

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 09.11.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.05.25 Bulletin 25/20.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : GABILLON Martin, Victor, César,
CHARLEUX François, VOGEL Thibaut, POUGIS
Arnaud et BATONNET Baptiste, René, Roger.

73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 Procédé de fabrication d'une pièce de révolution en matériau composite avec des propriétés localement optimisées.

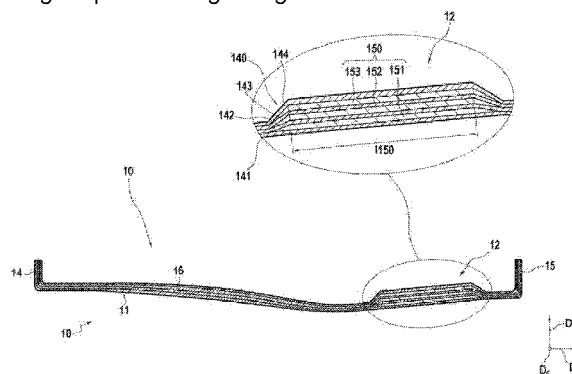
57 Procédé de fabrication d'une pièce de révolution en matériau composite avec des propriétés localement optimisées

Un procédé de fabrication d'une pièce de révolution (10) en matériau composite à épaisseur variable pour une turbine à gaz comprend:

- la réalisation par tissage tridimensionnel ou multicouche d'une texture fibreuse (140) sous forme d'une bande,
- l'enroulement de la texture fibreuse (140) en plusieurs couches superposées (141, 142, 143, 144) sur un mandrin (200) de profil correspondant à celui du carter à fabriquer, afin d'obtenir une préforme fibreuse de forme correspondant à celle du carter à fabriquer,
- la densification de la préforme fibreuse par une matrice.

Lors de l'enroulement de la texture fibreuse (140) sur le mandrin, une bande textile (150) est placée au moins entre un ou plusieurs tours adjacents de la texture fibreuse, la bande textile (150) présentant une structure différente d'un tissage tridimensionnel et ayant une largeur inférieure à la largeur de la texture fibreuse (140) suivant une direction axiale (DA).

Figure pour l'abrégé : Fig. 2.



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication d'une pièce de révolution en matériau composite avec des propriétés localement optimisées

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général de la fabrication de pièces de révolution exposées aux impacts et plus particulièrement, mais non exclusivement, les carters de soufflante de turbine à gaz pour moteurs aéronautiques.

Technique antérieure

[0002] Dans un moteur aéronautique à turbine à gaz, le carter de soufflante remplit plusieurs fonctions. Il définit la veine d'entrée d'air dans le moteur, supporte un matériau abrasable en regard des sommets d'aubes de la soufflante, supporte une structure éventuelle d'absorption d'ondes sonores pour le traitement acoustique en entrée du moteur et incorpore un bouclier de rétention. Le bouclier de rétention constitue un piège à débris retenant les débris, tels que des objets ingérés ou des fragments d'aubes endommagées, projetés par centrifugation, afin d'éviter qu'ils traversent le carter et atteignent d'autres parties de l'aéronef.

[0003] Précédemment réalisés en matériau métallique, les carters, comme le carter de soufflante, sont maintenant réalisés en matériau composite, c'est-à-dire à partir d'une préforme fibreuse densifiée par une matrice organique, ce qui permet de réaliser des pièces ayant une masse globale moins élevée que ces mêmes pièces lorsqu'elles sont réalisées en matériau métallique tout en présentant une résistance mécanique au moins équivalente sinon supérieure.

[0004] La fabrication d'un carter de soufflante en matériau composite à matrice organique est notamment décrite dans le document US 8 322 971. Dans le carter divulgué dans le document US 8 322 971, le bouclier de rétention est constitué par une portion de surépaisseur obtenue au niveau du renfort fibreux du carter qui présente une épaisseur évolutive. Le renfort fibreux est obtenu par enroulement d'une texture fibreuse tissée 3D qui présente une portion de surépaisseur apte à former un bouclier de rétention. Le carter ainsi obtenu présente au niveau de son bouclier de rétention de bonnes propriétés mécaniques à la fois en termes de résistance à la perforation (rétention) et de comportement dynamique.

[0005] Cependant, les zones structurales présentes en dehors de la zone de rétention étant plus minces, elles présentent une résistance moindre vis-à-vis des impacts perforants ou non perforants. Ces zones présentent en outre une sensibilité vis-à-vis des sollicitations vibratoires qui peut être problématique pour le comportement dynamique du

carter. En effet, leur faible épaisseur conduit à la diminution des fréquences propres du carter de soufflante et augmente le risque de croisement fréquentiel entre un de ses modes propres et les fréquences excitatrices issues du sillage des aubes de soufflante en vis-à-vis du carter dans la plage de fonctionnement du moteur. Le carter entre alors en résonance lorsqu'une de ses fréquences propres croise une harmonique d'excitation produite par le sillage des aubes, ce qui peut entraîner la ruine du carter.

[0006] Il existe dans l'art antérieur des solutions qui ont pour but d'éviter l'apparition de modes indésirables dans un carter en matériau composite. Une solution, notamment divulguée dans le document US 2014/212273, consiste à munir le carter en matériau composite de raidisseurs rapportés. Cependant, cette solution entraîne une augmentation significative de la masse globale du carter, en particulier lorsqu'il s'agit d'un carter de soufflante ayant un grand diamètre. Elle est en outre compliquée à mettre en œuvre, en particulier en ce qui concerne la fixation des raidisseurs qui doit être la plus fiable possible.

[0007] Une autre solution, divulguée dans le document US 2017/266893 consiste à raidir un carter de soufflante en matériau composite en le dotant d'une portion présentant un profil en oméga. Toutefois, cette solution résulte en une augmentation importante de l'encombrement et de la masse du carter. Par ailleurs, de par sa géométrie complexe en oméga, la réalisation et la mise en place d'équipements (par exemple panneaux acoustiques, cartouches d'abrasable) sur ce type de carter se révèle fastidieuse. Enfin, le creux formé par la portion en oméga doit être comblé avec un matériau, ce qui pénalise encore la masse globale du carter.

[0008] Il existe, par conséquent, un besoin pour une solution permettant d'optimiser localement les propriétés mécaniques d'une pièce de révolution en matériau composite comprenant un renfort fibreux en tissé 3D tout en minimisant la masse et/ou le coût de fabrication de la pièce.

Exposé de l'invention

[0009] A cet effet, l'invention propose un procédé de fabrication d'une pièce de révolution en matériau composite pour une turbine à gaz, comprenant:

[0010] - la réalisation par tissage tridimensionnel entre une pluralité de fils ou torons de chaîne et une pluralité de fils ou torons de trame d'une texture fibreuse à épaisseur évolutive sous forme d'une bande,

[0011] - l'enroulement de la texture fibreuse sur plusieurs tours superposés sur un mandrin de profil correspondant à celui de la pièce de révolution à fabriquer afin d'obtenir une préforme fibreuse de forme de révolution correspondant à celle du carter à fabriquer et s'étendant en largeur suivant une direction axiale et en épaisseur suivant une direction radiale, la préforme fibreuse comportant une zone d'épaisseur plus importante que le

reste de la préforme fibreuse destinée à former une zone de rétention dans la pièce de révolution,

- [0012] - la densification de la préforme fibreuse par une matrice,
- [0013] caractérisé en ce que, lors de l'enroulement de la texture fibreuse sur le mandrin, au moins une bande textile est placée au moins entre un ou plusieurs tours adjacents de la texture fibreuse, sur la face interne du premier tour d'enroulement de la texture fibreuse, ou sur la surface externe de la texture fibreuse, chaque bande textile présentant une structure différente d'un tissage tridimensionnel, chaque bande textile ayant une largeur inférieure à la largeur de la texture fibreuse suivant la direction axiale, chaque bande textile étant située en dehors de la partie d'épaisseur plus importante et délimitant une zone de rétention de la pièce de révolution.
- [0014] Le procédé selon l'invention permet d'optimiser localement des propriétés mécaniques dans la pièce de révolution, et ce sans augmenter significativement la masse globale de la pièce grâce à l'utilisation d'une ou plusieurs bandes textiles ajoutées avec la texture fibreuse en tissé 3D destinées à former le renfort fibreux de la pièce. Le coût et/ou le temps de fabrication d'une pièce de révolution optimisée localement sont en outre bien maîtrisés car l'optimisation locale des propriétés mécaniques de la pièce s'intègre parfaitement dans le procédé de fabrication habituellement utilisé. En effet, on ajoute seulement une ou plusieurs bandes textiles à la texture fibreuse en tissé 3D lors de la formation de la préforme fibreuse, ce qui entraîne que très peu de modifications du procédé de fabrication habituel.
- [0015] Selon une caractéristique particulière du procédé de l'invention, la largeur de ladite au moins une bande textile suivant la direction axiale est comprise entre 2% et 50% du diamètre interne de la préforme fibreuse.
- [0016] Le procédé de l'invention permet de conférer ou d'optimiser localement des propriétés mécaniques différentes notamment en fonction de l'architecture et de la nature des fibres utilisées dans la bande textile.
- [0017] Selon un premier aspect de l'invention, la bande textile est formée avec des fibres ayant un allongement à rupture supérieure ou égale à 1,7 %.
- [0018] Selon un deuxième aspect de l'invention, la bande textile est constituée d'une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels, bidimensionnelles, de nappes multiaxiales ou de tresses plates. La bande textile peut être notamment constituée d'une ou plusieurs couches bidimensionnelles présentant une armure de tissage de type satin.
- [0019] Selon un troisième aspect de l'invention, la largeur de la bande textile suivant la direction axiale correspond à 10% de la largeur de la préforme fibreuse.
- [0020] Selon un quatrième aspect de l'invention, la bande textile est formée avec des fibres présentant un module d'Young compris entre 350 GPa à 500 GPa. La bande textile peut être constituée d'une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels, bidimen-

sionnelles ou de nappes multiaxiales (NCF), les fibres de la bande textile étant orientés suivant une ou plusieurs directions différentes de la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de la direction des fils ou torons de trame de la texture fibreuse. Les fibres présentes dans la bande textile peuvent être notamment orientées suivant un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de trame de la texture fibreuse. La largeur de la bande textile suivant la direction axiale peut correspondre à 15% de la largeur de la préforme fibreuse.

[0021] L'invention concerne également une pièce de révolution en un matériau composite fabriqué conformément au procédé de fabrication d'une pièce de révolution en matériau composite de l'invention. La pièce de révolution peut notamment correspondre à un carter de soufflante de turbine à gaz ou à un ensemble de soufflante comprenant un carter de soufflante et une virole externe de carter intermédiaire en une seule pièce..

[0022] L'invention concerne encore un moteur aéronautique à turbine à gaz ayant un carter de soufflante ou un ensemble de soufflante selon l'invention.

Brève description des dessins

[0023] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective et en coupe partielle d'un moteur aéronautique équipé d'un carter de soufflante en matériau composite conformément à un mode de réalisation de l'invention,

[0024] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en coupe selon le plan II-II du carter de la [Fig.1],

[0025] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique en perspective d'un métier à tisser montrant le tissage d'une texture fibreuse utilisée pour la formation du renfort fibreux du carter des figures 1 et 2,

[0026] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue en perspective montrant la mise en forme d'une texture fibreuse et d'une bande textile destinées à former le renfort du carter de soufflante des figures 1 et 2,

[0027] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue schématique montrant l'enroulement simultané de la structure fibreuse et de la bande textile de la [Fig.4],

[0028] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue en coupe montrant le profil de la préforme fibreuse obtenue après enroulement de la structure fibreuse et de la bande textile des figures 4 et 5,

[0029] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue schématique montrant un outillage permettant de densifier avec une matrice la préforme fibreuse de la [Fig.6],

[0030] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue en coupe d'un ensemble de soufflante en matériau composite conformément à un mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

[0031] L'invention s'applique d'une manière générale à toute pièce de révolution en matériau

composite de turbine à gaz comportant une portion de surépaisseur formant une zone ou un bouclier de rétention.

[0032] On décrit ci-après un procédé de fabrication d'une pièce de révolution de l'invention appliqué, selon un premier exemple, à un carter de soufflante de moteur aéronautique à turbine à gaz.

[0033] Un tel moteur, comme montré très schématiquement par la [Fig.1] comprend, de l'amont vers l'aval dans le sens de l'écoulement de flux gazeux E, une soufflante 1 disposée en entrée du moteur, un compresseur 2, une chambre de combustion 3, une turbine haute-pression 4 et une turbine basse pression 5.

[0034] Le moteur est logé à l'intérieur d'un carter comprenant plusieurs parties correspondant à différents éléments du moteur. Ainsi, la soufflante 1 est entourée par un carter de soufflante 10 présentant une forme de révolution.

[0035] La [Fig.2] montre le profil (en coupe axiale) du carter de soufflante 10 qui est ici réalisé en matériau composite à matrice organique, c'est-à-dire à partir d'un renfort en fibres par exemple de carbone, verre, aramide ou céramique, densifié par une matrice en polymère, par exemple époxyde, bismaléimide ou polyimide. La fabrication d'un tel carter est notamment décrite dans le document US 8 322 971. La surface interne 11 du carter définit la veine d'entrée d'air du moteur.

[0036] Le carter 10 s'étend en largeur suivant une direction axiale D_A entre ses extrémités amont et aval (de gauche à droite sur la [Fig.2]) qui sont ici munies de brides externes 14, 15 à afin de permettre son montage et sa liaison avec d'autres éléments. Le carter 10 s'étend en longueur suivant une direction circonférentielle D_C . Entre ses extrémités amont et aval, le carter 10 présente, suivant une direction radiale D_R , une épaisseur variable dans la direction axiale D_A , une partie 16 du carter ayant une plus forte épaisseur que les parties d'extrémité en se raccordant progressivement à celle-ci. La partie 16 s'étend de part et d'autre de l'emplacement de la soufflante, vers l'amont et l'aval, afin de former une zone de rétention capable de retenir des débris, particules ou objets ingérés en entrée du moteur, ou provenant de l'endommagement d'aubes de la soufflante, et projetés radialement par rotation de la soufflante, pour éviter qu'ils traversent le carter et endommagent d'autres parties de l'aéronef.

[0037] Le renfort fibreux est formé par enroulement sur un mandrin d'une texture fibreuse réalisée par tissage tridimensionnel avec épaisseur évolutive, le mandrin ayant un profil correspondant à celui du carter à réaliser. Avantageusement, le renfort fibreux constitue une préforme fibreuse tubulaire complète du carter 10 formant une seule pièce.

[0038] Conformément à l'invention, le carter 10 comprend une portion locale de renforcement 12 présente en dehors de la partie de plus forte épaisseur 16 formant une zone de rétention. La pièce de révolution selon l'invention peut comporter plusieurs

portions locales de renforcement présentes en amont et/ou en aval de la partie de plus forte épaisseur 16.

- [0039] Le renfort fibreux du carter 10 est constitué d'une pluralité de couches superposées 141 à 144 d'une texture fibreuse 140 sous forme d'une bande présentant un tissage tridimensionnel ou multicouche, chaque couche 141 à 144 correspondant à un tour d'enroulement de la texture fibreuse 140 (sur la [Fig.2] les couches 141 à 144 sont densifiées par une matrice). En outre, une bande textile 150 est interposée entre deux couches adjacentes de la texture fibreuse, la bande textile 150 présentant une largeur l_{150} inférieure à la largeur l_{140} de la texture fibreuse 140 ([Fig.4]). Dans l'exemple décrit ici, trois couches 151 à 153 de bande textile 150 sont interposées entre les couches superposées 141 à 144 de la texture fibreuse 140, chaque couche 151 à 153 correspondant à un tour d'enroulement de la bande textile 150. D'une manière générale, la bande textile permettant de former une portion locale de renforcement peut être interposée entre deux ou plusieurs couches de texture fibreuse superposées correspondant chacune à un tour d'enroulement de ladite texture fibreuse. Selon une variante de réalisation, une bande textile permettant de former une portion locale de renforcement peut être également présente sur la face interne du premier tour d'enroulement et/ou sur la face externe du dernier tour d'enroulement de la texture fibreuse du renfort fibreux.
- [0040] Comme décrit ci-après en détails, en ajoutant une bande textile dans le renfort fibreux de la pièce, il est possible de conférer localement à la pièce des propriétés mécaniques particulières.
- [0041] On décrit maintenant un procédé de fabrication du carter de soufflante 10.
- [0042] Comme représentée sur la [Fig.3], une texture fibreuse 140 est réalisée de façon connue par tissage au moyen d'un métier à tisser de type jacquard 60 sur lequel on a disposé un faisceau de fils de chaîne ou torons 70 en une pluralité de couches, les fils de chaîne étant liés par des fils ou torons de trame 80. La texture fibreuse est réalisée par tissage tridimensionnel.
- [0043] Par « tissage tridimensionnel » ou « tissage 3D », on entend ici un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de trame lient des fils de chaîne sur plusieurs couches de fils de chaîne ou inversement. Un exemple de tissage tridimensionnel est le tissage dit à armure « interlock ». Par tissage « interlock », on entend ici une armure de tissage dans laquelle chaque couche de fils de chaîne lie plusieurs couches de fils de trame, avec tous les fils d'une même colonne de chaîne ayant le même mouvement dans le plan de l'armure.
- [0044] La réalisation de la texture fibreuse par tissage 3D permet d'obtenir une liaison entre les couches, donc d'avoir une bonne tenue mécanique de la structure fibreuse et de la pièce en matériau composite obtenue, en une seule opération textile.

- [0045] Comme illustrée sur les figures 3 et 4, la texture fibreuse 140 présente une forme de bande qui s'étend en longueur dans une direction X ([Fig.3]) correspondant à la direction de défilement des fils ou torons de chaîne 70 et en largeur ou transversalement dans une direction Y ([Fig.3]) correspondant à la direction des fils ou torons de trame 80. Comme expliqué ci-après, le renfort fibreux de la pièce de révolution, ici le carter 10, est formé par la texture fibreuse 140 qui est mise en forme par enroulement sur elle-même. Par conséquent, dans le renfort fibreux de la pièce finale, les fils ou torons de chaîne s'étendent suivant la direction circonférentielle D_C (figures 1, 3 et 6) tandis que les fils ou torons de trame s'étendent suivant la direction axiale D_A (figures 1, 3 et 6).
- [0046] La structure fibreuse peut être notamment tissée à partir de fils de fibres de type carbone, céramique telle que du carbure de silicium, verre, ou encore aramide.
- [0047] La bande textile 150 est réalisée de manière indépendante. Elle présente une structure textile différente d'un tissage tridimensionnel. La bande textile peut notamment mais non exclusivement être formée par une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels (UD), bidimensionnelles (2D) avec des fibres orientées à $0^\circ/90^\circ$ ou $+45^\circ/-45^\circ$ ou par une ou plusieurs nappes multiaxiales (« Non Crimp Fabric » en anglais ou NCF) qui est une étoffe textile qui présente généralement plusieurs couches de fibres unidirectionnelles non tissées orientées dans des directions différentes liées par un fil fin de tricotage.
- [0048] En fonction des propriétés mécaniques que l'on souhaite conférer localement, on choisit une structure textile déterminée et un ou plusieurs types de fibres.
- [0049] D'une manière générale, la largeur de la bande textile suivant la direction axiale D_A est comprise entre 2% et 50% de la largeur de la préforme fibreuse.
- [0050] Comme illustré sur la [Fig.4], une préforme fibreuse est formée par enroulement sur un mandrin 200 de la texture fibreuse 140 réalisée par tissage tridimensionnel, le mandrin ayant un profil correspondant à celui du carter à réaliser. Conformément à l'invention, une bande textile 150 est enroulée simultanément avec la texture fibreuse 140, la bande 150 étant positionnée au-dessus de la première couche 141 de la texture 140 enroulée sur le mandrin 200 de manière à intercaler une couche de bande textile 150 de largeur inférieure entre deux couches adjacentes de texture fibreuse de largeur supérieure correspondant à deux tours d'enroulement de la texture fibreuse 140. La bande 150 est positionnée à un emplacement sur la texture fibreuse 140 correspondant à la zone axiale de la portion locale de renforcement à former dans le carter.
- [0051] Avantagusement, la préforme fibreuse constitue un renfort fibreux tubulaire complet du carter 100 formant une seule pièce avec une portion de surépaisseur correspondant à la zone de rétention du carter et au moins une portion dans laquelle une bande textile est ajoutée afin de former une portion locale de renforcement.

- [0052] A cet effet, le mandrin 200 présente une surface externe 201 dont le profil correspond à la surface interne du carter à réaliser. Par son enroulement sur le mandrin 200, la texture fibreuse 140 épouse le profil de celui-ci. Le mandrin 200 comporte également deux flasques 220 et 230 pour former des parties de préforme fibreuse correspondant aux brides 14 et 15 du carter 100.
- [0053] Lors de la formation de la préforme fibreuse par enroulement, la texture fibreuse 140 et la bande textile 150 sont appelées depuis des tambours 60 et 70 respectivement sur lesquels elles sont stockées comme illustrées sur la [Fig.5].
- [0054] La [Fig.6] montre une vue en coupe de la préforme fibreuse 300 obtenue après enroulement de la texture fibreuse 140 et de la bande textile 150 en plusieurs couches sur le mandrin 200. Le nombre de couches ou spires est fonction de l'épaisseur désirée et de l'épaisseur de la texture fibreuse. Il est de préférence au moins égal à deux. Dans l'exemple décrit ici, la préforme 300 comprend quatre couches 141 à 144 de texture fibreuse 140 et trois couches 151 à 153 de bande textile 150 interposées respectivement entre les couches adjacentes 141 et 142, 142 et 143, et 143 et 144.
- [0055] On obtient une préforme fibreuse 300 avec une partie de préforme de renforcement 310 formée par l'interposition des couches 151 à 153 de la bande textile 150 entre les couches superposées 141 à 144 de la texture fibreuse 140. La préforme fibreuse 300 comprend également une partie de préforme plus épaisse 320 correspondant à la partie de plus forte épaisseur 16 formant une zone de rétention du carter 10.
- [0056] Comme indiqué ci-avant, la zone ou étendue axiale sur laquelle on souhaite conférer des propriétés mécaniques particulières est déterminée par la largeur l_{150} de la bande textile 150 (figures 4 et 6).
- [0057] Lorsque l'on souhaite former une portion locale de renforcement présentant une résistance à l'impact non perforant améliorée, on utilise de préférence une bande textile comprenant des fibres ayant une haute déformation à la rupture, c'est-à-dire des fibres ayant un allongement à rupture supérieur ou égal à 1,7% % comme par exemple des fibres de carbone qui présente un allongement à rupture supérieur à 2% ou des fibres de verre qui présente en général un allongement à rupture supérieur à 5%. La bande textile peut être constituée d'une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels (UD), bidimensionnelles (2D), de nappes multiaxiales (NCF) ou de tresses plates. On utilise de préférence pour la bande textile des structures qui sont facilement déformables, c'est-à-dire qui ne présentent pas d'embuvage comme les couches UD ou les nappes multiaxiales. Dans le cas de couches 2D, on utilisera des armures de tissage présentant un faible embuvage comme les armures de type satin. Les fibres peuvent être orientées dans la même direction que celle des fils de chaîne et/ou de trame de la texture fibreuse 140 ou dans une direction différente.
- [0058] La largeur de la bande textile a une largeur correspondant de préférence à sen-

siblement 10% de la largeur de la préforme suivant la direction axiale D_A .

- [0059] Lorsque l'on souhaite former une portion locale de renforcement présentant une raideur améliorée, on utilise de préférence une bande textile comprenant des fibres présentant un module d'Young compris entre 350 GPa à 500 GPa comme par exemple les fibres de carbone Torayca® type M40 ou M46J commercialisées par la société Toray ou les fibres de carbone Tenax™ type UMS40 ou UMS45 commercialisées par la société Teijin. La bande textile peut être constituée d'une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels (UD), bidimensionnelles (2D) ou de nappes multiaxiales (NCF). Les fibres de la bande textile peuvent être orientées en fonction de la ou des directions dans laquelle ou lesquelles on souhaite améliorer ou augmenter la raideur, en particulier dans des directions différentes de la direction des fils ou torons de chaîne dans le renfort fibreux de la pièce de révolution, c'est-à-dire dans une direction différente de la direction circonférentielle D_C et/ou de la direction des fils ou torons de trame dans le renfort fibreux de la pièce de révolution, c'est-à-dire dans une direction différente de la direction axiale D_A . Les fibres de la bande textile peuvent notamment être orientées suivant un angle de 30°, 45° ou 60° par rapport à la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de trame du renfort fibreux de la pièce correspondant à la préforme fibreuse. Dans le cas où l'on souhaite orienter les fibres de la bande fibreuse dans une seule direction différente de celle des fils ou torons de chaîne et/ou de trame du renfort fibreux de la pièce, il est possible d'utiliser des couches UD orientées suivant l'angle choisi. Dans le cas où l'on souhaite orienter les fibres de la bande fibreuse dans plusieurs directions différentes de celle des fils ou torons de chaîne et/ou de trame, il est possible d'utiliser des couches 2D ou une nappe multiaxiale (NFC) (2 couches UD superposées) pour former une bande textile ayant deux directions de fibres différentes par rapport à la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de trame du renfort fibreux de la pièce, par exemple suivant une orientation $\pm 45^\circ$. Pour former une bande textile ayant plus de deux directions de fibres différentes par rapport à la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de trame du renfort fibreux de la pièce, on peut utiliser une nappe multiaxiale (n couches UD superposées), chaque couche UD de la nappe étant orientée suivant une direction ou un angle déterminé. Une orientation des fibres de la bande textile à $\pm 45^\circ$ par rapport à la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de trame du renfort fibreux de la pièce permet de renforcer la résistance au cisaillement/torsion de la pièce.

- [0060] La largeur de la bande textile a une largeur correspondant de préférence à sensiblement 15% de la largeur de la préforme suivant la direction axiale D_A .

- [0061] On procède ensuite à la densification de la préforme fibreuse 300 par une matrice.

- [0062] La densification de la préforme fibreuse consiste à combler la porosité de la préforme, dans tout ou partie du volume de celle-ci, par le matériau constitutif de la

matrice.

- [0063] La matrice peut être obtenue de façon connue en soi suivant le procédé par voie liquide.
- [0064] Le procédé par voie liquide consiste à imprégner la préforme par une composition liquide contenant un précurseur organique du matériau de la matrice. Le précurseur organique se présente habituellement sous forme d'un polymère, tel qu'une résine, éventuellement dilué dans un solvant. La préforme fibreuse est placée dans un moule pouvant être fermé de manière étanche avec un logement ayant la forme de la pièce finale moulée. Comme illustré sur la [Fig.7], la préforme fibreuse 300 est ici placée entre une pluralité de secteurs 240 formant contre-moule et le mandrin 200 formant support, ces éléments présentant respectivement la forme extérieure et la forme intérieure du carter à réaliser. Ensuite, on injecte le précurseur liquide de matrice, par exemple une résine, dans tout le logement pour imprégner toute la partie fibreuse de la préforme.
- [0065] La transformation du précurseur en matrice organique, à savoir sa polymérisation, est réalisée par traitement thermique, généralement par chauffage du moule, après élimination du solvant éventuel et réticulation du polymère, la préforme étant toujours maintenue dans le moule ayant une forme correspondant à celle de la pièce à réaliser. La matrice organique peut être notamment obtenue à partir de résines époxydes, telle que, par exemple, une résine époxyde à hautes performances présente dans le commerce, ou de précurseurs liquides de matrices carbone ou céramique.
- [0066] Dans le cas de la formation d'une matrice carbone ou céramique, le traitement thermique consiste à pyrolyser le précurseur organique pour transformer la matrice organique en une matrice carbone ou céramique selon le précurseur utilisé et les conditions de pyrolyse. A titre d'exemple, des précurseurs liquides de carbone peuvent être des résines à taux de coke relativement élevé, telles que des résines phénoliques, tandis que des précurseurs liquides de céramique, notamment de SiC, peuvent être des résines de type polycarbosilane (PCS) ou polytitanocarbosilane (PTCS) ou polysilazane (PSZ). Plusieurs cycles consécutifs, depuis l'imprégnation jusqu'au traitement thermique, peuvent être réalisés pour parvenir au degré de densification souhaité.
- [0067] Selon un aspect de l'invention, la densification de la préforme fibreuse peut être réalisée par le procédé bien connu de moulage par transfert dit RTM ("Resin Transfert Moulding"). Conformément au procédé RTM, on place la préforme fibreuse dans un moule présentant la forme du carter à réaliser. Une résine thermodurcissable est injectée dans l'espace interne délimité entre le mandrin 200 et les contres-moules 240 et qui comprend la préforme fibreuse. Un gradient de pression est généralement établi dans cet espace interne entre l'endroit où est injecté la résine et les orifices d'évacuation de cette dernière afin de contrôler et d'optimiser l'imprégnation de la préforme par la

résine.

- [0068] La résine utilisée peut être, par exemple, une résine époxyde. Les résines adaptées pour les procédés RTM sont bien connues. Elles présentent de préférence une faible viscosité pour faciliter leur injection dans les fibres. Le choix de la classe de température et/ou la nature chimique de la résine est déterminé en fonction des sollicitations thermomécaniques auxquelles doit être soumise la pièce. Une fois la résine injectée dans tout le renfort, on procède à sa polymérisation par traitement thermique conformément au procédé RTM.
- [0069] Après l'injection et la polymérisation, la pièce est démoulée. Au final, la pièce est détournée pour enlever l'excès de résine et les chanfreins sont usinés pour obtenir le carter 10 illustré en figures 1 et 2.
- [0070] Le procédé de l'invention n'est pas limité à la fabrication de carters de soufflante. En effet, le procédé de l'invention peut également être utilisé pour la fabrication d'un ensemble de soufflante réunissant en une seule pièce monobloc un carter de soufflante et une virole externe de carter intermédiaire,
- [0071] La [Fig.8] montre le profil (en coupe axiale) d'un ensemble de soufflante 50 comprenant en amont un carter de soufflante 20 et en aval une virole externe de carter intermédiaire 30, l'ensemble de soufflante étant réalisé en une seule pièce monobloc en matériau composite à matrice organique, c'est-à-dire à partir d'un renfort en fibres densifié par une matrice en polymère comme déjà décrit ci-avant pour le carter de soufflante 10. La fabrication d'un tel ensemble carter est notamment décrite dans le document FR 2 968 364.
- [0072] L'ensemble de soufflante 50 s'étend en largeur suivant une direction axiale D_A entre ses extrémités amont et aval (de gauche à droite sur la [Fig.2]) qui sont ici munies de brides externes 24, 35 à afin de permettre son montage et sa liaison avec d'autres éléments. L'ensemble de soufflante 50 s'étend en longueur suivant une direction circonférentielle D_C . L'ensemble de soufflante 50 comprend un carter de soufflante 20 prolongé en aval par une virole externe de carter intermédiaire 30. Comme bien connu en soi, le carter de soufflante entoure les aubes mobiles de soufflante (non représentées sur la [Fig.8]) tandis que la virole externe de carter intermédiaire est fixée à des aubes de guidage de soufflante généralement nommées OGV (pour « Outlet Guide Vane » en anglais (non représentées sur la [Fig.8])).
- [0073] Le carter de soufflante 20 présente, suivant une direction radiale D_R , une épaisseur variable dans la direction axiale D_A , une partie 26 du carter de soufflante ayant une plus forte épaisseur que les parties d'extrémité en se raccordant progressivement à celle-ci. La partie 26 s'étend de part et d'autre de l'emplacement de la soufflante, vers l'amont et l'aval, afin de former une zone de rétention capable de retenir des débris, particules ou objets ingérés en entrée du moteur, ou provenant de l'endommagement

d'aubes de la soufflante, et projetés radialement par rotation de la soufflante, pour éviter qu'ils traversent le carter et endommagent d'autres parties de l'aéronef.

- [0074] Le renfort fibreux de l'ensemble de soufflante est formé par enroulement sur un mandrin d'une texture fibreuse réalisée par tissage tridimensionnel avec épaisseur évolutive, le mandrin ayant un profil correspondant à celui de l'ensemble à réaliser. Avantageusement, le renfort fibreux constitue une préforme fibreuse tubulaire complète de l'ensemble de soufflante 50 formant une seule pièce.
- [0075] Dans l'exemple décrit ici et conformément à l'invention, la virole externe de carter intermédiaire 30 comprend deux portions locales de renforcement 32 et 33 présentes en dehors de la partie de plus forte épaisseur 26 du carter de soufflante. Toutefois, on ne sort pas du cadre de l'invention lorsque la virole externe de carter intermédiaire ne comporte qu'une seule portion locale de renforcement.
- [0076] Le renfort fibreux de l'ensemble de soufflante 50 est constitué d'une pluralité de couches superposées 541 à 544 d'une texture fibreuse 540 sous forme d'une bande présentant un tissage tridimensionnel ou multicouche, chaque couche 541 à 544 correspondant à un tour d'enroulement de la texture fibreuse 540 (sur la [Fig.8] les couches 541 à 544 sont densifiées par une matrice). En outre, des première et deuxième bandes textiles 550 et 560 sont interposées entre deux couches adjacentes de la texture fibreuse à des positions décalées suivant la direction axiale DA dans la partie de renfort fibreux de la virole de carter intermédiaire. Les bandes textiles 550 et 560 présentent chacune une largeur l550, l560 inférieure à la largeur de la texture fibreuse 540. Dans l'exemple décrit ici, trois couches 551 à 553 de bande textile 550 et trois couches 561 à 563 de bande textile 560 sont interposées entre les couches superposées 541 à 544 de la texture fibreuse 540, chaque couche 551 à 553, respectivement 561 à 563, correspondant à un tour d'enroulement de la bande textile 550, respectivement de la bande textile 560. D'une manière générale, chaque bande textile permettant de former une portion locale de renforcement peut être interposée entre deux ou plusieurs couches de texture fibreuse superposées correspondant chacune à un tour d'enroulement de ladite texture fibreuse. Selon une variante de réalisation, une bande textile permettant de former une portion locale de renforcement peut être également présente sur la face interne du premier tour d'enroulement et/ou sur la face externe du dernier tour d'enroulement de la texture fibreuse du renfort fibreux.
- [0077] L'ensemble de soufflante peut être fabriqué de la même façon que celle déjà décrite précédemment pour le carter de soufflante 10 et ne sera pas décrite de nouveau ici par souci de simplification. En outre, les différentes nature de fibres ainsi que les structures textiles (UD, 2D, nappes multiaxiales, etc. avec orientations des fibres suivant une ou plusieurs directions déterminées) décrites précédemment peuvent être également utilisées ici pour l'ensemble de soufflante 50. La largeur de la ou les bandes textiles

utilisées pour former une ou plusieurs portions de renforcement dans la virole externe de carter intermédiaire est de préférence sensiblement comprise entre 10% et 15% de la largeur du renfort fibreux ou préforme de la virole externe de carter intermédiaire suivant la direction axiale D_A .

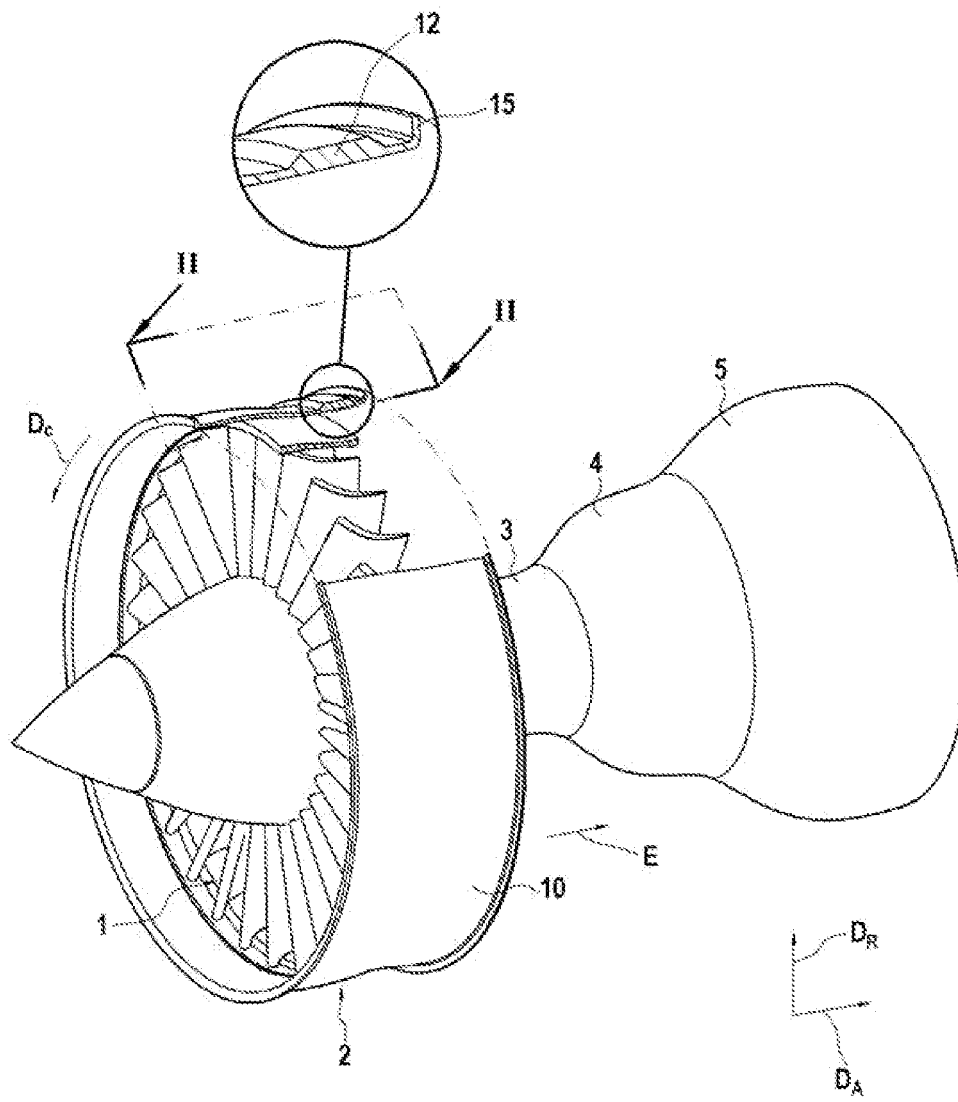
- [0078] En outre de conférer ou d'améliorer les propriétés mécaniques de l'ensemble de soufflante 50 comme déjà décrit ci-avant pour le carter de soufflante 10, les portions locales de renforcement 32 et 33 peuvent être utilisées pour la fixation des extrémités extérieures des aubes de guidage de soufflante par exemple au moyen d'organe de fixation de type vis-écrou.

Revendications

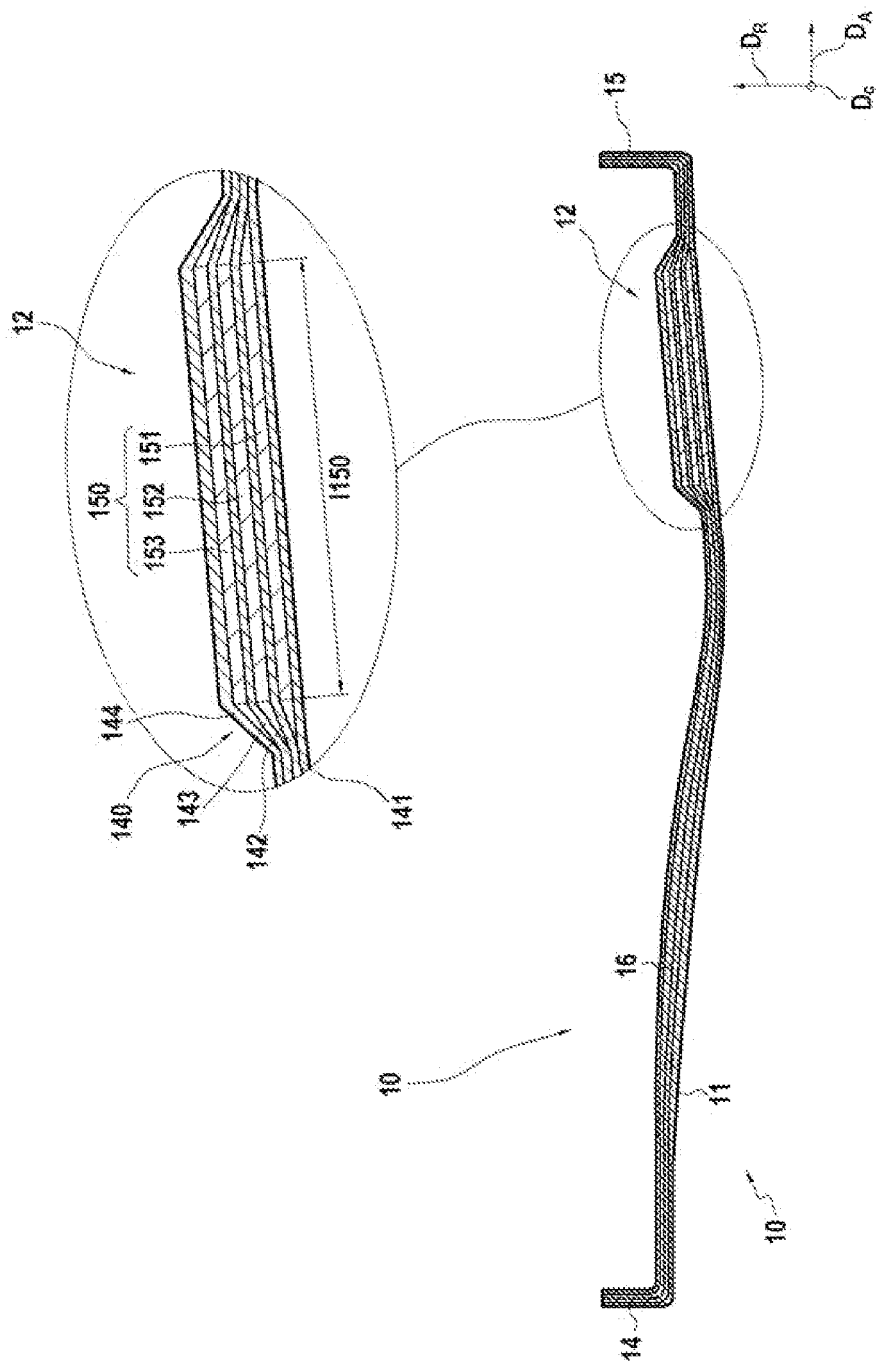
- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une pièce de révolution (100) en matériau composite pour une turbine à gaz, comprenant:
- la réalisation par tissage tridimensionnel entre une pluralité de fils ou torons de chaîne et une pluralité de fils ou torons de trame d'une texture fibreuse (140) à épaisseur évolutive sous forme d'une bande,
 - l'enroulement de la texture fibreuse (140) sur plusieurs tours superposés (141, 142, 143, 144) sur un mandrin (200) de profil correspondant à celui du carter à fabriquer afin d'obtenir une préforme fibreuse (300) de forme de révolution correspondant à celle de la pièce de révolution à fabriquer et s'étendant en largeur suivant une direction axiale (D_A) et en épaisseur suivant une direction radiale (D_R), la préforme fibreuse (300) comportant une zone d'épaisseur plus importante (320) que le reste de la préforme fibreuse destinée à former une zone de rétention (16) dans la pièce de révolution (10),
 - la densification de la préforme fibreuse (300) par une matrice, caractérisé en ce que, lors de l'enroulement de la texture fibreuse (140) sur le mandrin (200), au moins une bande textile (150) est placée au moins entre un ou plusieurs tours adjacents de la texture fibreuse, sur la face interne du premier tour d'enroulement de la texture fibreuse, ou sur la surface externe de la texture fibreuse, chaque bande textile (150) présentant une structure différente d'un tissage tridimensionnel, chaque bande textile ayant une largeur inférieure à la largeur de la texture fibreuse (140) suivant la direction axiale, chaque bande textile étant située en dehors de la partie d'épaisseur plus importante et délimitant une zone de rétention de la pièce de révolution.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la largeur (l_{150}) de ladite au moins une bande textile (150) suivant la direction axiale est comprise entre 2% et 50% de la largeur de la préforme fibreuse (300).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel la bande textile est formée avec des fibres ayant un allongement à rupture supérieure ou égale à 1,7 %.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel ladite au moins une bande textile est constituée d'une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels, bidimensionnelles, de nappes multiaxiales ou de tresses plates.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel ladite au moins une bande textile est constituée d'une ou plusieurs couches bidimensionnelles

- présentant une armure de tissage de type satin.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans lequel la largeur (l_{150}) de ladite au moins une bande textile (150) suivant la direction axiale correspond à 10% de la largeur de la préforme fibreuse (300).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 2, dans lequel ladite au moins une bande textile est formée avec des fibres présentant un module d'Young compris entre 350 GPa à 500 GPa.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 7, dans lequel ladite au moins une bande textile est constituée d'une ou plusieurs couches ou plis unidirectionnels, bidimensionnelles ou de nappes multiaxiales (NCF), les fibres de ladite au moins une bande textile étant orientées suivant une ou plusieurs directions différentes de la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de la direction des fils ou torons de trame de la texture fibreuse.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 7, dans lequel les fibres présentes dans ladite au moins une bande textile sont orientées suivant un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à la direction des fils ou torons de chaîne et/ou de trame de la texture fibreuse.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel la largeur (l_{150}) de ladite au moins une bande textile (150) suivant la direction axiale correspond à 15% de la largeur de la préforme fibreuse (300).
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel la pièce de révolution correspond à un carter de soufflante.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel la pièce de révolution correspond à un ensemble de carter de soufflante et de virole de carter intermédiaire en une seule pièce.
- [Revendication 13] Pièce de révolution en matériau composite fabriqué conformément au procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.
- [Revendication 14] Pièce de révolution selon la revendication 13, ladite pièce de révolution correspondant à un carter de soufflante de turbine à gaz.
- [Revendication 15] Pièce de révolution selon la revendication 13, ladite pièce de révolution correspondant à un ensemble de soufflante comprenant un carter de soufflante et une virole externe de carter intermédiaire en une seule pièce.
- [Revendication 16] Moteur aéronautique à turbine à gaz ayant un carter (10) selon la revendication 14 ou un ensemble de soufflante selon la revendication 15.

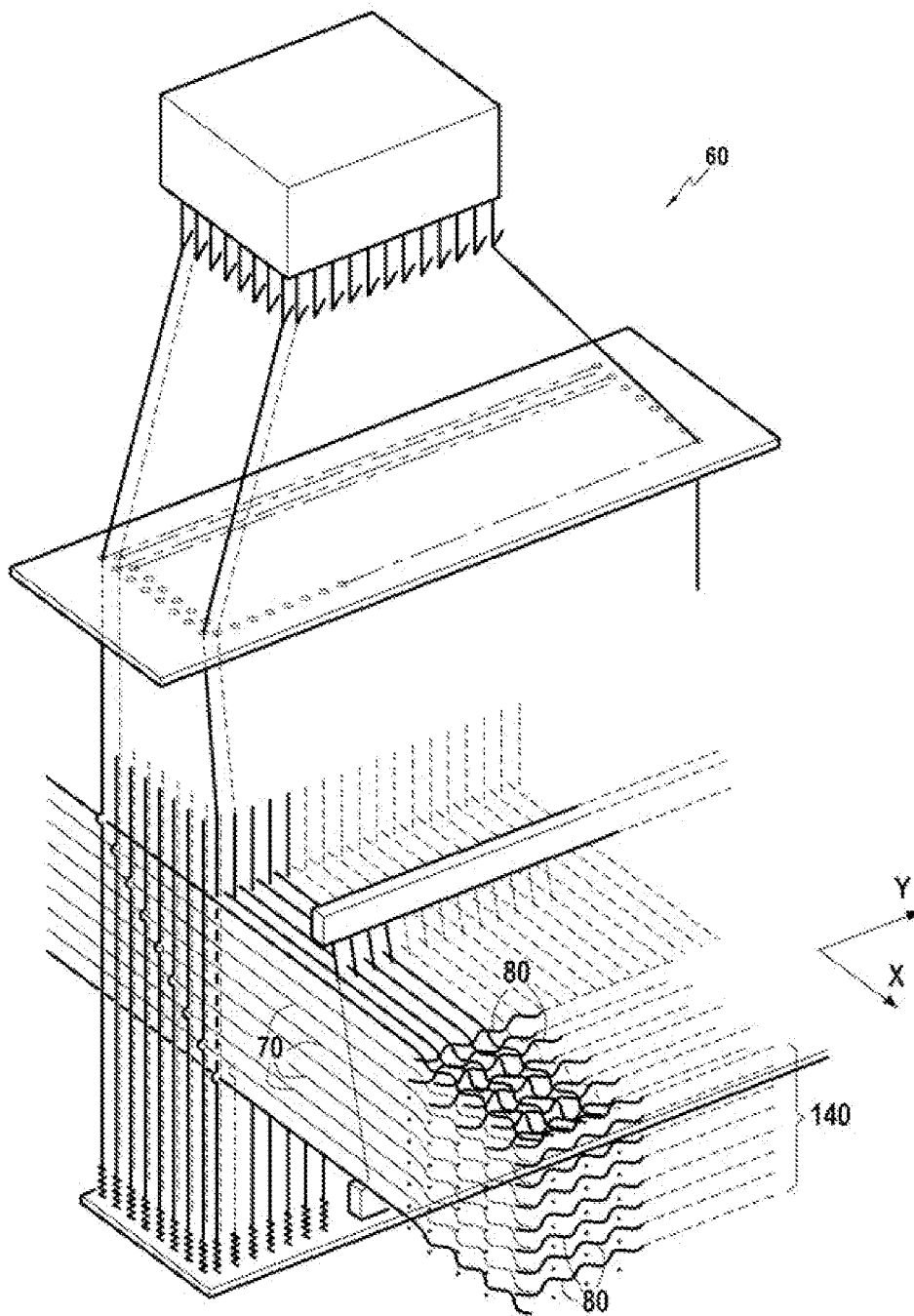
[Fig. 1]



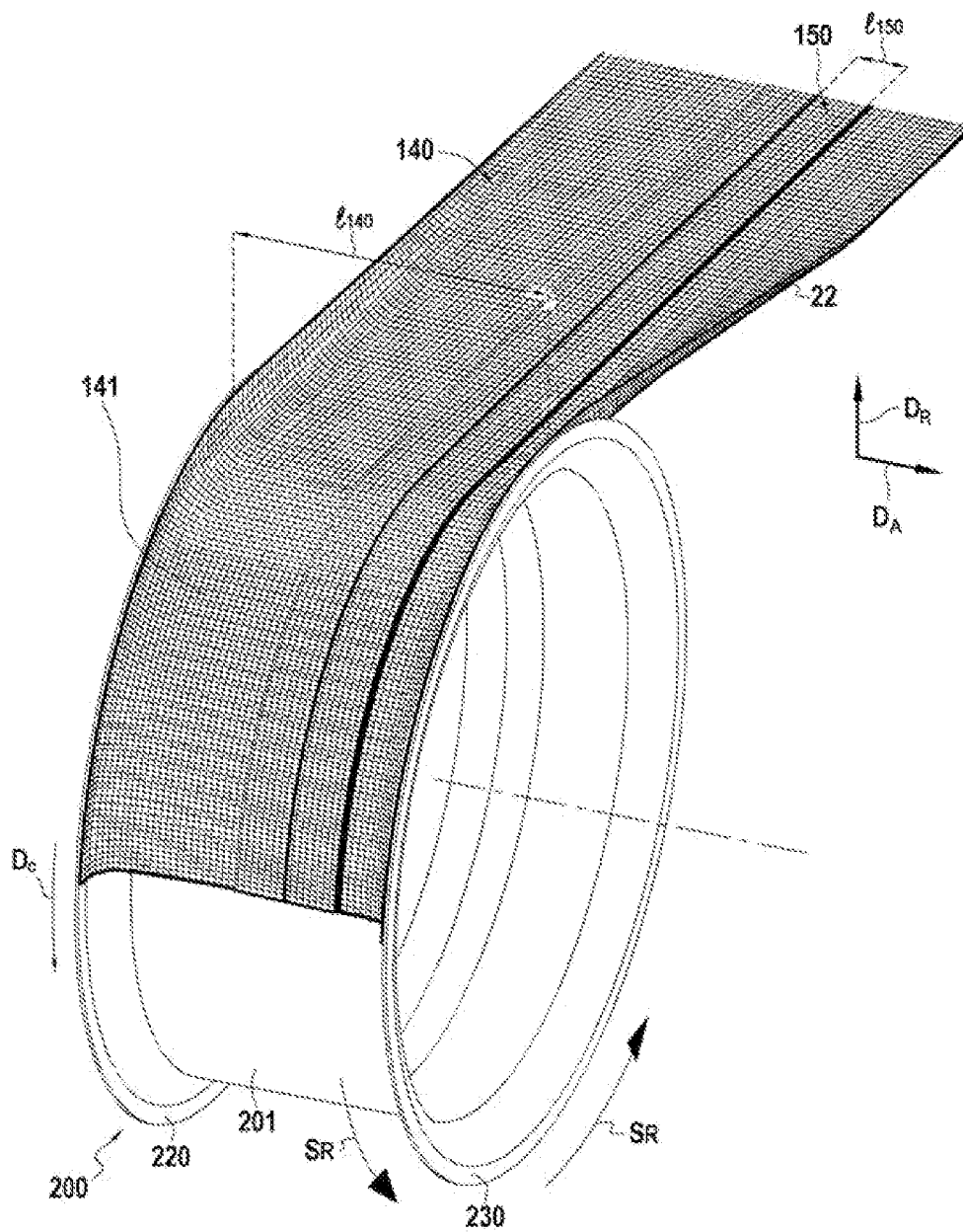
[Fig. 2]



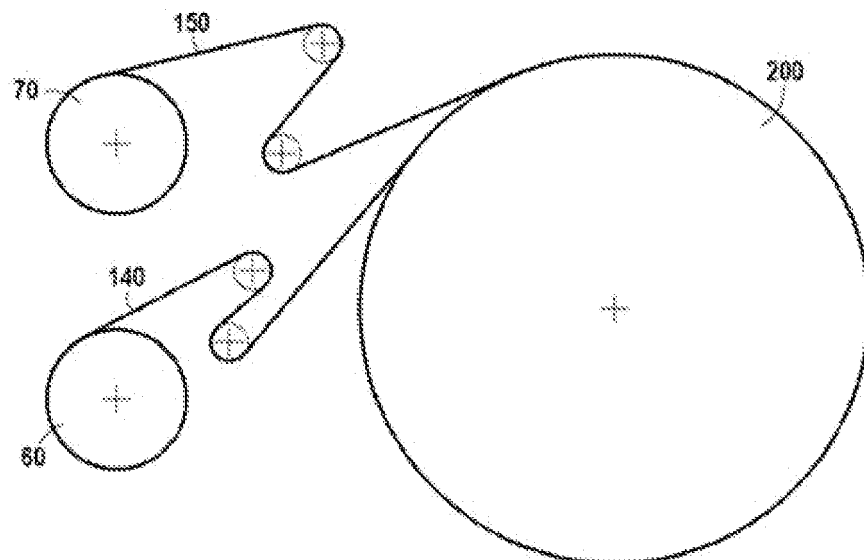
[Fig. 3]



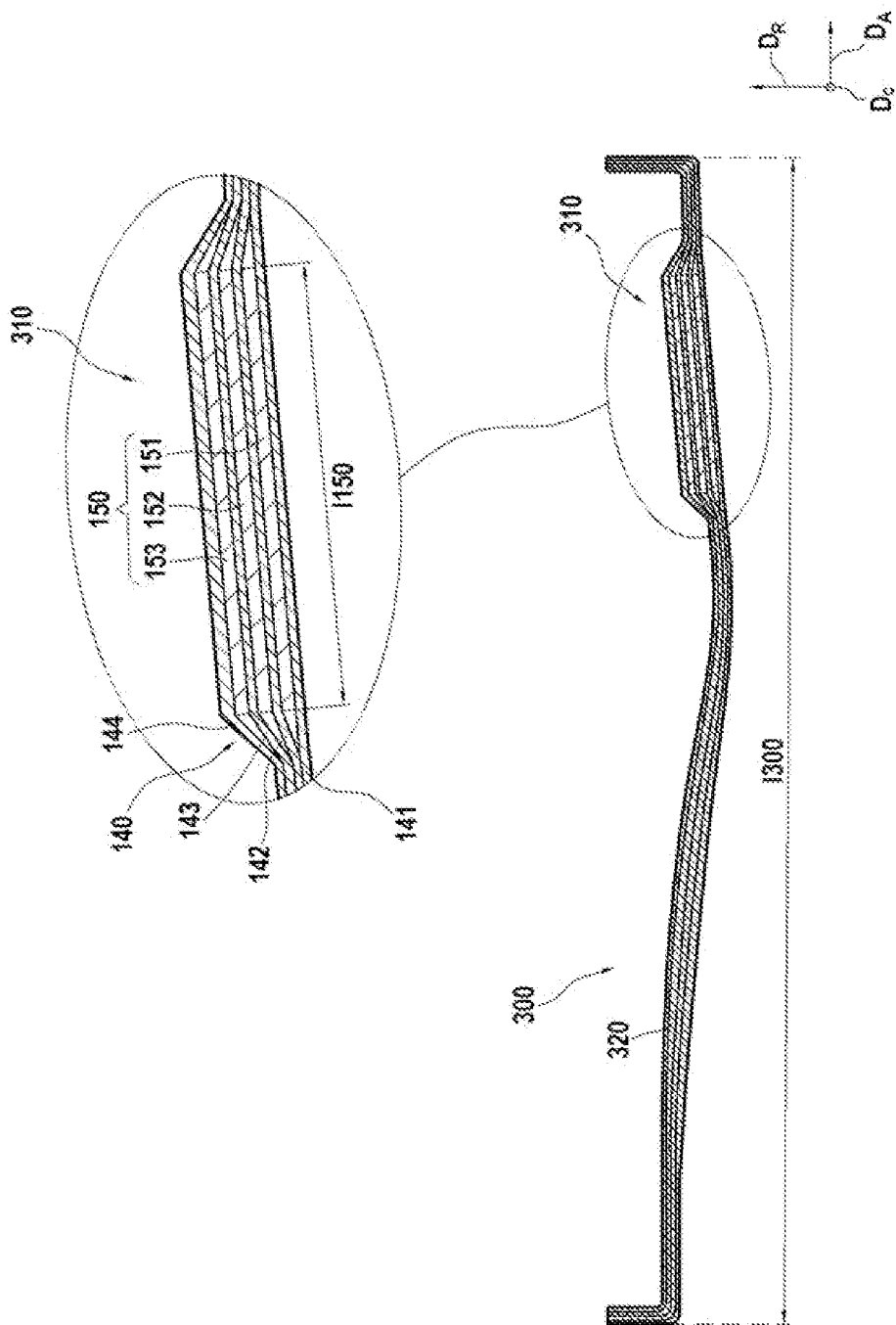
[Fig. 4]



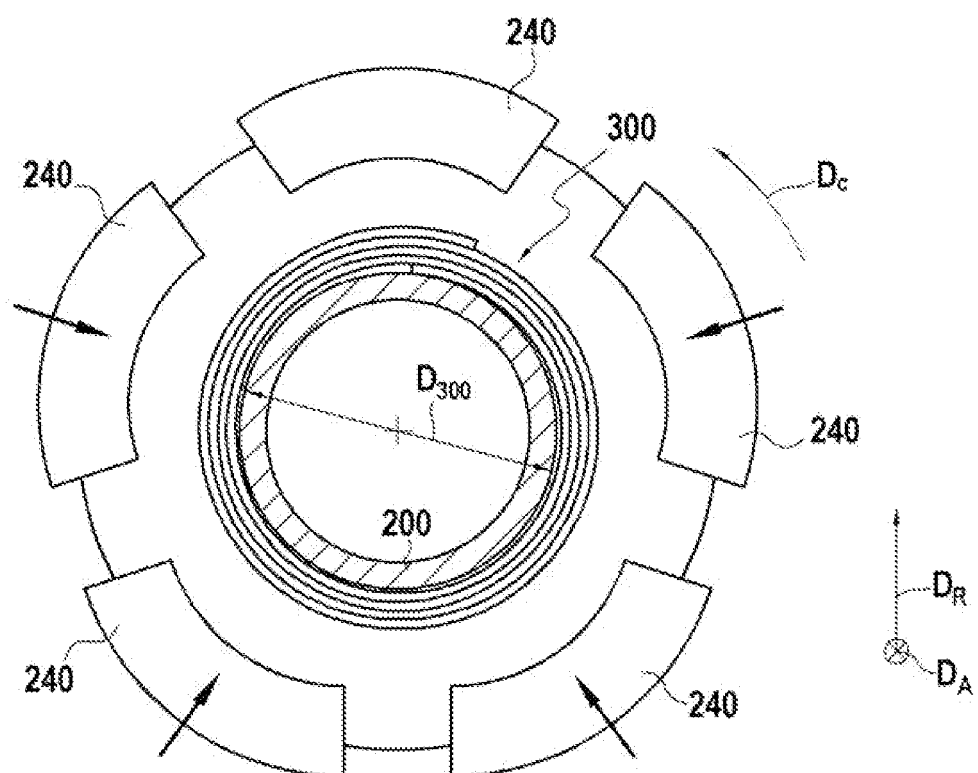
[Fig. 5]



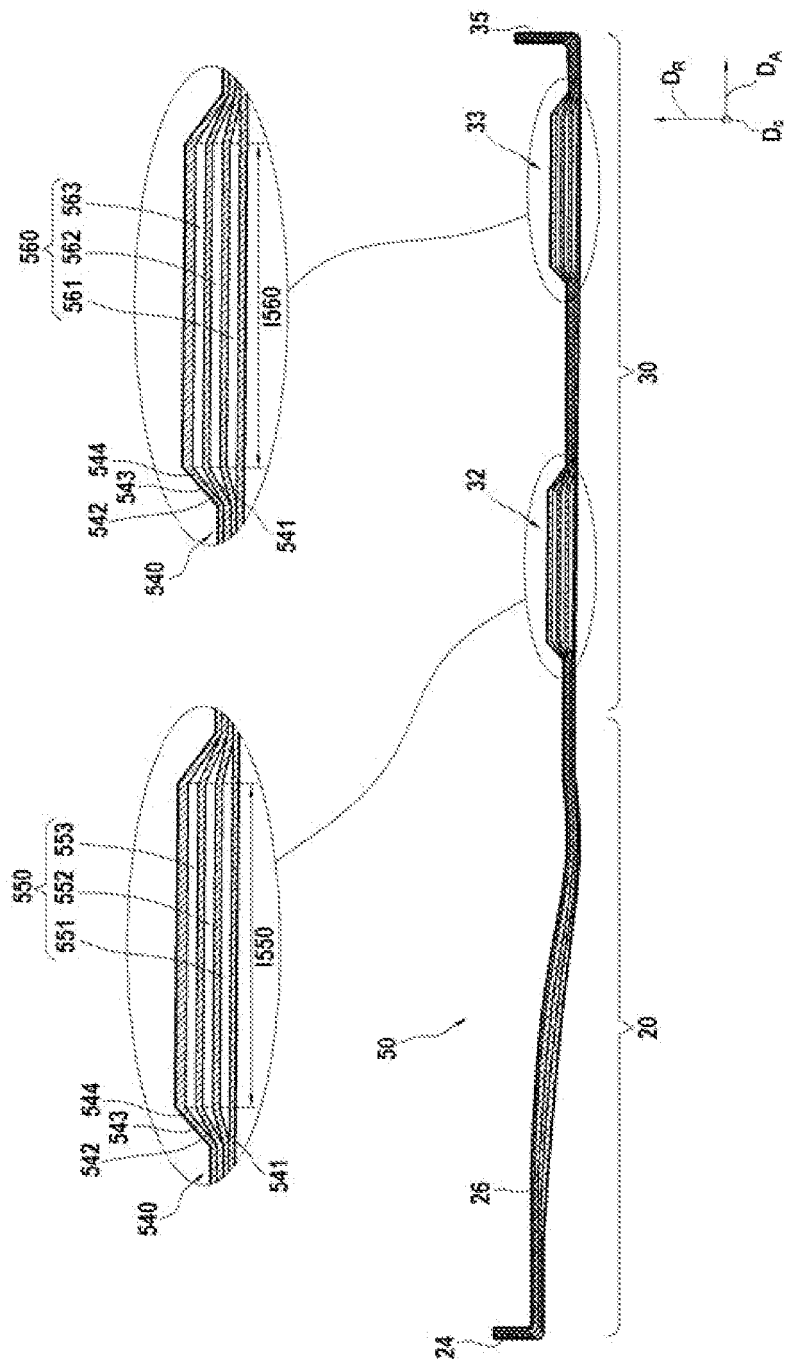
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

 établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 926015
FR 2312223

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2017/198420 A1 (HELLOT JÉRÉMY [FR] ET AL) 13 juillet 2017 (2017-07-13)	1,2,6, 10,11, 13,14,16	B29B 11/16 B29C 70/24 B29C 70/32
Y	* abrégé; figures 1,2,3,4,5,6,7 * * alinéa [0002] * * alinéa [0006] - alinéa [0007] * * alinéa [0010] - alinéa [0011] * * alinéa [0027] - alinéa [0028] * * alinéa [0030] - alinéa [0032] * * alinéa [0036] * -----	3-5,7-9, 12,15	B29C 70/88 F01D 25/24
X	US 2021/340881 A1 (BOUROLLEAU CLÉMENT [FR] ET AL) 4 novembre 2021 (2021-11-04) * abrégé; figures 1,4,5,6,7,9A,9B,10A,10B * * alinéa [0023] * * alinéa [0047] * * alinéa [0049] * * alinéa [0051] * * alinéa [0062] * * alinéa [0065] * -----	1-4,6, 10,11, 13,14,16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	US 11 156 126 B2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]; RAYTHEON TECH CORP [US]) 26 octobre 2021 (2021-10-26) * abrégé; figures 1,3,4,5,6 * * colonne 6, ligne 16 - ligne 46 * -----	3-5,7-9	B29B B29C F01D B32B F02C
Y	FR 2 968 364 A1 (SNECMA [FR]; AIRCELLE SA [FR]) 8 juin 2012 (2012-06-08) * abrégé; figures 3,4 * * 1er au 2ème paragraphe; page 2 * -----	12,15	
A	WO 2017/109403 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]; SAFRAN [FR]) 29 juin 2017 (2017-06-29) * abrégé; figures 1,9 * -----	1-16	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 mai 2024		Barunovic, Robert	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2312223 FA 926015**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23 - 05 - 2024**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017198420 A1	13-07-2017	FR 3046613 A1	14-07-2017
		US 2017198420 A1	13-07-2017

US 2021340881 A1	04-11-2021	CN 112739530 A	30-04-2021
		EP 3847006 A1	14-07-2021
		FR 3085299 A1	06-03-2020
		US 2021340881 A1	04-11-2021
		WO 2020049254 A1	12-03-2020

US 11156126 B2	26-10-2021	EP 3553280 A1	16-10-2019
		US 2020025034 A1	23-01-2020

FR 2968364 A1	08-06-2012	AUCUN	

WO 2017109403 A1	29-06-2017	CN 108430746 A	21-08-2018
		EP 3393764 A1	31-10-2018
		US 2020271015 A1	27-08-2020
		WO 2017109403 A1	29-06-2017
