(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
25 février 2021 (25.02.2021)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/032920 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B32B 1/08 (2006.01) *B32B 7/12* (2006.01)
B32B 3/18 (2006.01) *B64C 1/40* (2006.01)
B32B 5/02 (2006.01) *B64D 29/00* (2006.01)
B32B 5/06 (2006.01) *F02K 1/82* (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2020/051462

(22) Date de dépôt international :
12 août 2020 (12.08.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR1909337 22 août 2019 (22.08.2019) FR

(71) Déposant : **SAFRAN CERAMICS** [FR/FR] ; Les Cinq Chemins, Rue de Touban, 33185 LE HAILLAN (FR).

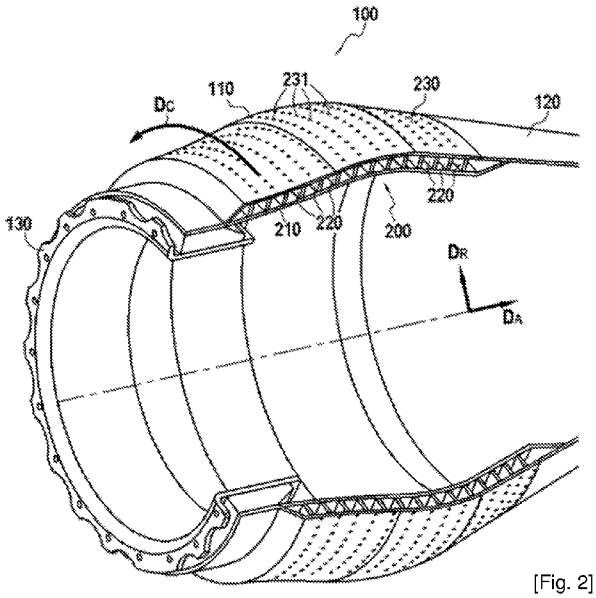
(72) Inventeurs : **BOUILLON, Eric** ; c/o SAFRAN CEPI, Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **CONETE, Eric** ; c/o SAFRAN CEPI, Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **DESORMIERE, Pierre-Louis** et al. ; Cabinet Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 PARIS CEDEX 07 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) **Title:** ACOUSTIC ATTENUATION STRUCTURE MADE OF COMPOSITE MATERIAL AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) **Titre :** STRUCTURE D'ATTÉNUATION ACOUSTIQUE EN MATÉRIAU COMPOSITE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION



[Fig. 2]

(57) **Abstract:** The invention relates to an annular or semi-annular acoustic attenuation structure (200) comprising an inner skin (210) and an outer skin (230), defining between them an annular or semi-annular volume, and a plurality of partitions (220) extending in the space in a radial direction (D_R) perpendicular to the inner and outer skins and in a circumferential direction (D_C). The inner and outer skins (210, 230) and the partitions (220) are made of composite material comprising a fibrous reinforcement densified by a matrix. The fibrous reinforcement of each partition comprises yarns or fibres extending into the fibrous reinforcement of at least one of the inner or outer skins.

WO 2021/032920 A1

[Suite sur la page suivante]

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

(57) Abrégé : Une structure d'atténuation acoustique (200) de forme annulaire ou semi-annulaire comprend une peau interne (210) et une peau externe (230) délimitant entre elles un volume annulaire ou semi-annulaire et plusieurs cloisons (220) s'étendant dans l'espace suivant une direction radiale (D_R) perpendiculaire aux peaux interne et externe et suivant une direction circonférentielle (D_C). Les peaux interne et externe (210, 230) et les cloisons (220) sont en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice. Le renfort fibreux de chaque cloison comporte des fils ou des fibres s'étendant dans le renfort fibreux d'au moins une des peaux interne ou externe.

Description

Titre de l'invention : Structure d'atténuation acoustique en matériau composite et son procédé de fabrication

Domaine Technique

La présente invention se rapporte au domaine général des structures d'atténuation acoustiques. Elle concerne plus particulièrement les structures ou panneaux d'atténuation acoustique utilisés pour réduire les bruits produits dans les moteurs d'avion comme dans les turbines à gaz ou échappement de ceux-ci.

Technique antérieure

Afin de réduire le bruit dans les conduits d'échappement des turbines à gaz, il est connu de doter les surfaces des éléments délimitant ces conduits de structures d'atténuation acoustique. Ces structures sont typiquement constituées d'une première peau multi-perforée perméable aux ondes acoustiques que l'on souhaite atténuer et d'une deuxième peau pleine réfléchissante, une âme, tel qu'un nid d'abeille ou une structure poreuse, étant disposée entre ces deux peaux. De façon bien connue, les âmes de telles structures forment des résonateurs de type Helmholtz qui permettent d'atténuer dans une certaine gamme de fréquences les ondes acoustiques produites dans le conduit.

Dans des domaines techniques où le gain de masse est une préoccupation constante, comme en aéronautique, les structures d'atténuation acoustique sont de préférence réalisées matériau composite (renfort fibreux densifié par une matrice) plutôt qu'en matériau métallique.

Le document US 9 631 519 décrit une structure d'atténuation acoustique dont les peaux et l'âme sont formés à partir de matériaux composites permettant un gain de masse par rapport aux matériaux métalliques habituellement utilisés. Dans ce document, des cloisons acoustiques verticales formant le corps cellulaire sont collées aux peaux interne et externe. La structure d'atténuation acoustique ainsi formée est notamment destinée à être utilisée dans un système d'échappement de moteur aéronautique. La structure d'atténuation acoustique peut être par exemple

intégrée à la structure de la tuyère et/ou du cône d'éjection de l'arrière-corps du moteur.

Dans ce cas, la tenue thermomécanique de la structure d'atténuation acoustique peut être problématique vis-à-vis des gradients thermiques importants rencontrés lors des phases transitoires de fonctionnement du moteur. En effet, lors des phases de démarrage ou d'arrêt du moteur, la structure peut être soumise entre sa peau interne et sa peau externe à des gradients de température compris entre 100°C et 300°C entraînant des dilatations différentielles importantes entre les deux peaux. Les cloisons acoustiques sont alors sollicitées par des efforts mécaniques importants pouvant aboutir à la désolidarisation totale des cloisons avec les peaux.

Il existe, par conséquent, un besoin pour renforcer la liaison entre les cloisons acoustiques et les peaux dans une structure d'atténuation acoustique en matériau composite.

Exposé de l'invention

A cet effet, la présente invention propose une structure d'atténuation acoustique de forme annulaire ou semi-annulaire comprenant une peau interne et une peau externe délimitant entre elles un volume annulaire ou semi-annulaire et plusieurs cloisons s'étendant suivant une direction radiale perpendiculaire aux peaux interne et externe et suivant une direction circonférentielle, les peaux interne et externe et les cloisons étant en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice, caractérisé en ce que le renfort fibreux de chaque cloison comporte des fibres s'étendant dans le renfort fibreux d'au moins une des peaux interne ou externe.

En étendant ainsi le renfort fibreux d'au moins une des peaux interne ou externe au renfort fibreux des cloisons, on renforce de manière importante la liaison des cloisons avec au moins une des peaux par génération d'une continuité du renfort fibreux. Les risques de désolidarisation des cloisons acoustiques avec au moins l'une des peaux sont grandement diminués, ce qui permet de préserver l'intégrité mécanique de la structure d'atténuation acoustique et, par conséquent, sa durée de vie.

Selon une caractéristique particulière de la structure de l'invention, la peau externe comporte une pluralité de perforations. L'invention a notamment dans ce cas pour objet un cône d'éjection de moteur aéronautique comprenant une telle structure d'atténuation acoustique.

Selon une caractéristique particulière de la structure de l'invention, la peau interne comporte une pluralité de perforations. L'invention a notamment dans ce cas pour objet une tuyère d'éjection de moteur aéronautique comprenant une telle structure d'atténuation acoustique.

L'invention concerne également un moteur aéronautique à turbine à gaz comprenant un cône d'éjection ou une tuyère d'éjection selon l'invention.

L'invention concerne en outre un aéronef comprenant au moins un moteur selon l'invention.

L'invention a encore pour objet un procédé de réalisation d'une structure d'atténuation acoustique en matériau composite selon l'invention comprenant les étapes suivantes :

- réalisation d'une préforme fibreuse de structure d'atténuation acoustique comprenant une première partie destinée à former une peau interne, une deuxième partie destinée à former une peau externe et une troisième partie destinée à former des cloisons, des fibres présentes dans la troisième partie de préforme s'étendant au moins dans la première partie ou la deuxième partie de préforme,

- placement de la préforme fibreuse dans un moule présentant la forme d'une structure d'atténuation acoustique à réaliser, le moule comportant au moins un port d'injection, un port de sortie et un filtre interposé entre la préforme fibreuse et ledit au moins un port de sortie,

- densification de la préforme fibreuse par une matrice.

Dans le cas de la réalisation d'une structure acoustique en matériau composite à matrice céramique (CMC), la densification de la préforme fibreuse comprend les étapes suivantes :

- injection d'un liquide chargé de particules de céramique ou de particules d'un précurseur de céramique ou un mélange des deux dans la préforme fibreuse,

- drainage par le filtre du liquide ayant traversé la préforme fibreuse et rétention des particules à l'intérieur de la préforme par ledit filtre de manière à obtenir une préforme fibreuse chargée de particules,

- frittage à haute température des particules de céramique constitutives de la matrice, avec l'aide ou non d'un précurseur céramique, pouvant être de manière non exhaustive un sol, ou un polymère organosilicié, ou

- infiltration de la préforme fibreuse avec une composition fondue à base de silicium.

Selon une caractéristique particulière du procédé de l'invention, la préforme fibreuse est réalisée au moins en partie par placement de fibres.

Selon une autre caractéristique particulière du procédé de l'invention, la troisième partie de la texture fibreuse comprend une ou plusieurs strates de tissu bidimensionnel ou unidirectionnel, chaque strate s'étendant en partie au moins dans la première partie ou la deuxième partie de la texture fibreuse

Brève description des dessins

[Fig. 1] La figure 1 est une vue schématique en perspective d'un cône d'éjection d'un système d'échappement de moteur aéronautique conformément à un mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 2] La figure 2 est une vue schématique en perspective montrant une structure d'atténuation acoustique présente dans la partie amont du cône d'éjection de la figure 1,

[Fig. 3A] La figure 3A est une vue schématique en coupe montrant la réalisation d'une préforme fibreuse destinée à former le renfort fibreux de la structure d'atténuation acoustique de la figure 2,

[Fig. 3B] La figure 3B est une vue schématique en coupe montrant la réalisation d'une préforme fibreuse destinée à former le renfort fibreux de la structure d'atténuation acoustique de la figure 2,

[Fig. 3C] La figure 3C est une vue schématique en coupe montrant la réalisation d'une préforme fibreuse destinée à former le renfort fibreux de la structure d'atténuation acoustique de la figure 2,

[Fig. 3D] La figure 3D est une vue schématique en coupe montrant la réalisation d'une préforme fibreuse destinée à former le renfort fibreux de la structure d'atténuation acoustique de la figure 2,

[Fig. 4] La figure 4 est une vue schématique en coupe montrant l'injection d'une barbotine dans la préforme fibreuse de la figure 3D,

[Fig. 5] La figure 5 est une vue partielle en coupe de la structure d'atténuation acoustique radiale du système de combustion de la figure 1 obtenue après formation d'une matrice céramique dans la préforme fibreuse de la figue 4.

Description des modes de réalisation

Un domaine particulier mais non exclusif d'application de l'invention est celui des systèmes d'échappement de moteurs aéronautiques à turbine à gaz telles que ceux utilisés dans les avions ou hélicoptères. Ces systèmes d'échappement comprennent en particulier une tuyère et un cône d'éjection délimitant entre eux un canal d'éjection pour les gaz d'échappement.

Les figures 1 et 2 représentent un cône d'éjection 100 d'un système d'échappement de moteur à turbine à gaz conformément à un mode de réalisation de l'invention. Le cône d'éjection 100 présente une forme de révolution autour d'une direction axiale D_A et comprend une partie amont 110 intégrant une structure d'atténuation acoustique 200 et une partie aval 120 finalisant la ligne aérodynamique. Le cône d'éjection est ici réalisé en matériau CMC. L'extrémité de la partie amont 110 du cône comporte une bride de fixation métallique 130 faisant partie du carter du moteur (non représenté sur les figures 1 et 2) ou destinée à être fixé sur celui-ci.

De façon bien connue, les pièces en matériau CMC sont formées par un renfort fibreux en fibres réfractaires (carbone ou céramique) qui est densifié par une matrice céramique, notamment carbure, nitrure, oxyde réfractaire,…. Des exemples typiques de matériaux CMC sont les matériaux Oxyde/Oxyde (fibre oxyde et matrice oxyde comme par exemple matrice alumine, mulite, alumino-silicate), C-SiC (renfort en fibres de carbone et matrice en carbure de silicium), les matériaux SiC-SiC et les matériaux C-C/SiC (matrice mixte carbone/carbure de silicium). La fabrication de pièces en composite CMC est bien connue.

La partie amont 110 du cône d'éjection 100 comprend une structure d'atténuation acoustique 200 qui est constituée dans l'exemple décrit ici par une peau interne structurale 210, des cloisons acoustiques circonférentielles 220 et une peau externe acoustique 230. La peau externe 230 délimite la surface interne de la veine d'écoulement des gaz d'échappement. La peau externe 230 présente en outre des perforations 231 afin de permettre l'entrée des ondes acoustiques à atténuer dans la structure d'atténuation tandis que la peau interne 210 est pleine de manière à réfléchir ces ondes. Les cloisons acoustiques 220 s'étendent suivant une direction radiale D_R entre les peaux interne et externe 210 et 230 et suivant une direction circonférentielle D_C. Les cloisons acoustiques 220 sont espacées les unes des autres suivant la direction axiale D_A. Les cloisons 220 forment entre elles des caissons 221 aptes à amortir les ondes acoustiques que l'on souhaite atténuer.

On décrit maintenant un procédé de fabrication de la structure d'atténuation acoustique 200 conformément à un mode de réalisation de l'invention.

La fabrication de la structure d'atténuation acoustique débute par la réalisation d'une préforme fibreuse de la structure. Conformément à l'invention, les parties de préforme correspondant aux cloisons acoustiques comportent des fils ou des fibres qui s'étendent au moins dans une des parties destinées à former la peau interne ou la peau externe.

Dans l'exemple décrit ici, la réalisation de la préforme fibreuse de la structure d'atténuation est réalisée en utilisant le procédé de placement de fibre automatique AFP (pour « Automated Fiber Placement). Le procédé AFP consiste à juxtaposer à l'aide d'une tête de dépose plusieurs rubans de fibres. Chaque ruban est appliqué et découpé indépendamment des autres, ce qui permet à la tête de dépose d'épouser des formes à la courbure prononcée, et d'arrêter la matière au plus près des contours de la pièce finie. Les fibres utilisées pour constituer les rubans à déposer peuvent être notamment des fibres d'oxyde (alumine, alumine/mulite, quartz, …) de carbone ou de carbure de silicium, ou encore un mélange de fibres de carbone et de carbure de silicium.

Sur la figure 3A, la réalisation de la préforme débute par la formation de la partie de préforme destinée à former la peau interne 210 et les cloisons acoustiques 220 de la structure d'atténuation acoustique 200. A cet effet, une première couche fibreuse

331 est formée par dépôt de rubans de fibres sur un mandrin 30 suivant le procédé AFP, l'épaisseur de la couche 331 étant ajustée par le nombre de rubans de fibres superposés. Ensuite, comme illustré sur la figure 3B, on forme une pluralité de couches fibreuses 332 sur la couche 331 suivant le procédé AFP, l'épaisseur de chaque couche 332 étant ajustée par le nombre de rubans de fibres superposés. Chaque couche 332 comporte une première partie 332a en contact avec la couche fibreuse 331 et une deuxième partie 332b s'étendant au-dessus de la couche 331 suivant la direction radiale D_R et suivant la direction circonférentielle D_C sensiblement perpendiculairement à la surface de la couche 331. La partie 332b de chaque couche 332 est destinée à former tout ou partie d'une cloison acoustique de la structure d'atténuation acoustique. Les parties 332b peuvent être maintenues au moyen d'un outillage spécifique (non représenté sur la figure 3B).

Comme illustré sur la figure 3C, on forme une pluralité de couches fibreuses 333 sur la partie 332a de chaque couche fibreuse 332 suivant le procédé AFP, l'épaisseur de chaque couche 333 étant ajustée par le nombre de rubans de fibres superposés. On obtient ainsi une préforme fibreuse 330 monolithique qui comprend une première partie 334 réunissant la couche fibreuse 331, les parties 332a des couches fibreuses 332 et les couches fibreuses 333, cette première partie 334 étant destinée à former la peau interne 210 de la structure d'atténuation acoustique 200. La préforme fibreuse 330 comprend également une deuxième partie 335 constituée des parties 332b des couches fibreuses 332, cette deuxième partie étant destinée à former les cloisons acoustiques 220 de la structure d'atténuation acoustique 200.

Sur la figure 3D, une couche fibreuse 336 est formée sur la deuxième partie 335 de la préforme fibreuse 330 toujours par dépôt de rubans de fibres selon le procédé AFP. L'épaisseur de la couche 336 est ajustée par le nombre de rubans de fibres superposés. Des secteurs angulaires de conformation 40, sont placés entre les parties 332b des couches fibreuse 332 de manière à maintenir en forme la deuxième partie et éviter l'affaissement de la couche fibreuse 336. Une colle, par exemple une colle céramique, peut être interposée entre les extrémités libres des parties 332b des couches 332 et la couche 336 pour renforcer la liaison entre ces couches. On obtient alors une préforme fibreuse 300 de la structure d'atténuation acoustique à réaliser.

Une fois la préforme fibreuse 300 réalisée, celle-ci est placée dans un outillage d'injection qui permet, comme expliqué ci-après, d'imprégner la préforme avec une barbotine suivant le procédé de moulage par transfert STM (pour « Slurry Transfer Molding »).

Plus précisément et comme illustré sur la figure 4, la préforme fibreuse 300 et les secteurs angulaires de conformation 40 sont placés dans un outillage 400. L'outillage 400 comprend un moule 410 et un contre-moule 420. Le moule 410 comprend un fond 411 muni d'une pluralité d'évents 412. Le moule 410 et le contre-moule 420 délimitent ensemble une cavité de moulage 414 dont la géométrie correspond à celle de la structure d'atténuation acoustique à réaliser. Le moule 410 et le contre-moule 420 servent donc à définir la géométrie et les dimensions de la préforme et donc la pièce à obtenir.

Le contre-moule 420 comporte une pluralité de ports d'injection 421 au travers desquels un liquide chargé de particules est destiné à être injecté afin de pénétrer dans la porosité de la préforme fibreuse 300.

Une pièce en matériau poreux 430 est présente dans la cavité de moulage 414 entre les évents 12 du moule 410 et la préforme fibreuse 300. La pièce en matériau poreux 430 peut par exemple être réalisée en polytétrafluoroéthylène (PTFE). La pièce en matériau poreux 430 permet le drainage du liquide à l'extérieur de la préforme fibreuse et son évacuation par les évents de sortie 412 du fait de l'application d'un gradient de pression entre les évents de sortie 412 et les ports d'injection 421 tout en retenant les particules dans la préforme fibreuse. A titre d'exemple, la pièce en matériau poreux 430 peut présenter une épaisseur supérieure ou égale à 1 mm, voire de plusieurs millimètres. Le taux moyen de porosité de la pièce en matériau poreux 430 peut être d'environ 30%. La taille moyenne des pores (D50) de la pièce en matériau poreux peut par exemple être comprise entre 1 µm et 2 µm. La pièce en matériaux poreux correspond ou est apte à se conformer à la forme de la cavité de moulage 414.

Dans l'exemple décrit ici, le liquide chargé correspond à une barbotine contenant une poudre de particules d'alumine. La figure 4 illustre la configuration obtenue durant l'injection d'une barbotine 450 et le drainage du milieu liquide de celle-ci. La barbotine 450 a été injectée sous pression par les ports d'injection 421 de manière à

pénétrer dans la préforme fibreuse 300. Les particules céramiques réfractaires 4500 présentes dans la barbotine 450 sont destinées à permettre la formation d'une matrice oxyde dans la porosité de la préforme fibreuse 300. La barbotine peut être une suspension comportant des particules présentant une dimension particulaire moyenne comprise entre 0,1 µm et 10 µm. La teneur volumique en particules dans la barbotine peut, avant l'injection, être comprise entre 20% et 40%. Le milieu liquide de la barbotine peut, par exemple, comporter une phase aqueuse présentant un pH acide (i.e. un pH inférieur à 7) et/ou une phase alcoolique comportant par exemple de l'éthanol. La barbotine peut comporter un acidifiant tel que de l'acide nitrique et le pH du milieu liquide peut par exemple être compris entre 1,5 et 4. La barbotine peut, en outre, comporter un liant organique comme de l'alcool polyvinylique (PVA) lequel est notamment soluble dans l'eau. Elle peut également intégrer un précurseur liquide ou dissout, de la céramique oxyde comme un sol d'alumine, un sol de mulite, un sol d'alumino-silicate, un sol de silice, un polysiloxane ou tout autre polymère organosilicié.

Comme illustré sur la figure 4, les particules céramiques réfractaires 4500 sont présentes après injection de la barbotine 450 dans la porosité de la préforme fibreuse 300 tandis que la phase liquide de la barbotine est drainée par la pièce en matériau poreux 430 et évacuée par les évents 412.

Un pompage peut, en outre, être réalisé au niveau des évents de sortie 412 durant le drainage, par exemple au moyen d'une pompe à vide primaire. La réalisation d'un tel pompage permet d'améliorer le drainage et de sécher plus rapidement la texture fibreuse.

Dans cette configuration, la pièce en matériau poreux 430 permet de retenir dans la préforme fibreuse 300 les particules céramiques réfractaires 4500 initialement présentes dans la barbotine et que tout ou partie de ces particules se déposent par filtration dans la préforme fibreuse.

Une fois les étapes d'injection et de drainage effectuées, on obtient une préforme fibreuse chargée de particules, par exemple de particules d'alumine. La préforme obtenue est ensuite séchée puis démoulée, la préforme pouvant conserver après démoulage la forme adoptée dans la cavité de moulage.

L'étape suivante consiste à effectuer un traitement thermique haute température pour réaliser le frittage des grains d'oxyde et transformer éventuellement le précurseur de céramique en céramique.

On obtient alors une structure d'atténuation acoustique 200 (figure 5) en matériau composite CMC, à savoir comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice oxyde. Conformément à l'invention, le renfort fibreux de chaque cloison acoustique 220 comporte des fibres qui s'étendent dans le renfort fibreux de la peau interne 210.

La structure d'atténuation acoustique étant destinée à être intégrée à un cône d'éjection, des perforations 231 sont réalisées dans la peau externe 230. Les perforations peuvent être notamment réalisées sur la pièce finie par perçage au foret ou au laser de la peau externe 230.

Dans l'exemple qui vient d'être décrit, les fibres du renfort fibreux des cloisons acoustiques s'étendent dans le renfort fibreux de la peau interne. Selon une variante de réalisation de l'invention, les fibres du renfort fibreux des cloisons acoustiques s'étendent dans le renfort fibreux de la peau externe. Selon une autre variante, les fibres du renfort fibreux des cloisons acoustiques s'étendent à la fois dans le renfort fibreux de la peau interne et dans le renfort fibreux de la peau externe.

Dans le cas d'une structure d'atténuation acoustique en CMC dont la matrice est au moins partiellement en SiC, les particules ou grains d'oxyde sont remplacés par des particules ou grains de SiC et l'étape de frittage des particules est remplacée par une étape consistant à infiltrer la préforme avec une composition à base de silicium fondu (siliciuration) de manière à former une matrice céramique, processus de densification connu sous la désignation processus MI ("Melt Infiltration").

Par ailleurs, dans l'exemple de réalisation décrit précédemment, le renfort fibreux de la structure d'atténuation acoustique a été réalisé en utilisant le procédé de placement de fibre automatique AFP. Toutefois, le renfort fibreux, en particulier des cloisons acoustiques, peut être également réalisé par drapage de strates de tissu unidirectionnel (UD) ou bidimensionnel (2D). Les strates UD ou 2D utilisées pour former le renfort fibreux des cloisons acoustiques s'étendant dans le renfort fibreux de la peau interne ou de la peau externe, ou encore dans les renforts fibreux des

peaux interne et externe qui peuvent être réalisées par le procédé AFP ou par drapage de strates UD ou 2D.

Dans les exemples décrits précédemment, on utilise une préforme fibreuse dite « sèche » c'est-à-dire que la préforme est réalisée à partir de fibres, fils ou strates fibreuses non imprégnées, l'imprégnation étant réalisée après la formation de la préforme. Selon un autre mode réalisation, la préforme fibreuse de la structure d'atténuation acoustique est réalisée par drapage de strates 2D ou UD qui sont pré-imprégnées d'une composition comprenant des particules céramiques et un précurseur liquide de céramique comme par exemple un sol ou un polymère organosilicié), la préforme ainsi formée étant ensuite traitée thermiquement pour transformer le précurseur en céramique. Dans ce cas les étapes d'injection et de drainage dans la préforme décrites ci-avant ne sont plus nécessaires.

Les strates 2D ou UD peuvent également être pré-imprégnées avec un précurseur de matrice organique telle qu'une résine époxy par exemple. Dans ce cas on obtient une structure d'atténuation acoustique en matériau composite à matrice organique (CMO).

La structure d'atténuation acoustique selon l'invention peut correspondre à une pièce de révolution et être réalisée en une seule pièce ou à partir d'une pluralité de secteurs annulaires assemblés les uns avec les autres.

La structure d'atténuation acoustique de l'invention peut être notamment intégré à un cône d'éjection de moteur aéronautique comme décrit ci-avant et/ou encore à une tuyère d'éjection d'un système d'échappement de moteur aéronautique.

Revendications

[Revendication 1] Structure d'atténuation acoustique (200) de forme annulaire ou semi-annulaire comprenant une peau interne (210) et une peau externe (230) délimitant entre elles un volume annulaire ou semi-annulaire et plusieurs cloisons (220) s'étendant suivant une direction radiale (D_R) perpendiculaire aux peaux interne et externe et suivant une direction circonférentielle (D_C), les peaux interne et externe (210, 230) et les cloisons (220) étant en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice, caractérisé en ce que le renfort fibreux de chaque cloison comporte des fils ou des fibres s'étendant dans le renfort fibreux d'au moins une des peaux interne ou externe.

[Revendication 2] Structure selon la revendication 1, dans laquelle la peau externe (230) comporte une pluralité de perforations (231).

[Revendication 3] Cône d'éjection (100) de moteur aéronautique comprenant une structure d'atténuation acoustique (200) selon la revendication 2.

[Revendication 4] Structure selon la revendication 1, dans laquelle la peau interne (210) comporte une pluralité de perforations.

[Revendication 5] Tuyère d'éjection de moteur aéronautique comprenant une structure d'atténuation acoustique selon la revendication 4.

[Revendication 6] Moteur aéronautique à turbine à gaz comprenant un cône d'éjection selon la revendication 3 ou une tuyère d'éjection selon la revendication 5.

[Revendication 7] Aéronef comprenant au moins un moteur selon la revendication 6.

[Revendication 8] Procédé de réalisation d'une structure d'atténuation acoustique (200) en matériau composite selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 4 comprenant les étapes suivantes :

- réalisation d'une préforme fibreuse de structure d'atténuation acoustique (300) comprenant une première partie (334) destinée à former une peau interne (210), une deuxième partie (336) destinée à former une

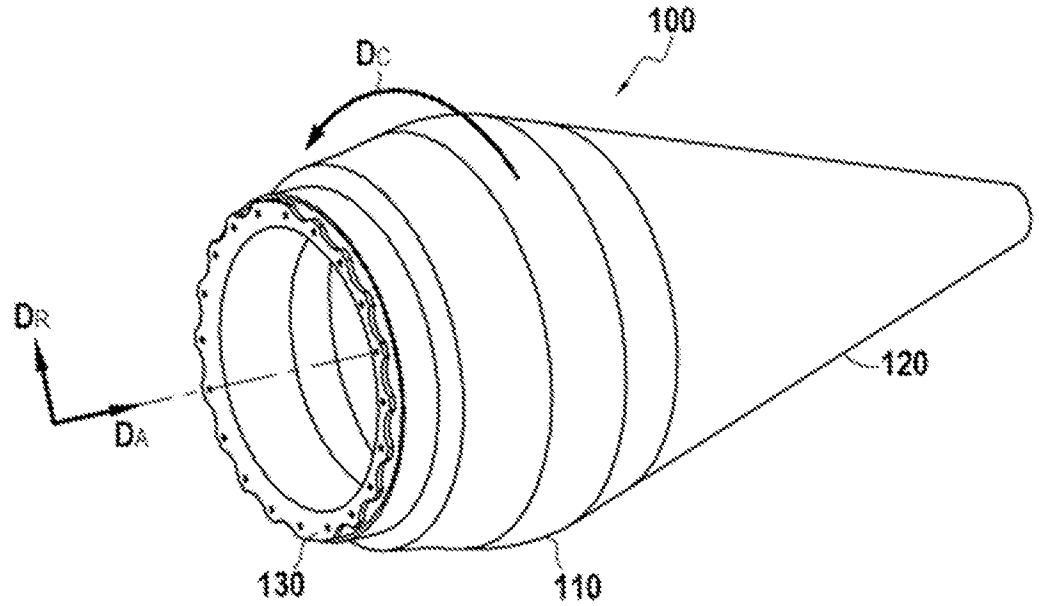
peau externe (230) et une troisième partie (335) destinée à former des cloisons (220), des fibres présentes dans la troisième partie de préforme s'étendant au moins dans la première partie ou la deuxième partie de préforme,

- densification de la préforme fibreuse par une matrice.

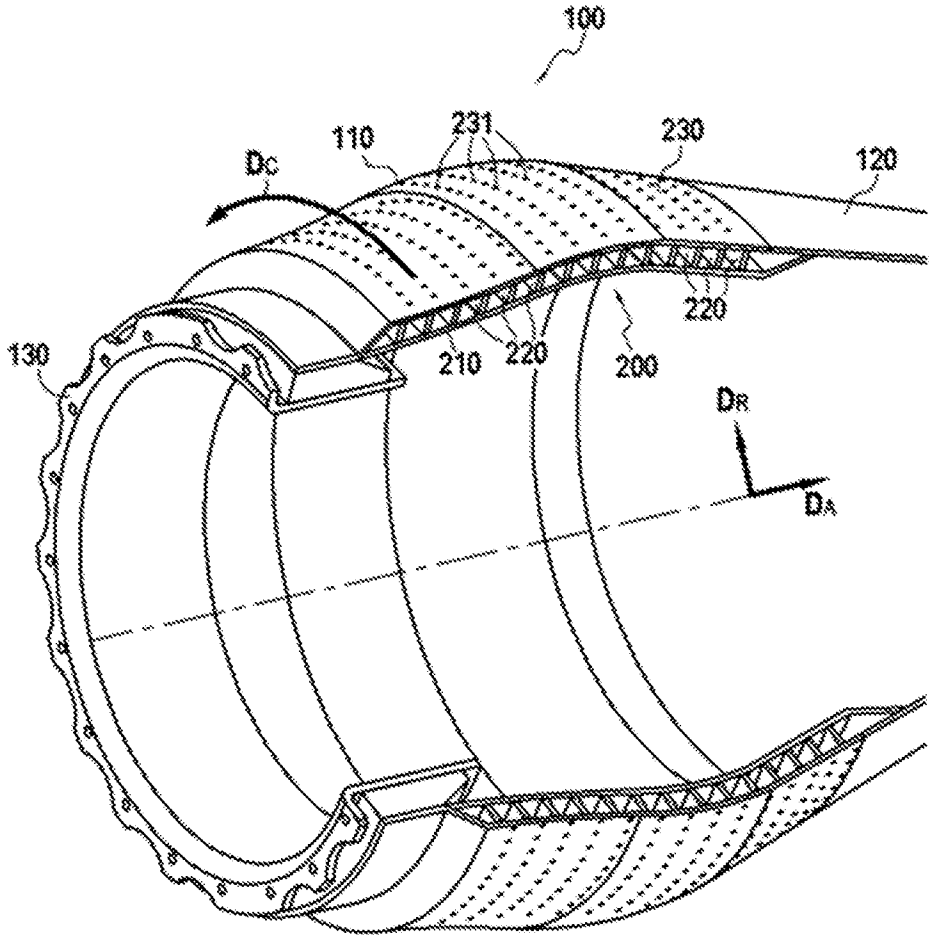
[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel la préforme fibreuse (300) est réalisée au moins en partie par placement de fibres.

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 8, dans lequel la troisième partie de la texture fibreuse comprend une ou plusieurs strates de tissu unidirectionnel ou bidimensionnel, chaque strate s'étendant en partie au moins dans la première partie ou la deuxième partie de la texture fibreuse.

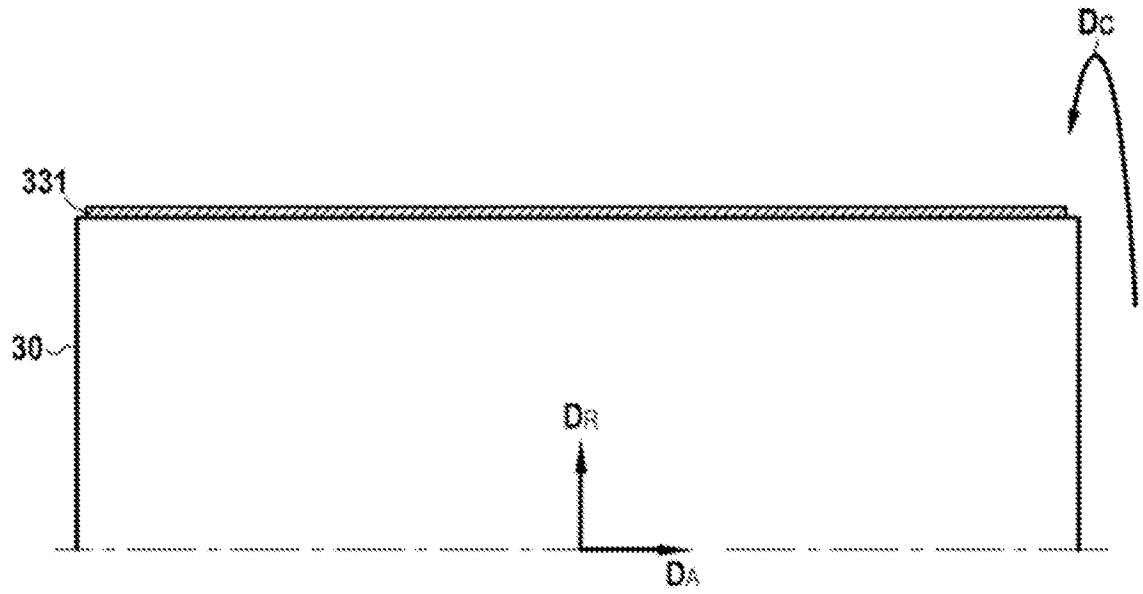
[Fig. 1]


100
D_C
D_R
D_A
120
130
110

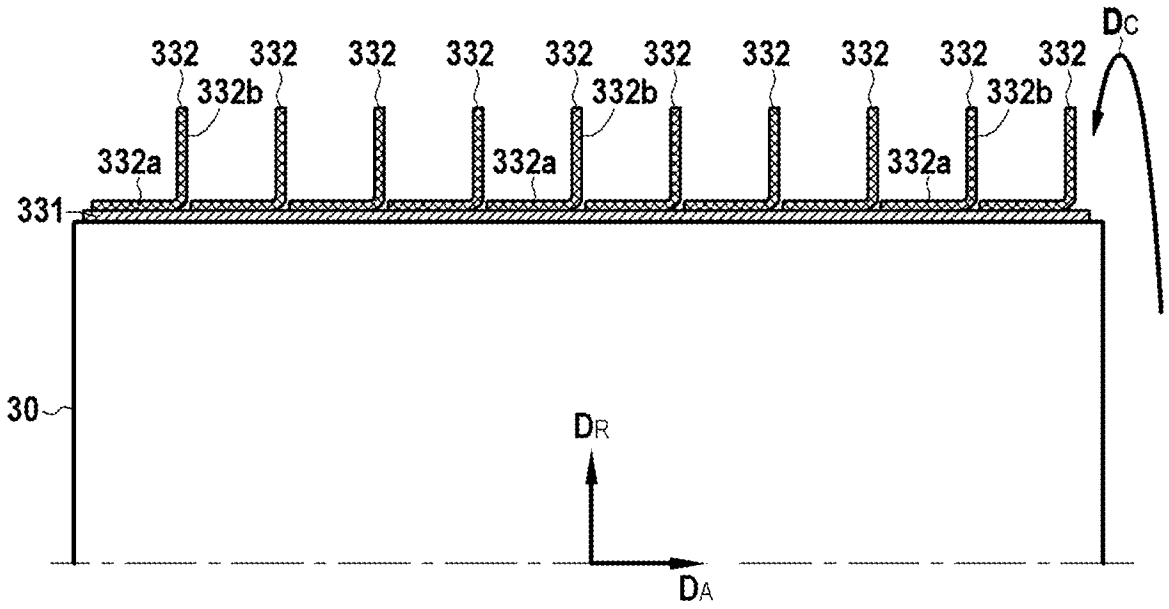
[Fig. 2]


100
110
231
230
120
D_C
220
130
210
220
200
D_R
D_A

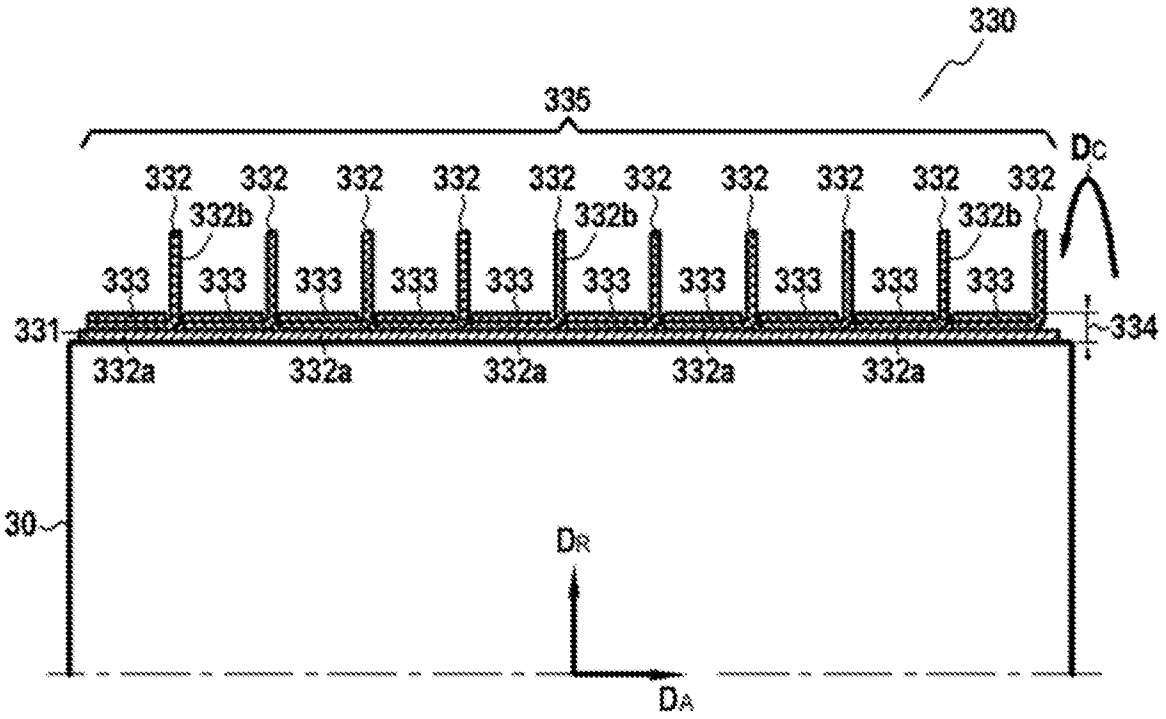
[Fig. 3A]



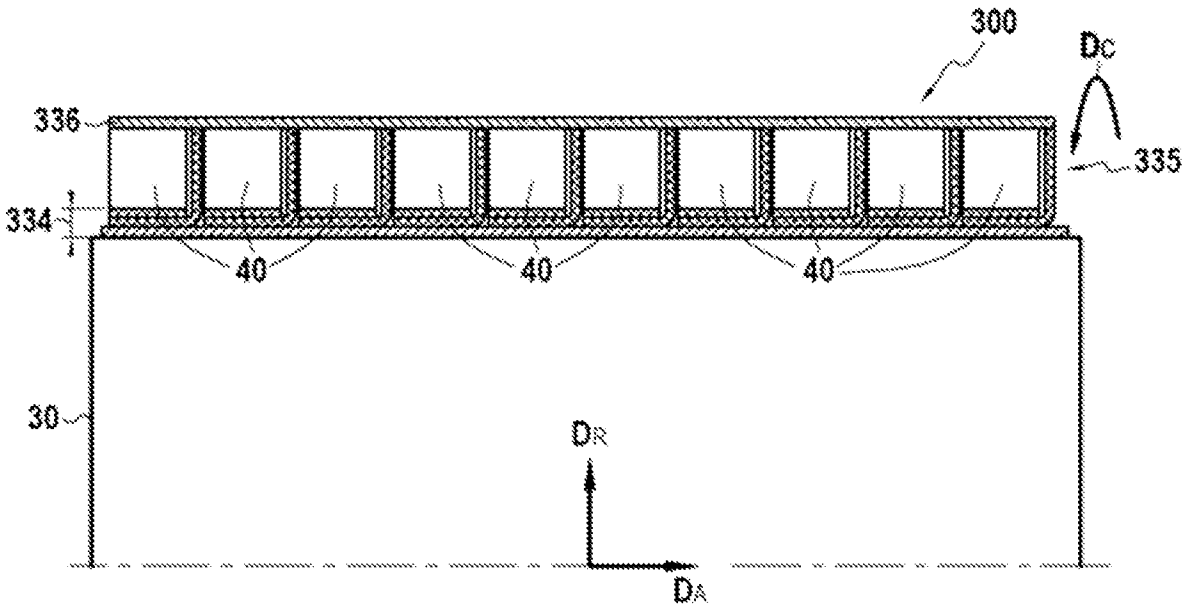
[Fig. 3B]



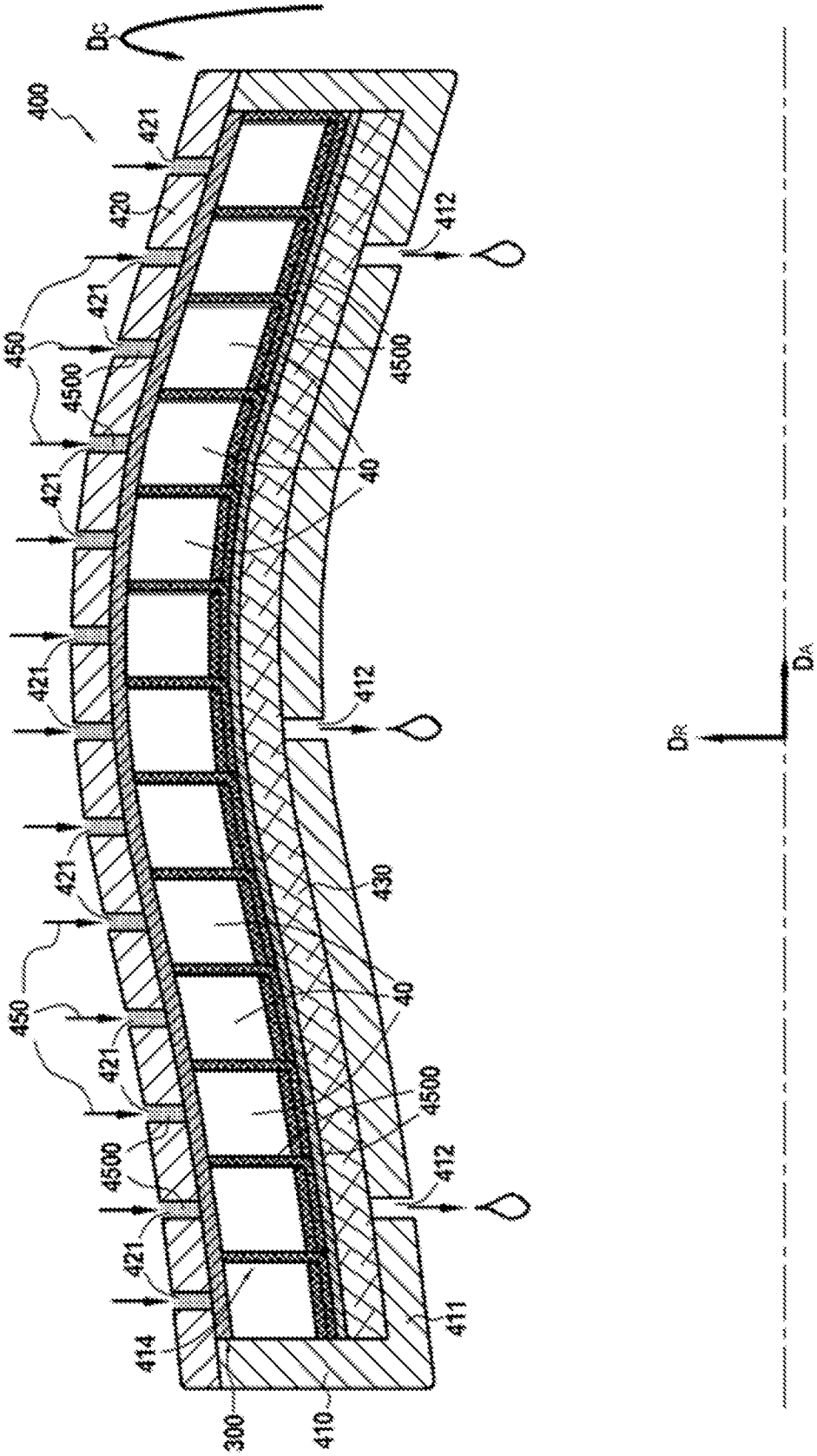
[Fig. 3C]


330
335
Dc
332
332b
333
331
334
332a
30
DR
DA

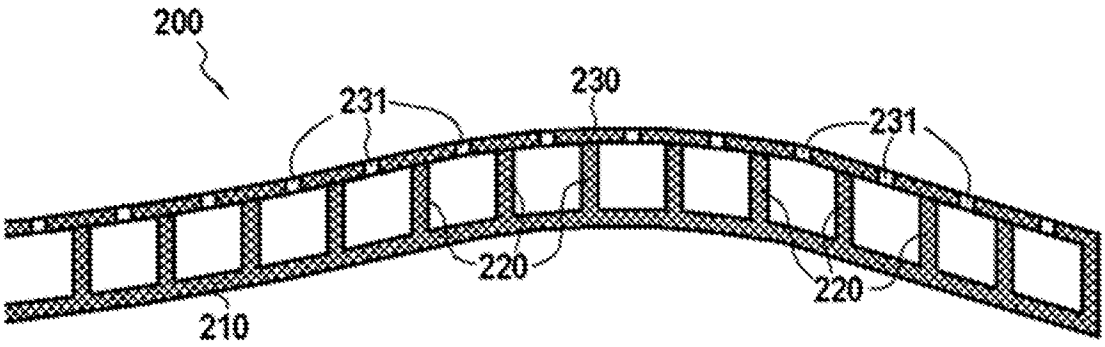
[Fig. 3D]


300
Dc
336
335
334
40
30
DR
DA

[Fig. 4]



[Fig. 5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2020/051462

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B 1/08(2006.01)i; ***B32B 3/18***(2006.01)i; ***B32B 5/02***(2006.01)i; ***B32B 5/06***(2006.01)i; ***B32B 5/26***(2006.01)i; ***B32B 7/12***(2006.01)i; ***B64C 1/40***(2006.01)i; ***B64D 29/00***(2006.01)i; ***F02K 1/82***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B32B; B64F; F02K; B64C; B64D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 3039148 A1 (AIRCELLE) 27 January 2017 (2017-01-27) claims 1-15; figures 1-3	1-10
A	US 2016279899 A1 (CANTWELL WESLEY JAMES [AE] ET AL) 29 September 2016 (2016-09-29) claims 1-20; figures 1,2,3	1-10
A	US 5601674 A (SZWEDA ANDREW [US] ET AL) 11 February 1997 (1997-02-11) claims 1-18; figure 3	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
03 November 2020	**12 November 2020**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Chatron-Michaud, P** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2020/051462

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	3039148	A1	27 January 2017	EP	3325270	A1	30 May 2018
				FR	3039148	A1	27 January 2017
				US	2018230063	A1	16 August 2018
				WO	2017017367	A1	02 February 2017
US	2016279899	A1	29 September 2016	NONE			
US	5601674	A	11 February 1997	US	5488017	A	30 January 1996
				US	5601674	A	11 February 1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2020/051462

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B32B1/08 B32B3/18 B32B5/02 B32B5/06 B32B5/26
B32B7/12 B64C1/40 B64D29/00 F02K1/82
ADD.
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B32B B64F F02K B64C B64D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 3 039 148 A1 (AIRCELLE) 27 janvier 2017 (2017-01-27) revendications 1-15; figures 1-3	1-10
A	US 2016/279899 A1 (CANTWELL WESLEY JAMES [AE] ET AL) 29 septembre 2016 (2016-09-29) revendications 1-20; figures 1,2,3	1-10
A	US 5 601 674 A (SZWEDA ANDREW [US] ET AL) 11 février 1997 (1997-02-11) revendications 1-18; figure 3	1-10

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
3 novembre 2020	12/11/2020

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Chatron-Michaud, P

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2020/051462

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3039148 A1	27-01-2017	EP 3325270 A1	30-05-2018
		FR 3039148 A1	27-01-2017
		US 2018230063 A1	16-08-2018
		WO 2017017367 A1	02-02-2017
US 2016279899 A1	29-09-2016	AUCUN	
US 5601674 A	11-02-1997	US 5488017 A	30-01-1996
		US 5601674 A	11-02-1997