

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :

3 134 340

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

22 03325

⑤① Int Cl⁸ : **B 32 B 3/12** (2022.01)

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Élément de structure muni d'inserts rapportés pour une structure composite acoustique et procédé de fabrication associé.

②② Date de dépôt : 11.04.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *INSTITUT DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE JULES VERNE Etablissement Public* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.10.23 Bulletin 23/41.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 25.10.24 Bulletin 24/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MARIN Mehdi, BESSEMOULIN Stéphane et RAVISE Florian.

⑦③ Titulaire(s) : *INSTITUT DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE JULES VERNE Etablissement Public.*

⑦④ Mandataire(s) : ALTA ALATIS PATENT.

FR 3 134 340 - B1



Description

Titre de l'invention : Élément de structure muni d'inserts rapportés pour une structure composite acoustique et procédé de fabrication associée

Domaine technique de l'invention

- [0001] L'invention concerne, de façon générale, le domaine technique des structures ou panneaux d'atténuation acoustiques.
- [0002] L'invention se rapporte à la fabrication de panneaux composites comprenant une âme centrale alvéolaire du type nid d'abeille prise en sandwich entre deux peaux, en particulier appliqués à des structures d'atténuation acoustiques utilisées pour réduire les bruits produits dans des environnements contraignants, par exemple dans le domaine aéronautique dans les moteurs d'avion comme dans les turbines à gaz ou échappement de ceux-ci, ou encore dans le domaine ferroviaire.

État de la technique antérieure

- [0003] Les structures d'atténuation acoustique sont classiquement constituées d'une part, d'une plaque ou peau acoustique dite peau « résistive » perméable aux ondes acoustiques que l'on souhaite atténuer et, d'autre part, d'une plaque ou peau pleine dite peau « réfléchive », entre lesquelles est disposée une âme formant un corps cellulaire, par exemple une structure alvéolaire de type nid d'abeille.
- [0004] La peau acoustique est généralement acoustiquement poreuse et perforée d'une multitude d'orifices permettant une communication fluide entre l'extérieur et l'intérieur de l'âme alvéolaire de la structure composite, pour former ainsi une structure d'atténuation acoustique de type panneau composite acoustique.
- [0005] De façon bien connue, de telles structures d'atténuation acoustique forment des résonateurs de type Helmholtz qui permettent d'atténuer dans une certaine gamme de fréquences les ondes acoustiques, chacune des cellules de l'âme alvéolaire ouverte au niveau de la perforation associée de la peau acoustique formant un résonateur de Helmholtz. Ces structures d'atténuation acoustique présentent généralement une âme alvéolaire de type nid d'abeille et les performances acoustiques obtenues sont ainsi limitées à l'absorption d'une gamme de fréquences relativement étroite dépendante de la forme et des dimensions de chacune des alvéoles.
- [0006] Une solution pour augmenter la gamme de fréquences d'atténuation acoustique d'une structure acoustique est de superposer plusieurs éléments de structure comportant chacun une âme alvéolaire, les alvéoles ayant des formes et des dimensions similaires ou différentes. Dans une telle configuration, la structure d'atténuation composite à âme alvéolaire, c'est-à-dire la structure en nid d'abeille peut être une structure à 1 degré de

liberté (structure SDOF, SDOF pour « Simple Degree Of Freedom »), à 2 degrés de liberté (structure DDOF, DDOF pour « Double Degree Of Freedom ») ou, plus généralement, à M degrés de liberté (structure MDOF, MDOF pour « Multiple Degree Of Freedom »), M étant un entier supérieur à 2.

- [0007] Lorsque la structure composite acoustique possède plusieurs degrés de liberté, elle comprend plusieurs couches de corps cellulaires ou d'âmes alvéolaires superposées, deux couches d'âmes alvéolaires empilées voisines étant séparées par un septum. Il est connu que ce septum soit constitué d'une paroi microporeuse percée de trous de sorte que, pour deux alvéoles données d'une paire d'alvéoles superposées, chacune appartenant à l'une et l'autre deux couches d'âmes alvéolaires empilées distinctes et voisines, lesdites alvéoles de la paire d'alvéoles donnée communiquent acoustiquement entre elles. Le septum s'apparente donc à une peau résistive intermédiaire. Bien qu'une telle structure composite acoustique présente une épaisseur totale plus importante, une telle caractéristique permet d'agrandir le volume de chaque cavité formant résonateur de Helmholtz et d'étendre en conséquence la bande de fréquence des ondes acoustiques atténuées vers des fréquences plus basses, comprises par exemple entre 500 et 1000 Hz.
- [0008] Le perçage de la paroi constituant le septum est bien connu et relativement simple à mettre en œuvre pour des structures composites acoustiques planes, formant des panneaux acoustiques plans réguliers. Toutefois, un tel perçage est complexe à mettre en œuvre pour des structures composites acoustiques présentant des formes courbes, voire complexes.
- [0009] On connaît aussi l'utilisation de pièces rapportées destinées à se loger dans chacune des alvéoles de la structure cellulaires pour améliorer les performances acoustiques d'un panneau acoustique. Dans le document FR 3 082 987 par exemple, des troncs de cônes sont reliés entre eux par des barrettes au niveau de leurs grandes bases qui doivent être positionnées dans des encoches réalisées à l'extrémité des alvéoles. Les troncs de cônes sont prévus pour venir se loger chacun à l'intérieur d'une alvéole associée, chaque grande base étant inscrite dans une section de l'espace intérieur de l'alvéole associée.
- [0010] Cependant, cette solution est difficile à mettre œuvre en particulier en ce qui concerne le contrôle du positionnement entre les troncs de cône et les alvéoles ainsi que l'étanchéité entre ces éléments. En effet, si la géométrie des encoches ainsi que celle des barrettes ne correspondent pas parfaitement, certaines barrettes ne sont pas correctement positionnées dans les encoches, ce qui entraîne des jeux avec la peau acoustique. Les performances et l'étanchéité de la structure d'atténuation acoustique sont alors dégradées. Le procédé de fabrication est également plus difficile à mettre en œuvre dans le cas de pièces courbes du fait de la rigidité conférée à la structure

acoustique par l'utilisation des troncs de cônes.

[0011] Outre la complexité du procédé de fabrication, l'utilisation d'une telle structure rapportée dans les alvéoles d'une âme alvéolaire d'un panneau acoustique augmente substantiellement la masse du panneau acoustique obtenu, ce qui est critique dans certaines applications comme en aéronautique.

[0012] Par ailleurs, dans le cas de la fabrication de structure à multiples degrés de liberté (DDOF et MDOF), les processus de fabrication du septum perforé sont souvent complexes à mettre en œuvre dans le procédé de fabrication global de la structure acoustique. En particulier, il est connu d'utiliser un procédé de drapage d'un tissu pré-imprégné sur un corps cellulaire, puis autoclavé. La multiplication des étapes de positionnement d'inserts avec ce type de procédé de fabrication en combinaison avec les autres étapes de fabrication habituelles de la structure composite acoustique implique une durée de fabrication importante et de facto un coût de fabrication plus important.

[0013] D'autres solutions existent consistant par exemple à définir les trous d'une peau acoustiquement poreuse en même temps que la peau elle-même. C'est le cas notamment en utilisant des procédés de fabrication additive. Toutefois, même si un tel procédé de fabrication de la peau acoustiquement poreuse peut être mis en œuvre en parallèle d'un procédé de fabrication d'une structure composite complète, de tels procédés sont particulièrement longs à mettre en œuvre, et présentent des contraintes supplémentaires propres à ce type de procédé de fabrication.

Exposé de l'invention

[0014] L'invention vise à remédier à tout ou partie des inconvénients de l'état de la technique en proposant notamment une solution permettant d'obtenir une structure acoustique composite simple à et qui constitue un isolant acoustique qui soit performant.

[0015] Pour ce faire est proposé, selon un premier aspect de l'invention, un élément de structure pour une structure composite acoustique, l'élément de structure comprenant au moins une âme alvéolaire comportant un réseau d'alvéoles creuses délimitées par des cloisons s'étendant entre deux faces de l'âme alvéolaire, et au moins une peau résistive recouvrant une des faces de l'âme alvéolaire, l'élément de structure étant remarquable en ce qu'il comprend une pluralité d'inserts rapportés, chaque insert présentant un corps tubulaire traversant ouvert à ses extrémités et une collerette saillante depuis le corps tubulaire associé, et en ce que la peau résistive est perforée par chacun des inserts positionnés en face de tout ou partie des alvéoles de sorte que, pour chaque insert, la collerette est positionnée contre la peau résistive d'un premier côté, et le corps tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté.

[0016] Grâce à une telle combinaison de caractéristiques, la conception des inserts rapportés

est simplifiée et sa mise en place sur une peau résistive d'un élément de structure est simple, même si la face associée de l'âme alvéolaire présente une forme non plane. Par ailleurs, l'utilisation de tels inserts rapportés ne rigidifie pas l'ensemble de manière excessive. Enfin, de tels inserts tubulaires permettent d'améliorer les performances acoustiques, ceci pour un poids relativement minimisé comparativement à des solutions de l'art antérieur.

- [0017] Selon un mode de réalisation, le premier côté de la peau résistive correspond au côté extérieur de l'élément de structure par rapport à la peau résistive, opposé à l'âme alvéolaire, le deuxième côté de la peau résistive étant le côté en regard de l'âme alvéolaire.
- [0018] Selon un mode de réalisation, la peau résistive est formée d'une structure composite multicouches. De préférence, la peau résistive comporte un tissu pré-imprégné, de préférence encore une couche de tissu interposée entre deux couches de colle. On notera que les caractéristiques de l'élément de structure lors de sa fabrication (sous forme de préimprégné par exemple) sont également les mêmes une fois l'élément de structure fabriqué. La cuisson en autoclave qui permet de finaliser la fabrication ne modifie en effet pas la structure de l'élément de structure ni de la structure composite acoustique dans laquelle elle est intégrée le cas échéant.
- [0019] Selon un mode de réalisation, le corps tubulaire de chacun des inserts s'étend entre une première et une deuxième extrémités suivant un axe d'ouverture, le corps tubulaire présentant, à la première extrémité, la collerette s'étendant dans plan orthogonal à l'axe d'ouverture, le corps tubulaire étant ouvert axialement à ses deux extrémités.
- [0020] Selon un mode de réalisation, le corps tubulaire des inserts présente une section constante, par exemple cylindrique.
- [0021] Selon un mode de réalisation, les inserts sont distincts les uns des autres. De cette manière les inserts ne sont pas solidaires les uns des autres avant la perforation de la peau résistive. On minimise ainsi la rigidité de l'élément de structure obtenu.
- [0022] Selon un mode de réalisation, les inserts rapportés sont formés d'un seul tenant, de préférence en matériau(x) thermoplastique(s), de préférence encore obtenu par moulage, par exemple par injection. De tels inserts sont simples à fabriquer, résistants, et peu coûteux.
- [0023] Selon un autre aspect de l'invention, celle-ci a trait à une structure composite acoustique remarquable en ce qu'elle comprend au moins un élément de structure tel que décrit ci-avant.
- [0024] Selon un mode de réalisation, la structure acoustique peut former un simple panneau acoustique, notamment lorsqu'une peau réflective est ajoutée de sorte à recouvrir l'autre des deux faces de l'âme alvéolaire, à savoir la face opposée de la peau résistive par rapport à l'âme alvéolaire. On obtient une structure composite acoustique simple

formant un panneau, plan ou non, dont l'âme alvéolaire est interposée entre les peaux réfléchive et résistive.

- [0025] Selon un mode de réalisation, la structure composite acoustique comprend une structure composite à N degrés de liberté comprenant une superposition de N couches d'âmes alvéolaires, N étant supérieur ou égal à 2, la structure composite comprenant au moins un septum séparant deux des couches d'âmes alvéolaires empilées voisines, la couche résistive perforée par les inserts formant le septum ou l'un des septums de la structure composite acoustique.
- [0026] Dans le cas où N est égal à 2, la structure composite forme un DDOF, la couche résistive perforée par les inserts formant le septum du DDOF. On obtient une structure composite acoustique dont la peau résistive extérieure, c'est-à-dire ouverte vers l'extérieur, peut présenter une forme aérodynamique et qui répond dans le même temps aux problématiques d'absorption des sons à basses fréquences et à hautes fréquences par un résonateur de Helmholtz adapté grâce aux inserts tubulaires.
- [0027] Selon un autre aspect, l'invention concerne également un procédé de fabrication d'un élément de structure tel que décrit ci-avant, le procédé de fabrication de l'élément de structure comprenant les étapes suivantes :
- fabrication de l'âme alvéolaire ;
 - positionnement de la peau résistive de sorte à ce qu'elle recouvre une des faces de l'âme alvéolaire ;
 - positionnement des inserts dans la peau résistive en face de tout ou partie des alvéoles de sorte que, pour chaque insert positionné, la collerette est positionnée contre la peau résistive d'un premier côté, et le corps tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté.
- [0028] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication de l'élément de structure comprend une étape d'enduction d'une préparation telle qu'une colle, par exemple à base de matériau(x) polymère(s), de sorte à enduire le premier côté de la peau résistive perforée par les inserts rapportés et des faces supérieures des collerettes des inserts, l'étape d'enduction étant de préférence suivie par une étape de réticulation, de préférence encore par apport de chaleur.
- [0029] La peau résistive avec les inserts insérés est ainsi recouverte d'un film d'une préparation prédéterminée tel qu'un film de colle, par exemple une colle époxy qui sera réticulée avec apport de chaleur, notamment autour des orifices délimités par le corps tubulaire des inserts afin de libérer les orifices de la colle. Cette couche supplémentaire de colle permet l'encastrement des collerettes des inserts entre deux couches, la peau résistive associée d'une part, et la préparation à réticuler d'autre part, ceci pour garantir un maintien amélioré des inserts durant la durée de vie de fonctionnement de la structure acoustique. Dans le cas d'un DDOF, la colle a en outre l'avantage d'assurer

une double fonction, d'une part d'assurer le maintien des inserts contre la peau associée, et d'autre part, d'assurer le collage des deux couches d'âmes alvéolaires de la structure DDOF lorsque la peau perforée par les inserts constitue le septum qui les sépare.

[0030] Selon un autre aspect de l'invention, celle-ci concerne également un procédé de fabrication d'une structure composite acoustique tel que décrit ci-avant, le procédé de fabrication de la structure composite acoustique étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- fabrication d'un élément de structure selon le procédé décrit ci-avant ;
- assemblage de l'élément de structure avec au moins une peau, de préférence une peau résistive ou réfléchive, recouvrant l'autre des deux faces de l'âme alvéolaire.

[0031] Cette peau distincte à laquelle l'élément de structure est assemblé est notamment une peau réfléchive, par exemple dans le cas d'une structure SDOF ou peut être par exemple une autre peau réfléchive, par exemple si la peau réfléchive de l'élément de structure est destinée à former le septum d'une structure DDOS.

[0032] Selon un mode de réalisation, le procédé de fabrication de la structure composite acoustique comprend une étape de superposition d'au moins une couche d'âme alvéolaire avec la structure composite acoustique

[0033] De préférence la peau réfléchive est drapée sous forme de préimprégné, une étape de cuisson en autoclave étant de préférence encore mise en œuvre après l'assemblage.

brÈve description des figures

[0034] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit, en référence aux figures annexées, qui illustrent :

[0035] [Fig.1] : une vue en coupe schématique d'une partie d'une structure composite acoustique de forme complexe selon un premier mode de réalisation ;

[0036] [Fig.2] : une vue en coupe schématique d'une partie d'une structure composite acoustique de forme plane selon un autre mode de réalisation, représentée sans les peaux résistive et réfléchive aux faces d'extrémités ;

[0037] [Fig.3] : une vue en perspective isométrique, de dessous, de la structure composite acoustique de la [Fig.2] ;

[0038] [Fig.4] : une vue de dessus de la structure composite acoustique de la [Fig.2] ;

[0039] [Fig.5A] : une vue d'une première étape de positionnement d'un insert dans la peau résistive d'un procédé de fabrication d'un élément de structure selon un mode de réalisation ;

[0040] [Fig.5B] : une vue d'une deuxième étape de positionnement de l'insert dans la peau résistive du procédé de fabrication d'un élément de structure, cette deuxième étape

étant ultérieure à la première étape de la [Fig.5A] ;

[0041] [Fig.5C] : une vue d'une troisième étape de positionnement de l'insert dans la peau résistive du procédé de fabrication d'un élément de structure, cette troisième étape étant ultérieure à la deuxième étape de la [Fig.5B] ;

[0042] [Fig.6A] : une vue en coupe schématique prise localement au niveau d'un insert d'une étape d'enduction d'une préparation, de sorte à enduire le côté extérieur d'une peau résistive perforée par les inserts et des faces supérieures des collerettes des inserts ;

[0043] [Fig.6B] : une vue similaire à la [Fig.6A] dans laquelle, l'étape d'enduction de la préparation a été suivie d'une étape de réticulation.

[0044] Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés par des signes de référence identiques sur l'ensemble des figures.

description DÉTAILLÉE d'un mode de rÉalisation

[0045] La [Fig.1] illustre une vue en coupe schématique d'une partie d'une structure composite acoustique **100** selon un mode de réalisation de l'invention.

[0046] La structure d'atténuation acoustique **100** comprend ici une structure à deux degrés de liberté, communément appelée « DDOF ». La structure d'atténuation acoustique **100** comprend une superposition de deux âmes alvéolaires **20, 20'**, une âme alvéolaire inférieure **20** et une âme alvéolaire supérieure **20'**, comportant chacune un réseau d'alvéoles **21, 21'** creuses délimitées par des cloisons **22, 22'**. Les deux âmes alvéolaires **20, 20'** sont séparées l'une de l'autre par un septum **30'**. Chacune de ces âmes alvéolaires **20, 20'** est ici constituée d'une structure de type nid d'abeille, par exemple de type NIDA®. On choisira par exemple que les alvéoles **21, 21'** des différentes couches d'alvéoles **20, 20'** aient des épaisseurs différentes selon les couches afin d'atténuer des ondes acoustiques de bandes de fréquences différentes. La structure en nid d'abeille de chacune des âmes alvéolaires **20, 20'** est de préférence constituée d'au moins un matériau(x) métallique(s), de préférence encore de matériau(x) métallique(s) apte(s) à résister à des températures élevées en fonction des usages souhaités. Dans le domaine de l'aéronautique par exemple, on peut choisir un ou des matériau(x) métallique(s) apte(s) à résister à des températures d'éjection chaude. Les matériaux utilisés pour constituer le réseau d'alvéoles **21, 21'** peuvent bien entendu être différents, par exemple en matériau(x) thermoplastique(s) ou en matériau(x) synthétique(s), par exemple en aramide. On notera également que d'autres formes d'alvéoles **21, 21'** peuvent être utilisées, et pas seulement en forme hexagonales s'agissant de nid d'abeille.

[0047] La structure cellulaire formée par la superposition des deux âmes alvéolaires **20, 20'** est recouverte :

- sur une première de ses deux faces, d'une peau résistive **31**, aussi appelée peau

acoustique, perméable aux ondes acoustiques que l'on souhaite atténuer et recouverte, et

- sur une autre de ses deux faces, opposée à la face recouverte par la peau résistive **31**, d'une peau réfléchive **32**, aussi appelé peau pleine, qui est orientée généralement à l'opposée d'une source de bruit, soit à l'arrière par rapport à la structure composite acoustique.

[0048] Le septum **30'** forme quant à lui une peau résistive intermédiaire séparant les deux âmes alvéolaires **20**, **20'**.

[0049] L'espace intérieur des cellules est particulièrement important en ce que chacune des alvéoles cette structure cellulaire centrale, à savoir de chacune des alvéoles des deux âmes alvéolaires **20**, **20'**, forme un résonateur de Helmholtz. Le résonateur est ainsi constitué par une bouteille, formée par une alvéole du nid d'abeilles et un col formé par un perçage de la peau résistive. Afin d'optimiser les performances acoustiques le septum **30'** est lui-même également percé et l'intégralité de l'épaisseur de la structure DDOF est ainsi utilisée pour atténuer les ondes acoustiques, les alvéoles des deux âmes alvéolaires **20**, **20'** étant superposées, une paire d'alvéoles **21**, **21'** superposées donnée communiquant entre elles par l'intermédiaire d'un orifice **55** du septum **30'**. De cette manière le septum **30'** forme une peau résistive intermédiaire, entre les deux âmes alvéolaires **20**, **20'**.

[0050] Ces orifices **55** sont délimités chacun par un insert **50**. Chaque insert **50** présente un corps **51** tubulaire traversant ouvert à ses extrémités **53**, **54** et une collerette **52** saillante depuis le corps **51** tubulaire associé. Le corps tubulaire **51** étant traversant, il permet la communication des ondes acoustiques à travers lui entre deux alvéoles **21**, **21'** d'une paire d'alvéoles superposées donnée des âmes alvéolaires **20**, **20'**.

[0051] La peau résistive **30** intermédiaire formée ici par le septum **30'** est perforée par chacun des inserts **50**, lesquels sont positionnés en face de tout ou partie des alvéoles **21** de l'âme alvéolaire inférieure **20**. L'âme alvéolaire **20** inférieure et le septum **30'** forment ensemble un élément de structure **10**. On notera de manière alternative que la fabrication d'un élément de structure **10** comportant le septum **30'** formant peau résistive et l'âme alvéolaire **20'** supérieure est également possible mais plus complexe à fabriquer car cela implique que pour chaque insert positionné, la collerette est positionnée contre la peau résistive d'un premier côté, et le corps tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté, le premier côté de la peau résistive correspondant au côté intérieur, en regard de l'âme alvéolaire, le deuxième côté de la peau résistive étant le côté extérieur de l'élément de structure par rapport à la peau résistive, opposé à l'âme alvéolaire.

[0052] On notera également que l'élément de structure **10** peut être intégré dans une autre structure qu'un DDOF. Par exemple, la structure composite acoustique pourrait être un

simple panneau composite formé de l'âme alvéolaire **20** prise en sandwich entre les peaux réfléchive **31** et résistive **30**, **32**. Selon un autre exemple, la structure composite acoustique pourrait comporter plus de 2 degrés de liberté, par exemple 3. Dans ce cas la peau résistive percée par les inserts **50** peut être l'une des peaux intermédiaires formant septum, voire même la peau résistive extérieure. De préférence, on choisira une configuration dans laquelle la peau résistive percée par les inserts **50** forme un septum séparant deux des couches d'âmes alvéolaires, par exemple pour garantir la planéité de la couche résistive extérieure afin de garantir des performances aérodynamiques optimales.

[0053] Dans ce mode de réalisation, l'élément de structure **10** ainsi formé est configuré de sorte que, pour chaque insert **50** :

- la collerette **52** desdits inserts **50** est positionnée contre la peau résistive **30** associée, ici le septum **30'**, d'un premier côté ici extérieur de l'élément de structure **10** par rapport à la peau résistive **30** associée, à savoir ici du côté opposé à l'âme alvéolaire **20** inférieure, et
- le corps **51** tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté, notamment dans l'une des alvéoles **21** associée de l'âme alvéolaire **20** inférieure.

[0054] Les inserts **50** sont indépendants les uns des autres, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas liés entre eux, autrement bien entendu que par le septum **30'** une fois positionnés dessus. En d'autres termes, ils ne sont pas liés par des moyens de fixation dédiés, à la différence de l'art antérieur.

[0055] Le corps **51** tubulaire des inserts **50** est cylindrique et ouvert axialement à ses deux extrémités **53**, **54**. On permet ainsi la communication des ondes acoustiques à travers l'espace creux ouvert de manière traversante du corps tubulaire **51** délimitant l'orifice associé **55**.

[0056] Le corps **51** tubulaire de chacun des inserts **50** s'étend entre ses deux extrémités, à savoir une première et une deuxième extrémités **53**, **54** suivant un axe d'ouverture **A**. Une fois un insert **50** positionné sur la peau résistive formant ici le septum **30'**, l'axe d'ouverture **A** est tel qu'il est orienté au moins localement perpendiculairement à la face de l'âme alvéolaire **20** recouverte par le septum **30'**.

[0057] Le corps **51** tubulaire porte à la première extrémité **53**, la collerette **52** qui s'étend dans plan orthogonal **P** à l'axe d'ouverture **A**. La collerette **52** présente la forme d'une couronne discale entourant coaxialement la portion tubulaire de la première extrémité **53** du corps tubulaire **51**. Les inserts **50** sont enfoncés à travers la peau résistive formant ici septum **30'** de sorte que la collerette **52** vient en contact directement contre ladite peau associée.

[0058] Pour simplifier la fabrication, les inserts **50** sont formés chacun d'un seul tenant, de

préférence en matériaux thermoplastiques, de préférence encore obtenu par moulage, par exemple par injection. Parmi les matériaux thermoplastiques pouvant être utilisés, on peut citer par exemple le polyetheretherketone (PEEK), le polyétherimide (PEI), le sulfure de polyphénylène (PPS), ou encore le polycarbonate (PC). Bien entendu, d'autres matériaux seuls ou en combinaison peuvent être utilisés. De même d'autres procédés de fabrication peuvent être utilisés tels que l'extrusion ou la fabrication additive.

- [0059] Chaque insert **50** peut présenter une deuxième extrémité **54** biseautée circonférentiellement dans le sens d'un rétrécissement de diamètre du corps tubulaire vers la deuxième extrémité **54**. Ce biseau peut permettre de faciliter le positionnement de l'insert **50** associé lors de la perforation de la peau, ceci quand bien même si la deuxième extrémité **54** n'est pas prévue pour assurer elle-même la perforation de ladite peau, par exemple lors de l'utilisation d'un poinçon **60** (voir les figures 5A, 5B et 5C décrite ci-après). Ce biseau peut également être obtenu pour faciliter la fabrication de l'insert **50** en formant une dépouille.
- [0060] Le diamètre intérieur du corps tubulaire **51** est prédéterminé et calibré en fonction de l'usage auquel est destinée la structure composite acoustique **100**, ses dimensions et des plages de fréquences d'ondes acoustiques à atténuer.
- [0061] La collerette **52** et le corps tubulaire **51** sont raccordés par un congé orienté du côté de la deuxième extrémité **54**. Dans le cas où l'insert est fabriqué en étant moulé, le congé offre l'avantage de permettre une vitesse de refroidissement plus homogène, si l'insert **50** est en matériau(x) métallique(s) notamment, ou d'assurer un bon écoulement dans le moule et donc un bon remplissage, si l'insert **50** est en matériau(x) thermoplastique(s) notamment, ou plus simplement de garantir un bon démoulage de la pièce. Une fois inséré à travers la peau résistive **30**, formée ici par le septum **30'**, le congé vient au contact de la peau perforée dans laquelle l'insert **50** est inséré et adouci l'angle pour préserver intact le bord de la peau au niveau de la perforation.
- [0062] Les figures 2, 3 et 4 illustrent des vues schématiques d'une partie d'une structure composite acoustique **100** représentée sans les peaux résistive **32** et réfléchive **31** aux faces d'extrémités, dans des vues respectivement en coupe, en perspective isométrique de dessous, et de dessus.
- [0063] Ce deuxième mode de réalisation illustré sur ces figures 2, 3 et 4 diffère du premier mode de réalisation de la [Fig.1] essentiellement en ce qu'il est plan, c'est-à-dire qu'il ne présente pas une forme complexe courbe.
- [0064] La fabrication de ce type de panneau sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit.
- [0065] Une première étape de procédé de fabrication consiste à fabriquer l'élément de structure **10**. Dans un premier temps, on fabrique l'âme alvéolaire **20**, destinée à

former l'âme alvéolaire **20** inférieure du DDOS final, l'âme alvéolaire **20** présentant ici la forme d'une structure en nid d'abeille.

- [0066] Si l'âme alvéolaire présente une forme complexe, par exemple une forme courbe non plane, comme illustrée sur la [Fig.1] par exemple, l'âme alvéolaire **20** peut alors être formée à ce stade du procédé.
- [0067] Ensuite, la peau résistive **30** de l'élément de structure **10** est positionnée de sorte à recouvrir une des faces **23**, **24** de l'âme alvéolaire **20**. La peau résistive est formée d'une structure composite multicouches. Elle est drapée sur la face associée de l'âme alvéolaire **20** sous forme d'un film préimprégné composé de plusieurs couches. Cette peau préimprégnée multicouche comprend notamment au moins un pli structural, par exemple un tissu formé de fibres de verre préimprégné par de la résine époxyde. Ce plus structural est également interposé entre deux films de colle époxyde dont une des couches de colle sera en contact avec une extrémité des cloisons **22** du réseau d'alvéoles **21** de l'âme alvéolaire inférieure **20**, du côté de la face recouverte par la peau.
- [0068] Bien entendu, la nature de chaque couche constituant la peau résistive **30** de l'élément de structure **10** peut être différente. Par exemple, les couches peuvent être tissées ou non tissées. Plusieurs plis structuraux peuvent être superposés, ce qui est particulièrement avantageux en termes de résistance. La résistance est encore accrue lorsque les fibres dans les différents plis tissés présentent des orientations différentes. L'orientation des fibres est configurée de sorte à assurer la meilleure résistance suivant l'usage final souhaité. Les couches de colle(s) peuvent varier également et être tramées ou non. Le tissu du ou des pli(s) tissés peut également être dans un autre matériau que le verre, par exemple en fibres de carbone. Une des couches peut également être un film ou tissu thermoplastique.
- [0069] Pour garantir une étanchéité parfaite de la peau résistive associée, ce qui est particulièrement important pour garantir une bonne absorption acoustique, on choisira de préférence une peau multicouches comportant une barrière imperméable à l'air, une des couches au moins étant imperméable à l'air et présentant une résistance au flux d'air égale ou supérieure à environ 50 rayls MKS, soit $50 \text{ kg s}^{-1} \bullet \text{ m}^{-2}$ en unités fondamentales SI.
- [0070] Une fois que la peau résistive **30** préimprégnée est positionnée en recouvrant une des faces **23**, **24** de l'âme alvéolaire **20**, on vient positionner l'ensemble des inserts **50** dans la peau résistive **30** en face de tout ou partie des alvéoles **21** de l'âme alvéolaire **20** de sorte que, dans cet exemple et pour chaque insert **50** positionné, la collerette **52** est située directement contre la peau résistive **30** du côté extérieur de l'élément de structure **10** par rapport à la peau résistive **30**, opposé à l'âme alvéolaire **20**, et le corps tubulaire **51** débouche dans l'alvéole **21** associée.

[0071] Cette méthode de positionnement des inserts **50** est illustrée en détail sur les figures 5A, 5B et 5C. En particulier, sont illustrées respectivement :

- une première étape de positionnement d'un insert **50** dans la peau résistive **30** de l'élément de structure **10** dans laquelle un outil (non illustré) porte un poinçon **60** et vient en regard d'une alvéole **21**, le poinçon **60** présentant une tête **62** configurée pour venir en contact contre la collerette **52** de l'insert **50**, et une tige **61**, la tige **61** traversant axialement le corps **51** tubulaire de l'insert **50** suivant son axe d'ouverture **A**. La tige **61** s'étend axialement sous la tête **62** et présente une longueur plus importante que celle de l'insert **50** ce qui garantit le fait que la tige **61** traverse de part et d'autre le corps tubulaire **51** de l'insert **50**. Le diamètre externe de la tige **61** est choisi de sorte à être sensiblement égal au diamètre interne du corps **51** tubulaire de sorte que les frictions engendrées entre le poinçon **60** et l'insert **50** suffisent à maintenir l'insert **50** emmanché sur le poinçon durant cette première étape, sans toutefois trop le contraindre de sorte à ce qu'il reste possible de retirer l'insert **50** ;
- une deuxième étape de positionnement de l'insert **50** dans la peau résistive **30** du procédé de fabrication de l'élément de structure **10**, cette deuxième étape étant ultérieure à la première étape. On vient ici déplacer le poinçon **60** par une translation axiale, suivant l'axe d'ouverture **A**. La tige **61** traversant axialement le corps **51** tubulaire de l'insert **50** suivant son axe d'ouverture **A**, l'extrémité distale de la tige **61** vient en contact en premier, soit avant l'insert **50**, contre la peau résistive **30** durant le déplacement de l'insert **50** par le poinçon **60**. L'extrémité distale de la tige **61** est munie d'une pointe pour faciliter la perforation de la peau résistive **30**. Le poinçon **60** est déplacé suivant l'axe d'ouverture **A** de sorte à perforer la peau **30**, la tête **62** du poinçon poussant l'insert **50** jusqu'à ce que sa collerette **52** vienne en contact directement contre le préimprégné **30**. Lors de cette étape, la collerette **52** vient se coller contre la première couche de la peau réfléchive préimprégnée. Le choix d'une couche supérieure de la peau **30** préimprégnée doit ainsi permettre de garantir le collage de l'insert **50** et ainsi, lorsque le poinçon **60** se déplace en sens inverse pour se retirer, l'insert **50** reste en position tandis que le poinçon **60** se retire ;
- une troisième étape de positionnement de l'insert **50** dans la peau résistive **30** dans laquelle le poinçon **60** se retire laissant l'insert **50** dans la peau **30** grâce à une pégosité de la peau résistive **30** supérieure aux efforts de frictions maintenant l'insert **50** sur le poinçon **60** ;
- ensuite le poinçon **60** va chercher un autre insert **50** puis réitérer les étapes de

positionnement de l'insert **50**, jusqu'à ce que tous les inserts **60** soient positionnés sur l'élément de structure **10**.

- [0072] On notera que l'outil peut être par exemple un bras robotisé muni à son extrémité du poinçon **60**. Par ailleurs, le bras robotisé peut être configuré pour placer un insert **50** à chaque fois, et comporter un unique poinçon **60**, ou bien porter plusieurs poinçons **60** et être configuré ainsi pour positionner plusieurs inserts **50** de façon synchronisée. L'avantage d'un outil de positionnement porté par un bras robotisé est de faciliter la mise en place des inserts **50** suivant une surface complexe. Le bras robotisé est par exemple un bras robotisé 6 axes.
- [0073] Selon une caractéristique, on veille à ce que la longueur de l'insert **50**, c'est-à-dire de son corps tubulaire **51**, soit strictement inférieure à la profondeur de l'alvéole **21** associée. De cette manière on s'assure pour chaque insert **50**, que celui-ci présente un jeu entre un fond de l'alvéole associée et la deuxième extrémité **54** distale de l'insert **50**. De cette manière l'insert **50** n'interfère pas avec la peau qui sera positionnée sur l'autre face de l'âme alvéolaire **20** avant son drapage. De même, une fois l'élément de structure formé, après cuisson, une telle caractéristique garantit une bonne absorption acoustique.
- [0074] Une fois tous les inserts **50** positionnés, une étape d'enduction d'une préparation **40** est mise en œuvre. La préparation peut être par exemple une colle, par exemple à base de matériaux polymères. Cette étape consiste notamment à enduire au moins d'une part le côté extérieur de la peau résistive **30** perforée par les inserts **50**, côté contre lequel les faces inférieures des collerettes **52** des inserts **50** sont en contact, et d'autre part les faces supérieures des collerettes **52** des inserts **50**. L'étape d'enduction est suivie par une étape de réticulation, par exemple par apport de chaleur.
- [0075] En d'autres termes, la peau résistive **30** multicouches pourvue des inserts **50** alors insérés à travers ladite peau est ainsi recouverte d'un film de colle époxyde qui est ensuite réticulée avec apport de chaleur autour des orifices **55** des inserts **50** afin de les libérer de la colle (voir les figures 6A et 6B). La réticulation de la colle durcit la colle, et la colle éventuellement placée dans les orifices **55** des corps tubulaires **51** se retire localement laissant libre ces orifices **55**. Cette couche supplémentaire **40** permet l'encastrement des collerettes **52** des inserts **50** entre la couche additionnelle de préparation d'une part, et la peau résistive **30** d'autre part, ceci pour garantir le maintien des inserts **50** durant la durée de vie de fonctionnement de la structure composite acoustique **100**. On choisira une collerette **52** pour chaque insert **50** avec une épaisseur minimale pour assurer la planéité de la peau une fois les inserts rapportés et insérés dans la peau **30** multicouches et encastrés avec la couche de préparation réticulée.
- [0076] Une fois l'élément de structure **10** formé, il est assemblé avec au moins une peau, telle qu'une peau résistive **32** (voir la par exemple la [Fig.1]) de sorte à ce qu'elle

recouvre l'autre des deux faces de l'âme alvéolaire **20**. Dans le cas d'un DDOF, une autre âme alvéolaire **20'** et sa peau réflective **31** sont également assemblés en étant collés.

- [0077] Une fois la structure composite assemblée, l'ensemble est placé dans un autoclave pour subir une étape de cuisson. De cette manière, les différents septums **30'** qui séparent les différentes couches d'âmes alvéolaires **20, 20'**, les différentes couches d'âmes alvéolaires **20, 20'**, la peau réflective arrière **32** et la peau résistive extérieure avant **31** sont assemblés sous la forme d'une pièce unique avant d'être introduits dans l'autoclave.
- [0078] On obtient ainsi une structure composite acoustique s'étendant suivant la forme souhaitée et présentant des caractéristiques techniques optimales.
- [0079] Naturellement, l'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de réalisation de l'invention sans pour autant sortir du cadre de l'invention.
- [0080] Par exemple, on peut prévoir une cuisson en autoclave de l'élément de structure seul puis l'élément de structure peut être intégré à une structure composite acoustique au moyen d'un autre procédé, par exemple par brasage.
- [0081] Il est souligné que toutes les caractéristiques, telles qu'elles se dégagent pour un homme du métier à partir de la présente description, des dessins et des revendications attachées, même si concrètement elles n'ont été décrites qu'en relation avec d'autres caractéristiques déterminées, tant individuellement que dans des combinaisons quelconques, peuvent être combinées à d'autres caractéristiques ou groupes de caractéristiques divulguées ici, pour autant que cela n'a pas été expressément exclu ou que des circonstances techniques rendent de telles combinaisons impossibles ou dénuées de sens.

Revendications

- [Revendication 1] Élément de structure (10) pour une structure composite acoustique (100), l'élément de structure comprenant au moins une âme alvéolaire (20) comportant un réseau d'alvéoles (21) creuses délimitées par des cloisons (22) s'étendant entre deux faces (23, 24) de l'âme alvéolaire (20), et au moins une peau résistive (30, 30') recouvrant une des faces de l'âme alvéolaire (20), l'élément de structure (10) comprenant une pluralité d'inserts (50) rapportés, chaque insert (50) présentant un corps (51) tubulaire traversant ouvert à ses extrémités (53, 54) et une collerette (52) saillante depuis le corps (51) tubulaire associé, la peau résistive (30, 30') étant perforée par chacun des inserts (50) positionnés en face de tout ou partie des alvéoles (21) de sorte que, pour chaque insert (50), la collerette (52) est positionnée contre la peau résistive (30, 30') d'un premier côté, et le corps (51) tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté, l'élément de structure (10) étant caractérisé en ce que les inserts (50) sont formés d'un seul tenant, le corps (51) tubulaire de chacun des inserts (50) s'étendant entre une première extrémité (53) présentant la collerette (52) et une deuxième extrémité (54), ladite deuxième extrémité (54) étant biseautée circonférentiellement.
- [Revendication 2] Élément de structure (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la peau résistive (30, 30') est formée d'une structure composite multicouches.
- [Revendication 3] Élément de structure (10) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le corps (51) tubulaire de chacun des inserts (50) s'étend entre une première et une deuxième extrémités (53, 54) suivant un axe d'ouverture (A), le corps (51) tubulaire présentant, à la première extrémité (53), la collerette s'étendant dans plan orthogonal (P) à l'axe d'ouverture (A), le corps (51) tubulaire étant ouvert axialement à ses deux extrémités (53, 54).
- [Revendication 4] Élément de structure (10) selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que le corps (51) tubulaire des inserts (50) présente une section constante, par exemple cylindrique.
- [Revendication 5] Élément de structure (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les inserts (50) sont distincts les uns des autres.
- [Revendication 6] Élément de structure (10) selon l'une quelconque des revendications

précédentes, caractérisé en ce que les inserts (50) rapportés sont formés en matériau(x) thermoplastique(s), de préférence obtenu par moulage, par exemple par injection.

[Revendication 7] Structure composite acoustique (100) caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un élément de structure (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Revendication 8] Structure composite acoustique (100) selon la revendication précédente, caractérisée en ce qu'elle comprend N degrés de liberté formée par une superposition de N couches d'âmes alvéolaires (20, 20'), N étant supérieur ou égal à 2, la structure composite acoustique (100) comprenant au moins un septum (30') séparant deux des couches d'âmes alvéolaires (20, 20') empilées voisines, la couche résistive (30) perforée par les inserts (50) formant le septum (30') ou l'un des septums (30') de la structure composite acoustique (100).

[Revendication 9] Procédé de fabrication d'un élément de structure (10) pour une structure composite acoustique (100), l'élément de structure comprenant au moins une âme alvéolaire (20) comportant un réseau d'alvéoles (21) creuses délimitées par des cloisons (22) s'étendant entre deux faces (23, 24) de l'âme alvéolaire (20), et au moins une peau résistive (30, 30') recouvrant une des faces de l'âme alvéolaire (20), l'élément de structure (10) comprenant une pluralité d'inserts (50) rapportés, chaque insert (50) présentant un corps (51) tubulaire traversant ouvert à ses extrémités (53, 54) et une collerette (52) saillante depuis le corps (51) tubulaire associé, la peau résistive (30, 30') étant perforée par chacun des inserts (50) positionnés en face de tout ou partie des alvéoles (21) de sorte que, pour chaque insert (50), la collerette (52) est positionnée contre la peau résistive (30, 30') d'un premier côté, et le corps (51) tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté, le procédé de fabrication de l'élément de structure (10) étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- fabrication de l'âme alvéolaire (20) ;
- positionnement de la peau résistive (30, 30') de sorte à ce qu'elle recouvre une des faces (23, 24) de l'âme alvéolaire (20) ;
- positionnement des inserts (50) dans la peau résistive (30, 30') en face de tout ou partie des alvéoles (21) de l'âme alvéolaire (20) de sorte que, pour chaque insert (50) positionné, la

collerette (52) est positionnée contre la peau résistive (30, 30') d'un premier côté , et le corps tubulaire débouche d'un deuxième côté, opposé au premier côté.

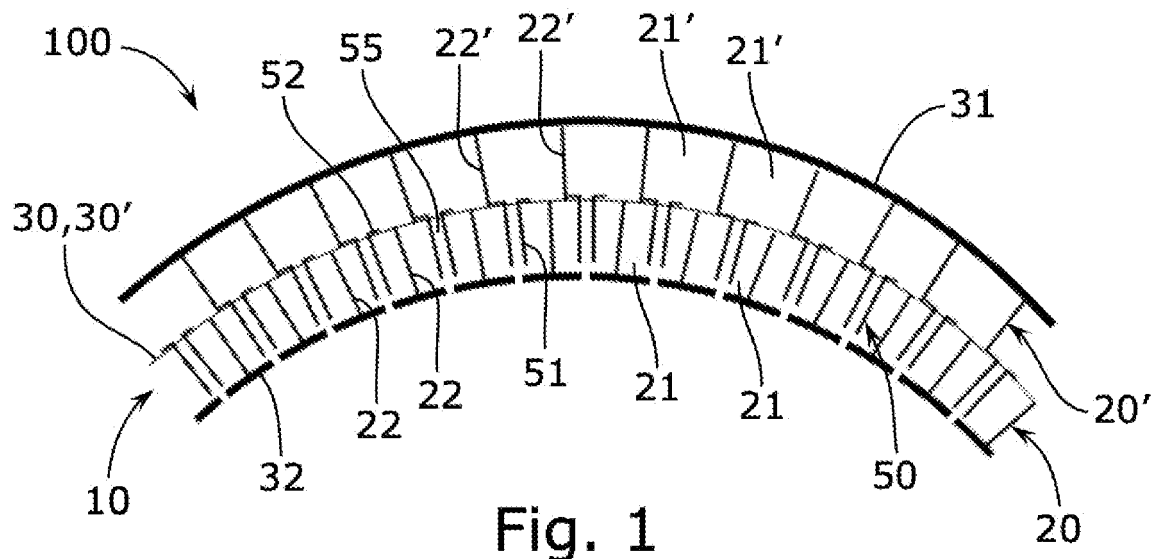
[Revendication 10] Procédé de fabrication selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'enduction d'une préparation (40) telle qu'une colle, par exemple à base de matériau(x) polymère(s), de sorte à enduire le premier côté de la peau résistive (30, 30') perforée par les inserts (50) rapportés et des faces supérieures des collerettes (52) des inserts (50), l'étape d'enduction étant de préférence suivie par une étape de réticulation, de préférence encore par apport de chaleur.

[Revendication 11] Procédé de fabrication d'une structure composite acoustique du type comprenant N degrés de liberté formée par une superposition de N couches d'âmes alvéolaires (20, 20'), N étant supérieur ou égal à 2, la structure composite acoustique (100) comprenant au moins un septum (30') séparant deux des couches d'âmes alvéolaires (20, 20') empilées voisines, la couche résistive (30) perforée par les inserts (50) formant le septum (30') ou l'un des septums (30') de la structure composite acoustique (100), le procédé de fabrication de la structure composite acoustique (100) étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

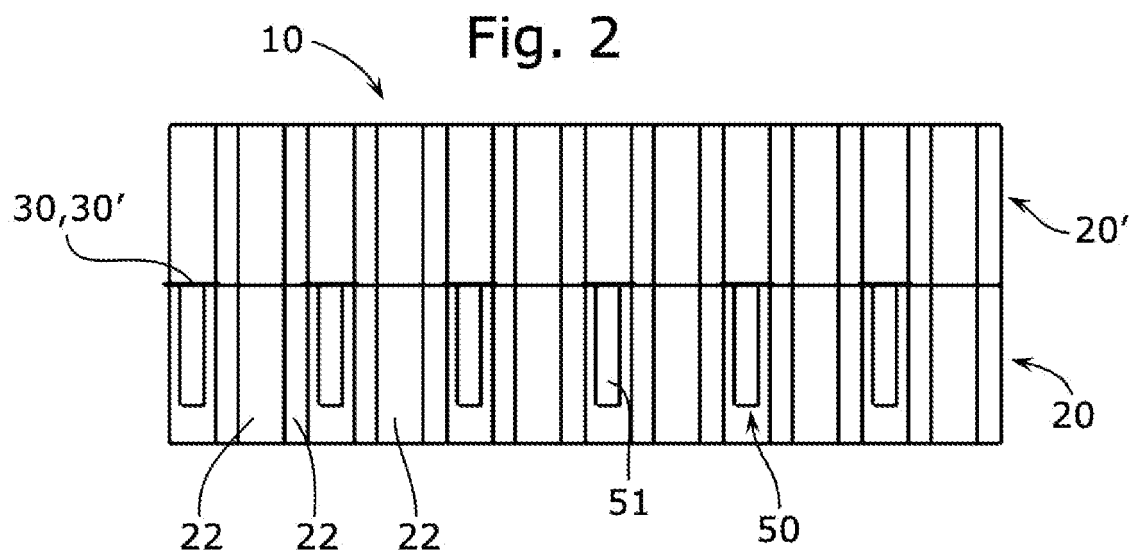
- fabrication d'un élément de structure (10) selon l'une des revendications 9 ou 10 ;
- assemblage de l'élément de structure (10) avec au moins une peau, de préférence une peau résistive (32) ou réfléchive (31), recouvrant l'autre des deux faces de l'âme alvéolaire (20).

[Revendication 12] Procédé de fabrication selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de superposition d'au moins une couche d'âme alvéolaire avec la structure composite acoustique (100).

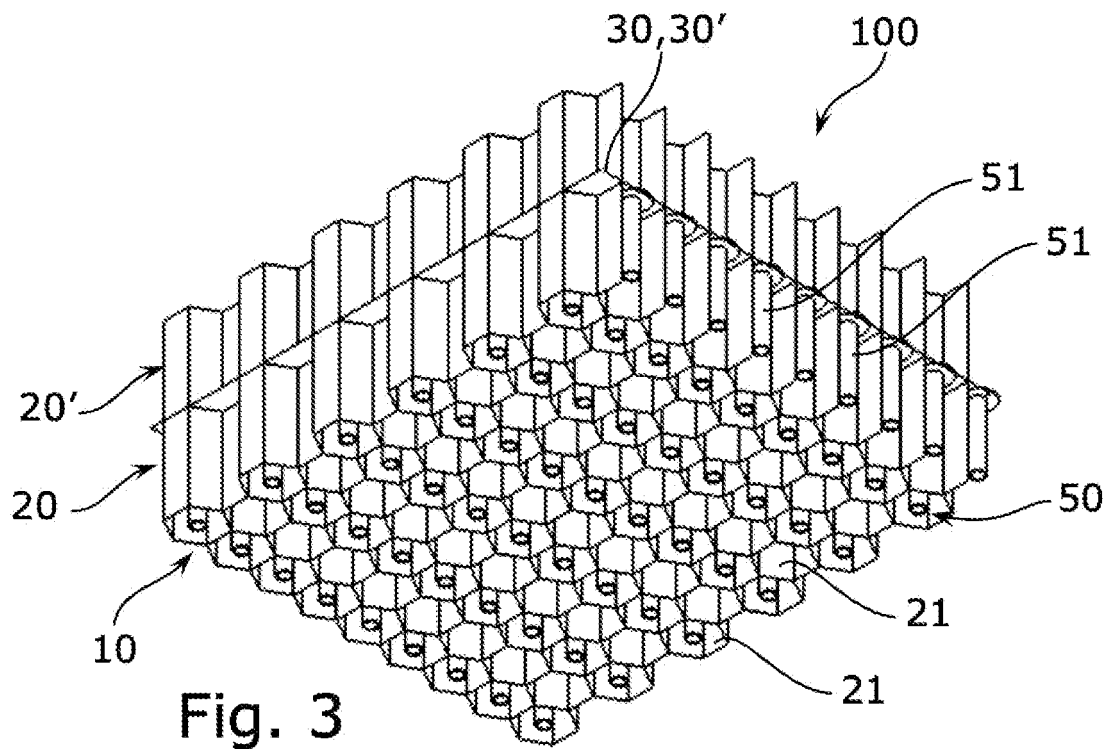
[Fig. 1]



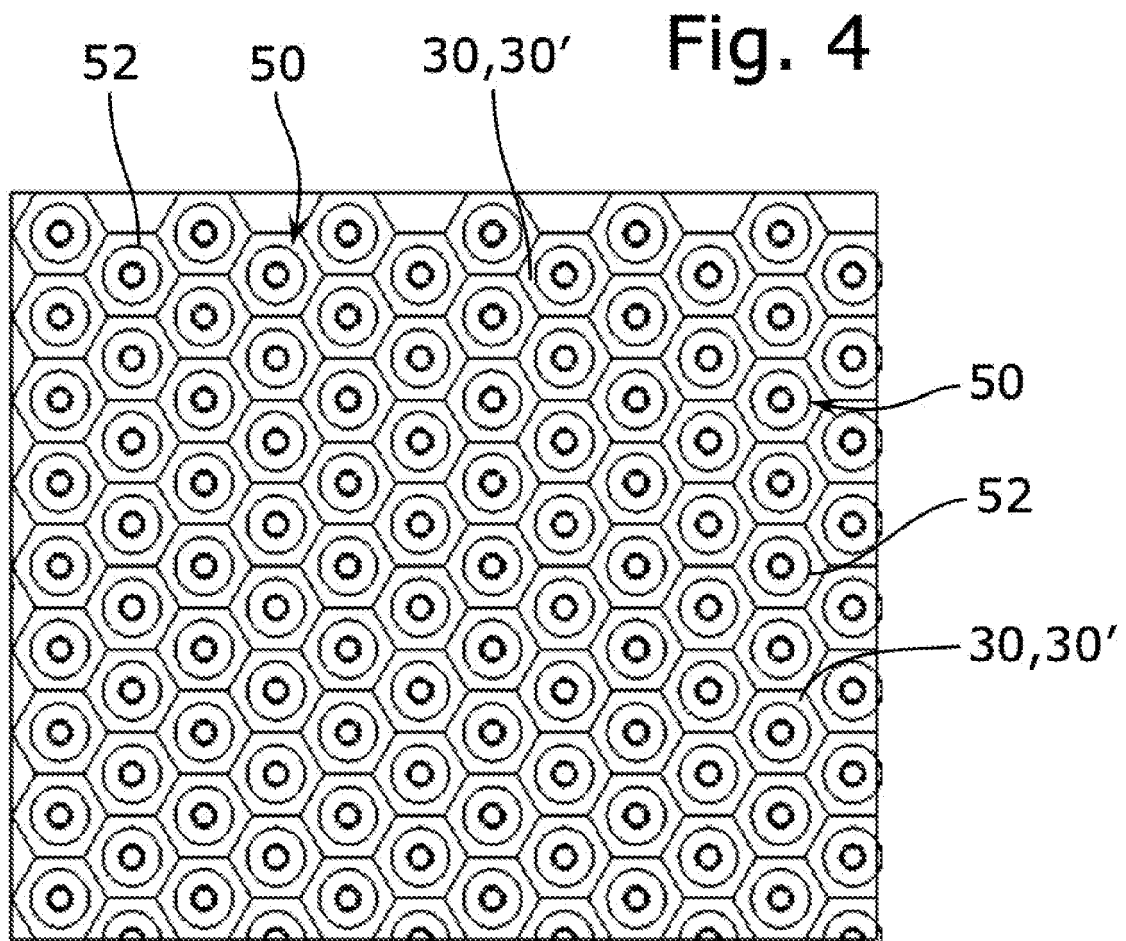
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5A]

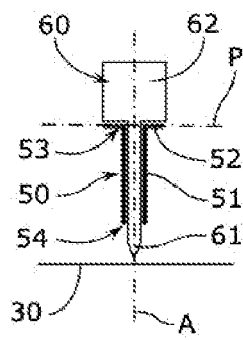
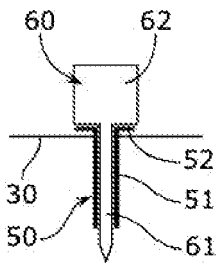


Fig. 5A

[Fig. 5B]

Fig. 5B



[Fig. 5C]

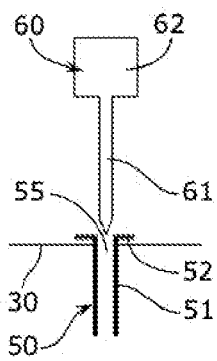


Fig. 5C

[Fig. 6A]

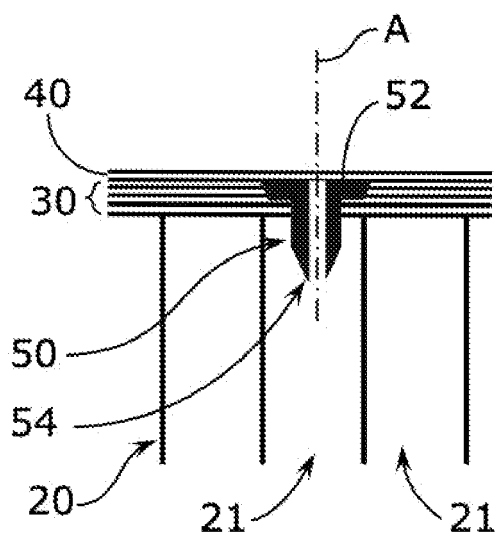


Fig. 6A

[Fig. 6B]

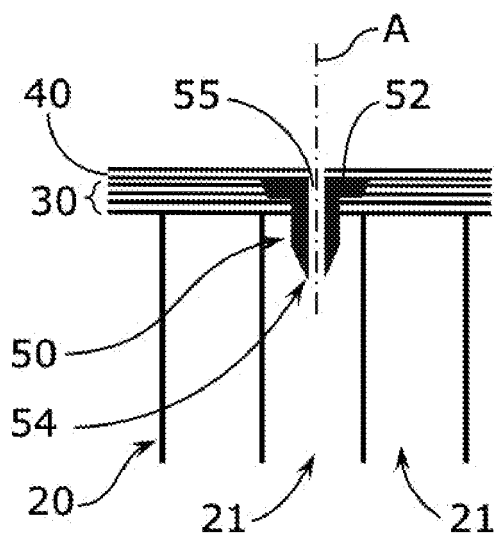


Fig. 6B

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 3 590 843 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS
[FR]) 8 janvier 2020 (2020-01-08)

FR 3 113 169 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS
[FR]) 4 février 2022 (2022-02-04)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

EP 3 670 329 A1 (ROHR INC [US])
24 juin 2020 (2020-06-24)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT