensemble lié complet en uti-

lisant le laser excimère présente les avantages d'éviter l'étape de réticulation et d'éviter une fuite peu esthétique de l'adhésif conjointement avec l'ensemble des autres avantages mentionnés incluant par exemple le perçage de feuilles de façade, qui sont peintes ou pourvues d'un revêtement protecteur.

(4) L'utilisation du laser excimère permet de forer/découper un trou sur une profondeur prédéterminée connue de telle sorte que le nid d'abeilles ou l'adhésif situé au-dessous de la feuille de façade n'est pas endommagé. De même cette technique (contrairement à d'autres techniques à laser chaud) ne fournit aucune "zone affectée par la chaleur" (une zone adjacente à la périphérie du trou, là où la chaleur du laser a détruit la matrice de résine) et par conséquent fournit une feuille de façade possédant des caractéristiques structurelles améliorées.

(5) Pour une surface perforée ouverte spécifiée (déterminée acoustiquement pour un moteur d'avion), la feuille de la façade la plus structurelle est obtenue par percement de perforations en utilisant le laser excimère, avec une géométrie de trous qui est adaptée aux orientations de dispositions des fibres de la feuille de façade et qui comporte des trous formés au centre de la cellule, à l'écart de parois de cellules.

#### Paramètres du laser

Pour obtenir une haute qualité de trous et des vitesses de traitement rapides, il est nécessaire de déterminer la combinaison optimale de paramètres tels que la longueur d'onde du laser, la fréquence de répétition (vitesse de coupe), la longueur des impulsions, l'énergie et la technique de perçage.

On dispose des techniques de perçage suivantes :

#### (i) Perçage à percussion

Lors du perçage à percussion, le faisceau laser,

qui est utilisé pour créer le trou, possède presque la même taille que le trou percé. Ceci est obtenu par commande du profil du faisceau focalisé ou par formation d'images avec projection de masque.

5 (ii) Perçage en rotation

Lors du perçage en rotation, le faisceau laser est nettement plus petit que le trou percé et est déplacé par balayage autour de la circonférence du trou de manière à permettre au matériau au centre du trou d'être enlevé. Le trou peut être créé en utilisant une seule passe du laser ou au moyen d'un certain nombre de passes. De même les trous peuvent être percés un par un (trépannage à un seul trou) ou bien un réseau de trous peuvent être réalisés par rotation conjointement - le laser se déplaçant entre les trous après chaque passe du faisceau laser (formation d'un réseau de trous par rotation).

Lors de la fabrication, le but est de maximiser la cadence de perforation. Ceci est obtenu en minimisant la quantité de matière retirée par le laser. Dans le perçage à percussion, l'énergie du laser est utilisée pour retirer la totalité du matériau contenu dans le volume du trou. Lors du perçage en rotation, seul un petit anneau de matière est retiré et la cadence de perforation est par conséquent plus élevée. En outre, la forme du trou peut être modifiée d'une manière plus simple et la modification peut être plus facile. Par conséquent le perçage en rotation est préféré, mais on peut utiliser les deux techniques.

Chaque fois que cela est possible, la chaleur produite pendant la perforation par laser doit pouvoir se dissiper, c'est-à-dire doit être empêchée de s'accumuler jusqu'au niveau qui conduirait à l'apparition de zones affectées par la chaleur (HAZ), où la résine est brûlée et manquante et où des fibres du matériau composite sont endommagées autour du trou. Normalement, un fonctionnement avec un laser présentant une longueur d'onde des

ultraviolets (200-400 nm) serait le meilleur choix, étant donné que ceci produirait la quantité minimale de chaleur. Cependant, la vitesse de coupe est trop faible pour la production. Un autre moyen de réduire la chaleur est d'utiliser un fonctionnement avec laser à une longueur d'onde visible ou dans l'infrarouge, mais de choisir une impulsion d'énergie laser élevée et de conserver une mobilité du faisceau laser à grande vitesse.

Ci-après, on va indiquer des types préférés de lasers / d'énergies et de vitesses de répétition.

|    | <u>Systèmes préférés</u>                                        | <u>Longueur d'onde typique</u> |
|----|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|    | A- Excimène au gaz XeCL -                                       | 308 nm                         |
|    | Energie élevée par impulsion - Faible cadence de répétition     |                                |
|    | B- Etat solide - Nd:YAG -                                       |                                |
| 15 | pompé par lampe flash                                           | 355, 532 & 1064 nm             |
|    | Energie élevée par impulsion - faible fréquence de répétition.  |                                |
|    | C- Etat solide - Nd:YAG -                                       |                                |
|    | pompé par diode                                                 | 355 nm                         |
| 20 | Faible énergie par impulsions - fréquence de répétition élevée. |                                |
|    | D- Etat solide - Nd:YV04 -                                      |                                |
|    | pompé par diode                                                 | 1064 nm                        |
| 25 | Faible énergie par impulsions - fréquence de répétition élevée. |                                |

Des lasers chauds tels que des lasers à CO<sub>2</sub> peuvent être également utilisés en raison de leurs vitesses élevées de coupe. Cependant ils font apparaître des zones affectées par la chaleur et ils entraînent une réduction possible de la qualité du produit.

On notera qu'en dehors de faciliter la taille et la forme des trous, l'utilisation d'un laser pour produire les perforations permet également de découper les trous sous un certain angle par rapport à la surface du composant de façade du panneau, dans des buts pratiques jusqu'à un

angle de 45 degrés. Ceci pourrait présenter les avantages suivants :

5     Acoustique : Atténuation améliorée due à la création d'un trajet d'écoulement plus complexe jusqu'aux tubes de Helmholtz de la structure cellulaire (nid d'abeilles).

Aérodynamique : Réduction de tout effet de traînée produite par l'écoulement d'air.

Structurel : Par compensation de la faiblesse de la structure au niveau du trou, nappe par nappe.

10    Obstruction : Réduction de la tendance à l'obstruction des trous par alignement de l'axe de coupe avec le courant d'air.

15       Le perçage de trous inclinés augmente cependant la durée de production du trou et l'accroissement du risque d'endommagement du bord.

      On notera que les panneaux formés conformément à l'invention peuvent inclure une feuille de façade comportant deux ou plus de deux caractéristiques de trous, décrites précédemment en référence aux figures 4 à 6.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour fabriquer un panneau d'atténuation du bruit, qui comprend :

- 5           - un composant cellulaire (35) qui comporte :  
            une face avant, une face arrière et  
            une structure à parois définissant des cellules (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière, et
- 10          - un composant de façade (36) qui  
            comprend une face avant et une face arrière,  
            s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire (35) sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et
- 15          est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit
- 20          produit par l'écoulement du fluide gazeux à la surface de la face avant du composant de façade,  
            caractérisé en ce que  
            le procédé consiste à produire, lors d'une étape de fabrication de trous (31), la multiplicité de trous
- 25          traversant le composant de façade sous la forme d'un réseau de trous possédant des trous ayant une taille qui varie dans le composant de façade de manière à conférer une performance optimale d'atténuation au panneau dans une gamme prédéterminée de conditions d'écoulement gazeux sur
- 30          la face avant du composant de façade.

2. Procédé pour fabriquer un panneau d'atténuation du bruit, qui comprend :

- 35          - un composant cellulaire (35) qui comporte :  
            une face avant et une face arrière et  
            une structure à parois définissant des cellules

(37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière, et

- un composant de façade (36) qui

comprend une face avant et une face arrière,

5 s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et

10 est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit produit par l'écoulement du fluide gazeux sur la surface de  
15 la face avant du composant de façade,

caractérisé en ce que

le procédé consiste à produire, lors d'une étape de formation de trous (31), une multiplicité de trous traversant le composant de façade, sous la forme d'un  
20 réseau de trous ayant une section transversale non circulaire, qui est choisie de manière à fournir une combinaison optimale de solidité structurelle et de performance d'atténuation fournie par le panneau.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé  
25 en ce que les trous (31) du réseau possèdent une section transversale non circulaire, qui est choisie de manière à fournir une combinaison optimale de solidité structurelle et de performance d'atténuation fournie par le panneau.

4. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que les trous (31) du  
30 réseau possèdent une section transversale non circulaire, qui varie dans le composant de façade.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau  
35 sont séparés par un espacement qui varie dans le composant

de façade.

6. Procédé pour fabriquer un panneau d'atténuation du bruit, qui comprend :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :
    - une face avant et une face arrière et
    - une structure à parois définissant des cellules (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière, et
  - un composant de façade (36) qui
    - comprend une face avant et une face arrière,
    - s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et
- est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit produit par l'écoulement du fluide gazeux sur la surface de la face avant du composant de façade,

caractérisé en ce que

le procédé consiste à produire, lors de l'étape de production de trous (31), la multiplicité de trous à travers le composant de façade sous la forme d'un réseau de trous qui traversent le composant depuis la face arrière du composant de façade jusqu'à la face avant du composant de façade, dans une direction prédéterminée des trous, qui est inclinée par rapport à la normale à la face avant.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la multiplicité des trous (31) dans le composant de façade se présente sous la forme d'un réseau de trous qui traversent le composant de façade depuis sa face arrière jusqu'à sa face avant, avec une direction prédéterminée de trous inclinée par rapport à

la normale à la face avant.

8. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'inclinaison des trous (31) est choisie de manière à fournir des trajets d'écoulement en direction de la structure définissant des cellules, qui optimise la performance d'atténuation fournie par le panneau.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le composant de façade (36) est une structure à nappes multiples comprenant une pluralité d'éléments formant nappes superposées, et que les trous sont inclinés de manière à compenser la faiblesse structurelle de la structure à nappes multiples dans la région des trous.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que le panneau (15, 17, 18) est situé de manière à être soumis à un courant de fluide gazeux sur la surface de la face avant du composant de façade (36), avec une direction prédéterminée du courant du fluide, et que la direction prédéterminée des trous (31) possède une composante le long de la face avant du composant de façade, qui s'étend dans le même sens que la direction prédéterminée du courant de fluide.

11. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que les trous (31) sont inclinés de telle sorte que leur tendance à être obstrués par des débris entraînés par le courant de fluide gazeux sur la face avant du composant de façade est réduite.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les trous (31) situés dans le composant de façade sont formés par perçage par laser.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il prévoit de :

placer les deux composants (35, 36) l'un contre l'autre au cours d'une étape d'assemblage lors de la

formation du panneau d'atténuation du bruit, et

mettre en oeuvre l'étape de production des trous (31) avant l'étape d'assemblage.

14. Procédé selon les revendications 12 et 13  
5 prises dans leur ensemble, caractérisé en ce que le perçage par laser est exécuté en utilisant un laser possédant une intensité élevée.

15. Procédé selon la revendication 14, caracté-  
risé en ce que le laser d'intensité élevée est un laser à  
10 CO<sub>2</sub> ou un laser YAG.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendi-  
cations 1 à 12, caractérisé en ce qu'il prévoit :

d'amener l'un contre l'autre les deux composants  
(35, 36) au cours d'une étape d'assemblage, lors de la  
15 formation du panneau d'atténuation du bruit, et  
d'exécuter l'étape de formation de trous (31)  
après l'étape d'assemblage.

17. Procédé selon les revendications 12 et 16  
prises dans leur ensemble, caractérisé en ce que le perçage  
20 par laser est exécuté en utilisant un laser de faible intensité.

18. Procédé selon la revendication 12, caracté-  
risé en ce que le laser de faible intensité est un laser  
excimère à ultraviolet.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendi-  
cations 1 à 18, caractérisé en ce que le panneau comporte  
en outre un composant de renforcement qui s'étend sur la  
face arrière du composant cellulaire et que l'étape  
d'assemblage consiste à réunir les trois composants lors de  
30 la formation du panneau d'atténuation du bruit.

20. Procédé pour fabriquer un panneau d'atténua-  
tion du bruit, qui comprend :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :  
une face avant et une face arrière et  
35 une structure de parois définissant des cellules

(37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière et qui se termine en des parties d'extrémité situées sur la face avant du composant cellulaire, et

5                   - un composant de façade (36) qui  
                  comprend une face avant et une face arrière,  
                  s'étend en travers des extrémités des cellules du  
composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la  
face arrière du composant de façade étant adjacente à la  
10 face avant du composant cellulaire, et

                  est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui  
traversent le composant de façade depuis la face avant jus-  
qu'à la face arrière pour établir une communication de  
fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et  
15 la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit  
produit par l'écoulement du fluide gazeux sur la surface de  
la face avant du composant de façade,

                  caractérisé en ce que  
                  le perçage par laser est exécuté de telle sorte  
20 qu'aucun trou (31) n'est percé en des emplacements du  
composant de façade qui, dans le panneau assemblé, sont  
contigus aux parties d'extrémité des parois de la structure  
à parois de cellules.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendi-  
25 cations 1 à 19, caractérisé en ce que

                  la structure à parois définissant des cellules  
(37) comprend des parois qui définissent la multiplicité de  
cellules et qui se terminent par les parties d'extrémité  
sur la face avant du composant cellulaire, et

30                   le perçage par laser est exécuté de telle sorte  
qu'aucun trou n'est percé en des emplacements du composant  
de façade qui, dans le panneau assemblé, sont contigus aux  
parties d'extrémité des parois de la structure à parois de  
cellules.

35                   22. Procédé selon l'une ou l'autre des revendi-

cations 20 et 21, caractérisé en ce que le procédé prévoit de :

réunir les deux composants (35, 36) pendant une étape d'assemblage, lors de la formation du panneau d'atténuation du bruit,

exécuter l'étape de formation des trous (31) après l'étape d'assemblage, et

exécuter le perçage laser sous la commande d'une sonde ultrasonique identifiant les emplacements des parties d'extrémité des parois.

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau possèdent des configurations de perçage qui réduisent le blocage par des débris déposés par le courant gazeux qui les traverse.

24. Procédé pour fabriquer un panneau d'atténuation du bruit, qui comprend :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :
  - une face avant et une face arrière et
  - une structure à parois définissant des cellules (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière, et

- un composant de façade (36) qui
  - comprend une face avant et une face arrière,
  - s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et

est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit produit par l'écoulement du fluide gazeux à la surface de la face avant du composant de façade,

caractérisé en ce que

le composant de façade (35) se présente sous la forme d'un article composite renforcé par des fibres, qui comprend un composant formant matrice (136) et un composant de renforcement à fibres (137) incorporé à l'intérieur du composant formant matrice,

le composant de renforcement à fibres comportant des réseaux de fibres (138-141), dans lesquels les fibres de chaque réseau s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, et la direction prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle des fibres de chacun des autres réseaux, et

les trous (31) contenus dans le composant de façade sont formés de manière à posséder une section transversale polygonale pourvue de côtés disposés parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des réseaux.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, caractérisé en ce que

le composant de façade (36) se présente sous la forme d'un article composite renforcé par des fibres, qui comprend un composant formant matrice (136) et un composant de renforcement à fibres (137) incorporé à l'intérieur du composant formant matrice,

le composant de renforcement à fibres (137) comportant des réseaux de fibres, dans lesquels les fibres de chaque réseau s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, et la direction prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle des fibres de chacun des autres réseaux, et

les trous (31) contenus dans le composant de façade sont formés de manière à posséder une section transversale polygonale pourvue de côtés disposés parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des réseaux.

26. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 24 et 25, caractérisé en ce que les réseaux de fibres de renfort (138-141) comprennent des premier, second, troisième et quatrième réseaux de fibres dont les fibres s'étendent dans les directions  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$  et que les trous dans le composant de façade possèdent une section transversale octogonale dont les côtés sont parallèles aux directions des fibres.

27. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 24 et 25, caractérisé en ce que les réseaux de fibres de renfort (139-141) comprennent des premier et second réseaux de fibres, dont les fibres possèdent les directions  $0^\circ$  et  $90^\circ$ , ou  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$  et que les trous formés dans le composant de façade sont produits de manière à présenter une section transversale polygonale à quatre côtés, dont les côtés sont parallèles aux directions des fibres.

28. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 27, caractérisé en ce que le composant de façade (36) se présente sous la forme d'un produit composite renforcé par des fibres et comprenant un composant formant matrice (136) et un composant de renforcement formé de fibres (137), qui est incorporé dans le composant formant matrice, et le perçage par laser est exécuté sur le produit composite après durcissement préalable du composant formant matrice.

29. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce que le composant de façade (36) et le composant cellulaire (35) doivent suivre un contour prédéterminé pour le panneau, lorsqu'ils sont assemblés, et le prédurcissement du composant de façade est exécuté avec le contour prédéterminé pour le panneau.

30. Panneau d'atténuation du bruit, qui com-

porte :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :  
une face avant et une face arrière et  
une structure à parois définissant des cellules  
5 (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la  
face avant et la face arrière, et
- un composant de façade (36) qui  
comprend une face avant et une face arrière,  
s'étend en travers des extrémités des cellules du  
10 composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la  
face arrière du composant de façade étant adjacente à la  
face avant du composant cellulaire, et  
est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui  
traversent le composant de façade depuis la face avant jus-  
15 qu'à la face arrière pour établir une communication de  
fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et  
la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit  
produit par l'écoulement du fluide gazeux à la surface de  
la face avant du composant de façade,  
20 caractérisé en ce que  
la multiplicité de trous (31) traversant le  
composant de façade forme un réseau de trous ayant une  
taille qui varie dans le composant de façade de manière à  
conférer une performance optimale d'atténuation au panneau  
25 dans une gamme prédéterminée de conditions d'écoulement  
gazeux sur la face avant du composant de façade.

31. Panneau d'atténuation du bruit, qui com-  
porte :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :  
30 une face avant et une face arrière et  
une structure à parois définissant des cellules  
(37), qui définit une multiplicité de cellules entre la  
face avant et la face arrière, et
- un composant de façade (36) qui  
35 comprend une face avant et une face arrière,

s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et

5           est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit  
10 produit par l'écoulement du fluide gazeux sur la surface de la face avant du composant de façade,

caractérisé en ce que

la multiplicité de trous (31) traversant le composant de façade forme un réseau de trous ayant une  
15 section transversale non circulaire, qui est choisie de manière à fournir une combinaison optimale d'une solidité structurelle et d'une performance d'atténuation fournie par le panneau.

32. Panneau d'atténuation du bruit selon la  
20 revendication 30, caractérisé en ce que la multiplicité de trous (31) traversant le composant de façade forme un réseau de trous ayant une section transversale non circulaire, qui est choisie de manière à fournir une combinaison optimale d'une solidité structurelle et d'une  
25 performance d'atténuation fournie par le panneau.

33. Panneau selon l'une ou l'autre des revendications 31 et 32, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau possèdent une section transversale non circulaire qui est choisie de manière à fournir une combinaison  
30 optimale d'une solidité structurelle et d'une performance d'atténuation pour le panneau.

34. Panneau selon l'une ou l'autre des revendications 31 et 32, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau possèdent une section transversale non circulaire  
35 qui varie dans le composant de façade.

35. Panneau selon l'une quelconque des revendications 32 à 34, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau sont séparés par un espacement qui varie dans le composant de façade.

5           36. Panneau d'atténuation du bruit qui comprend :  
- un composant cellulaire (35) qui comporte :  
une face avant et une face arrière et

une structure à parois définissant des cellules (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la  
10 face avant et la face arrière, et

- un composant de façade (36) qui  
comprend une face avant et une face arrière,  
s'étend en travers des extrémités des cellules du  
composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la  
15 face arrière du composant de façade étant adjacente à la  
face avant du composant cellulaire, et

est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui  
traversent le composant de façade depuis la face avant jus-  
qu'à la face arrière pour établir une communication de  
20 fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et  
la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit  
produit par l'écoulement du fluide gazeux sur la surface de  
la face avant du composant de façade,

caractérisé en ce que  
25 la multiplicité de trous (31) traversant le  
composant de façade se présente sous la forme d'un réseau  
de trous qui traversent le composant de façade depuis sa  
face arrière jusqu'à sa face avant, avec une direction  
prédéterminée des trous, inclinée par rapport à la normale  
30 à la face avant.

37. Panneau selon l'une quelconque des revendications 30 à 35, caractérisé en ce que la multiplicité des  
trous (31) traversant le composant de façade se présente  
sous la forme d'un réseau de trous qui traversent le  
35 composant de façade depuis sa face arrière jusqu'à sa face

avant, avec une direction prédéterminée des trous, inclinée par rapport à la normale à la face avant.

5 38. Panneau selon l'une ou l'autre des revendications 36 et 37, caractérisé en ce que l'inclinaison des trous (31) est choisie de manière à former des trajets d'écoulement dans la structure définissant des cellules, qui optimisent la performance d'atténuation du panneau.

10 39. Panneau selon la revendication 38, caractérisé en ce que le composant de façade (36) est une structure à nappes multiples comprenant une pluralité d'éléments formant nappes superposés, et que les trous sont inclinés de manière à compenser la faiblesse structurelle de la structure à nappes multiples dans la région des trous.

15 40. Panneau selon l'une quelconque des revendications 36 à 39, caractérisé en ce que le panneau (15, 16, 17) est disposé de manière à être soumis à un courant de fluide gazeux sur la surface de la face avant du composant de façade avec une direction prédéterminée du courant de fluide, et que la direction prédéterminée des trous (31) possède une composante le long de la face avant du composant de façade, qui s'étend dans le même sens que la direction prédéterminée du courant de fluide.

20 41. Panneau selon l'une ou l'autre des revendications 36 et 37, caractérisé en ce que les trous (31) sont inclinés de manière que leur tendance à être obstrués par des débris entraînés par le courant de fluide gazeux sur la face avant du composant de façade est réduite.

25 42. Panneau selon l'une quelconque des revendications 30 à 41, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau possèdent des configurations de perçage qui réduisent le blocage par des débris qui sont déposés par le courant gazeux circulant dans les trous.

30 43. Panneau d'atténuation du bruit, qui com-  
35 porte :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :
    - une face avant et une face arrière et
    - une structure à parois définissant des cellules (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière et qui se termine par des parties d'extrémité situées sur la face avant du composant cellulaire, et
  - un composant de façade (36) qui
    - comprend une face avant et une face arrière,
    - s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et
    - est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit produit par l'écoulement du fluide gazeux à la surface de la face avant du composant de façade,
    - caractérisé en ce
      - qu'aucun trou n'est prévu aux emplacements du composant de façade, qui, lorsque le panneau est assemblé, sont contigus aux parties d'extrémité des parois de la structure à parois définissant des cellules.
44. Panneau selon l'une quelconque des revendications 30 à 42, caractérisé en ce que
- la structure à parois définissant des cellules comprend des parois qui définissent la multiplicité de cellules et qui se terminent par des parties d'extrémité sur la face avant du composant cellulaire, et
  - aucun trou n'est prévu en des emplacements du composant de façade qui, dans le panneau assemblé, sont contigus aux parties d'extrémité des parois de la structure à parois de cellules.

45. Panneau selon l'une quelconque des revendications 30 à 44, caractérisé en ce que les trous (31) du réseau possèdent des configurations de perçage qui réduisent le blocage par des débris déposés par le courant gazeux les traversant.

46. Panneau d'atténuation du bruit, qui comprend :

- un composant cellulaire (35) qui comporte :
  - une face avant et une face arrière et
  - une structure de parois définissant des cellules (37), qui définit une multiplicité de cellules entre la face avant et la face arrière, et
- un composant de façade (36) qui
  - comprend une face avant et une face arrière,
  - s'étend en travers des extrémités des cellules du composant cellulaire sur la face avant de ce composant, la face arrière du composant de façade étant adjacente à la face avant du composant cellulaire, et
  - est pourvu d'une multiplicité de trous (31), qui traversent le composant de façade depuis la face avant jusqu'à la face arrière pour établir une communication de fluide gazeux entre les cellules du composant cellulaire et la face avant du composant de façade pour atténuer le bruit produit par l'écoulement du fluide gazeux à la surface de la face avant du composant de façade,
  - caractérisé en ce que
    - le composant de façade (36) se présente sous la forme d'un article composite renforcé par des fibres, qui comprend un composant formant matrice (136) et un composant de renforcement à fibres (137) incorporé à l'intérieur du composant formant matrice,
    - le composant de renforcement à fibres comportant des réseaux de fibres, dans lesquels les fibres de chaque réseau (139-141) s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, et la direction

prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle des fibres de chacun des autres réseaux, et

les trous (31) contenus dans le composant de façade sont formés de manière à posséder une section transversale polygonale pourvue de côtés disposés  
5 parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des réseaux.

47. Panneau selon l'une quelconque des revendications 30 à 45, caractérisé en ce que

10 le composant de façade (36) se présente sous la forme d'un article composite renforcé par des fibres, qui comprend un composant formant matrice et un composant de renforcement à fibres incorporé à l'intérieur du composant formant matrice,

15 le composant de renforcement à fibres (136) comportant des réseaux de fibres, dans lesquels les fibres de chaque réseau s'étendent dans une direction prédéterminée dans la matrice, et la direction prédéterminée des fibres de chaque réseau diffère de celle  
20 des fibres de chacun des autres réseaux, et

les trous (31) contenus dans le composant de façade sont formés de manière à posséder une section transversale polygonale pourvue de côtés disposés parallèlement aux directions prédéterminées des fibres des  
25 réseaux.

48. Panneau selon l'une ou l'autre des revendications 46 et 47, caractérisé en ce que les réseaux de fibres de renfort (139-141) comprennent des premier, second, troisième et quatrième réseaux de fibres dont les  
30 fibres s'étendent dans les directions  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$  et que les trous dans le composant de façade possèdent une section transversale octogonale dont les côtés sont parallèles aux directions des fibres.

49. Panneau selon la revendication 48, caractérisé en ce que les réseaux de fibres de renfort (139-141)  
35

comprennent des premier et second réseaux de fibres, dont les fibres possèdent les directions  $0^\circ$  et  $90^\circ$ , ou  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$  et que les trous formés dans le composant de façade sont produits de manière à présenter une section transversale polygonale à quatre côtés, dont les côtés sont parallèles aux directions des fibres.

50. Panneau selon l'une quelconque des revendications 30 à 49, caractérisé en ce que le panneau (15, 16, 17) comporte en outre un composant de renfort (34) qui s'étend sur la face arrière du composant cellulaire.

51. Panneau d'atténuation du bruit fabriqué selon l'une quelconque des revendications 1 à 29.

52. Unité de puissance de propulsion pour aéronef, comportant un corps de moteur et une structure formant nacelle entourant le corps et définissant un conduit de soufflante possédant des parois intérieure et extérieure, caractérisée en ce que l'une ou chacune des parois du conduit de soufflante est formée par ou inclut un panneau d'atténuation du bruit selon l'une quelconque des revendications 30 à 51.

53. Unité de puissance propulsive pour aéronef, comprenant un conduit de courant gazeux, caractérisée en ce qu'elle inclut un panneau d'atténuation du bruit selon l'une quelconque des revendications 30 à 51.

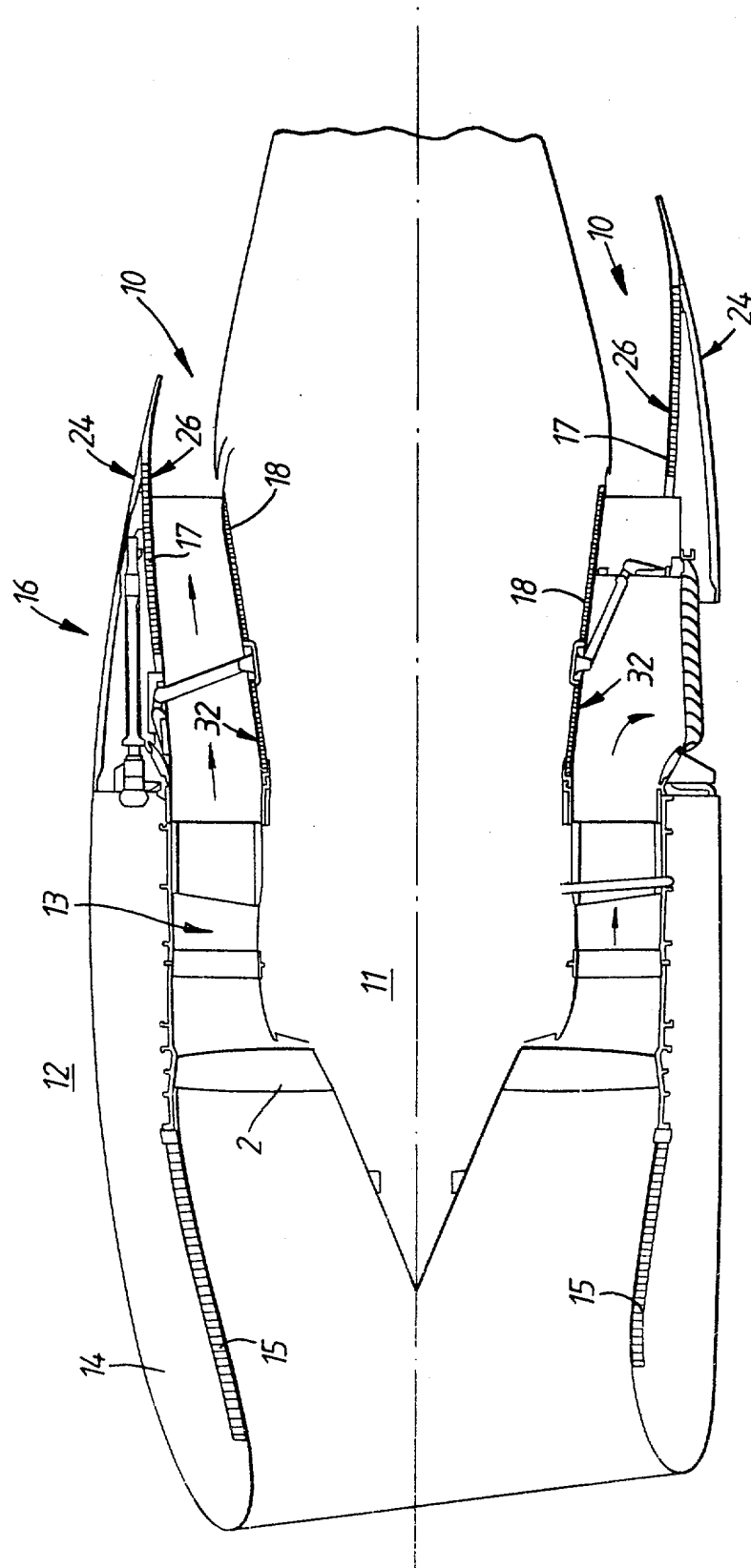
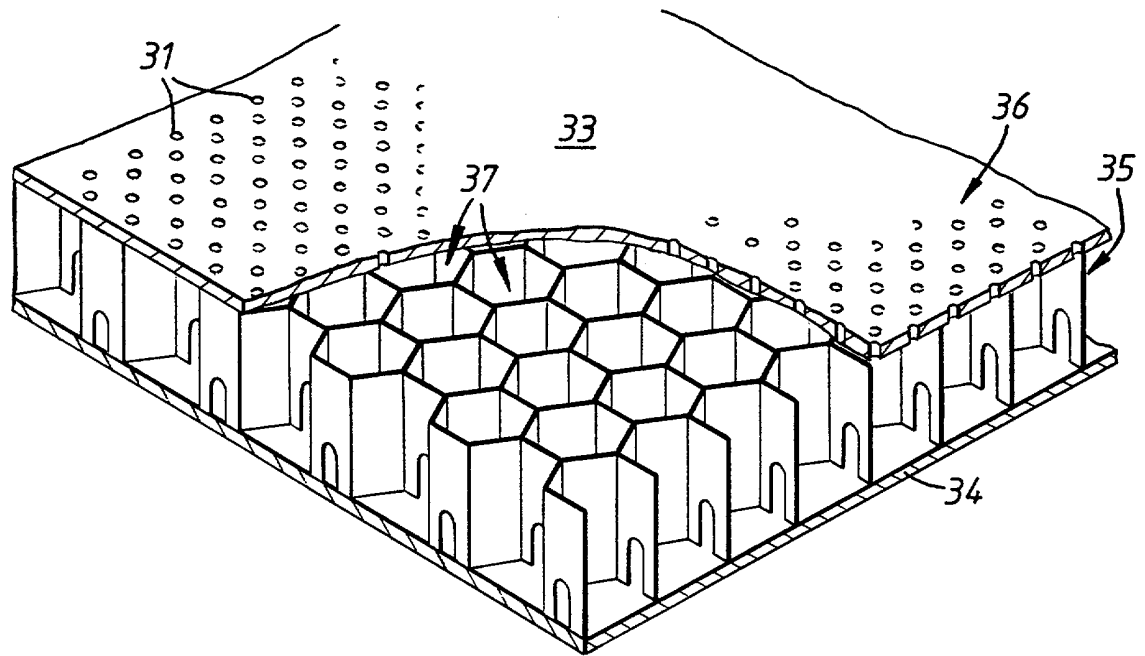
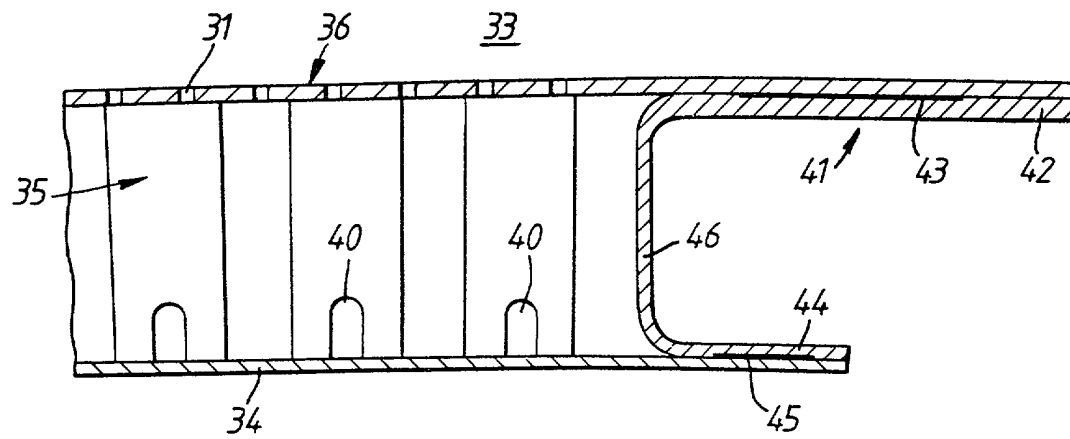
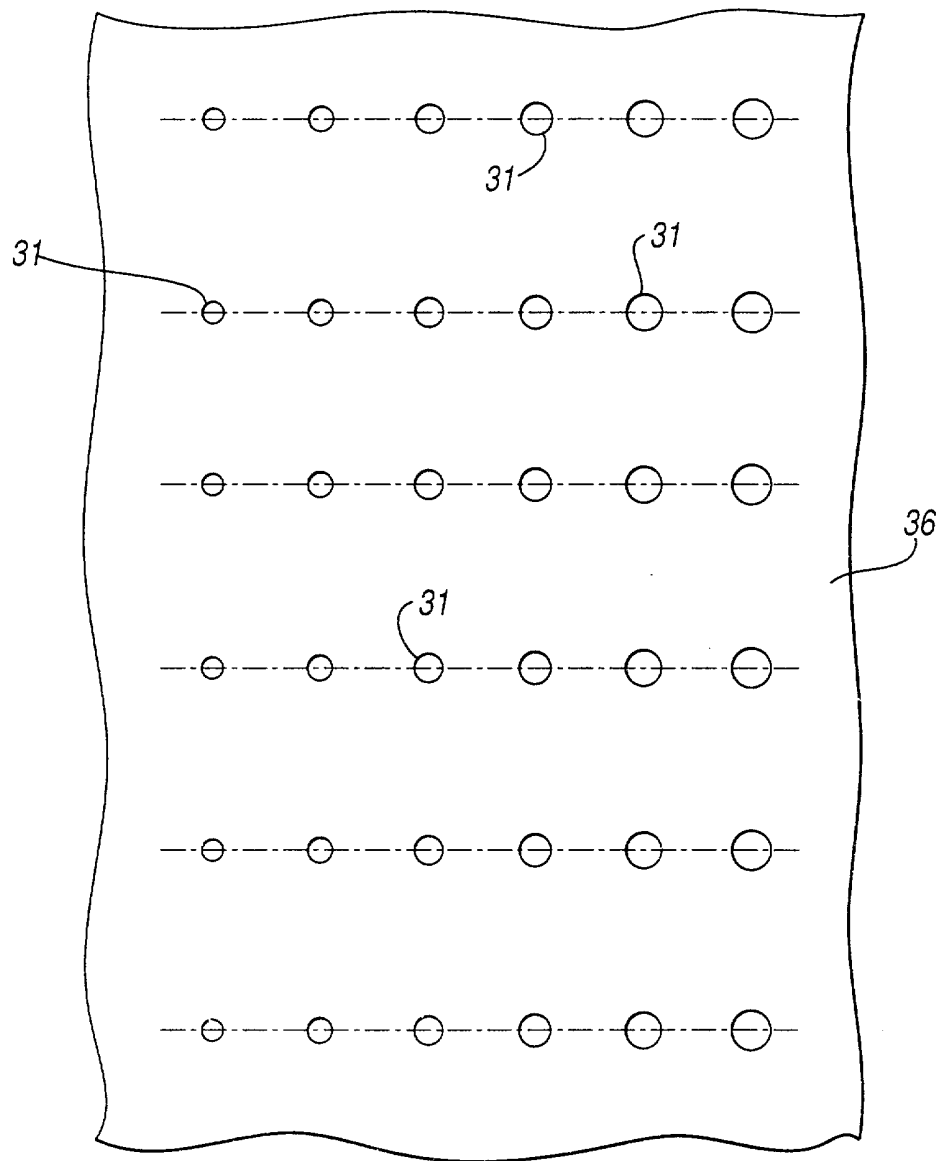
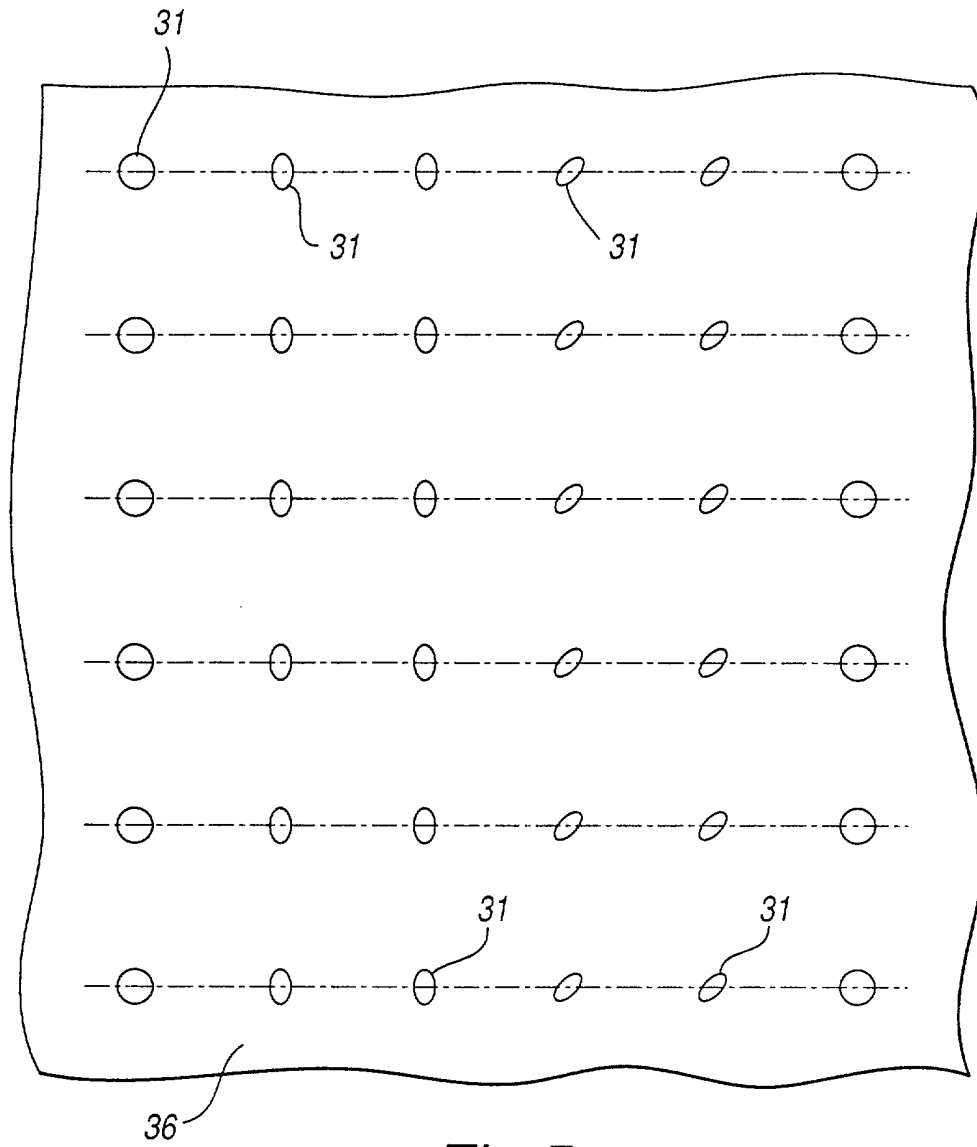
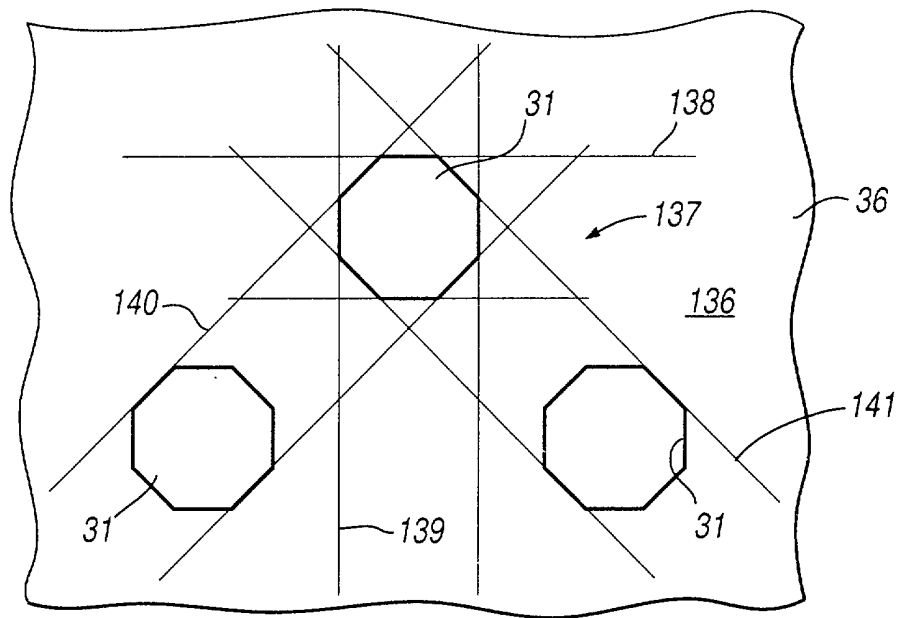
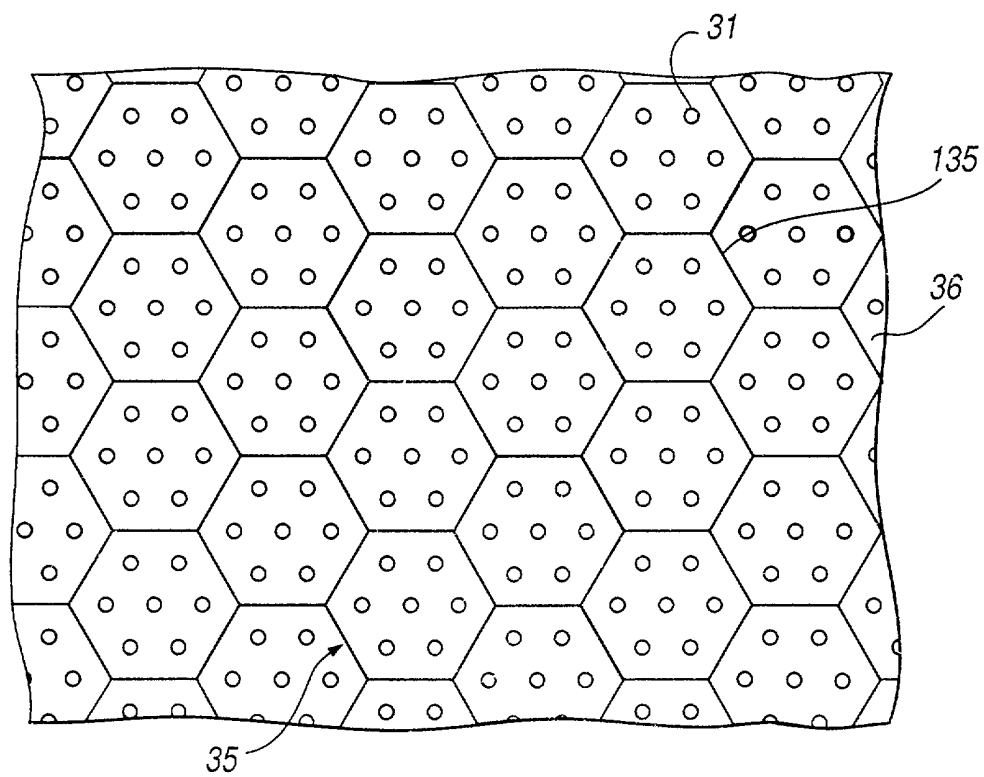


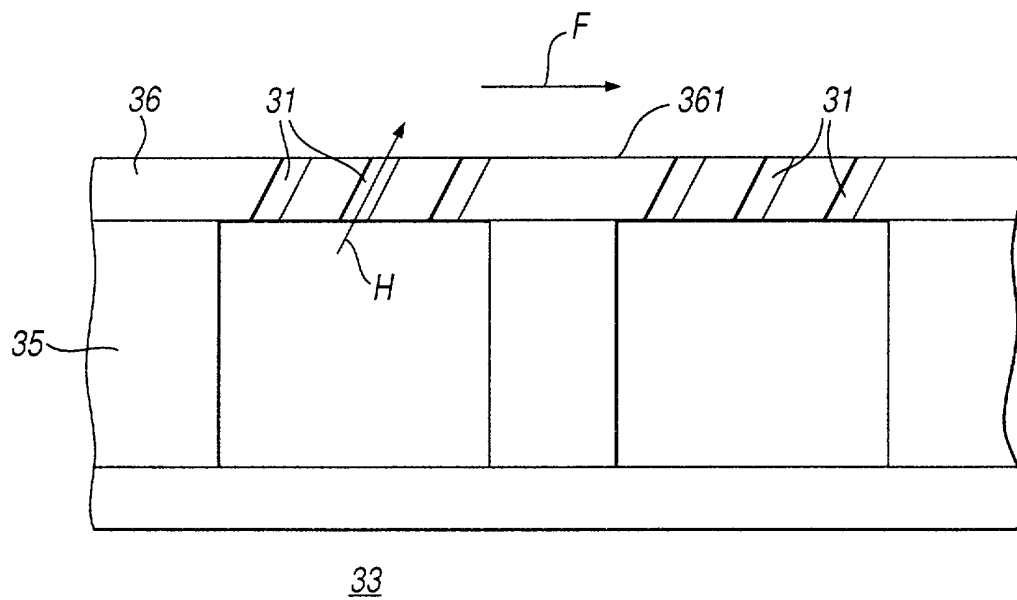
Fig. 1

*Fig. 2**Fig. 3*

*Fig.4*

*Fig.5*

*Fig. 6**Fig. 7*



*Fig.8*