

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.02.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.08.23 Bulletin 23/32.

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) : OUTTRABADY Henri, COMMARMOT
Manon, GALVE Antoine et MOUNIEN Richard Ananda-
velou.

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

74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

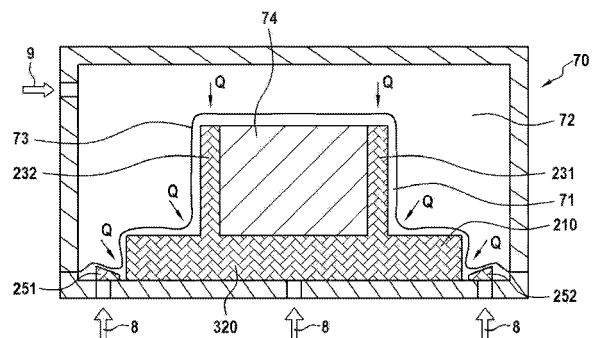
54 Procédé de fabrication d'une plateforme inter-aubes avec bords sacrificiels.

57 Procédé de fabrication d'une plateforme inter-aubes avec bords sacrificiels

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une plateforme inter-aubes d'une soufflante de turbomachine, ladite plateforme comprenant un corps ainsi qu'un premier et un deuxième bords latéraux sacrificiels, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- la fourniture de préformes fibreuses du premier bord sacrificiel et du deuxième bord sacrificiel (251, 252),
- la réalisation d'une préforme fibreuse du corps (210) de la plateforme en une seule pièce par tissage tridimensionnel,
- la disposition des préformes fibreuses (251, 252, 210) dans un moule d'injection (70), les préformes des premier et deuxième bords sacrificiels (251, 252) étant disposées de part et d'autre de la préforme fibreuse du corps (210),
- la densification des préformes fibreuses (251, 252, 210) disposées dans le moule (70) par une matrice pour former une unique pièce ayant la forme de la plateforme à fabriquer.

Figure pour l'abrégé : Fig. 7



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication d'une plateforme inter-aubes avec bords sacrificiels

Domaine technique

[0001] L'invention concerne une soufflante de turbomachine, par exemple de turboréacteur ou de turbopropulseur d'avion, et en particulier les plateformes inter-aubes dans les soufflantes des turbomachines.

Technique antérieure

[0002] De façon connue, une soufflante de turbomachine comprend un disque de rotor comportant une pluralité d'aubes, séparées à leurs extrémités radialement internes par des plateformes inter-aubes. Ainsi, les plateformes inter-aubes de soufflante de turbomachine sont disposées entre les aubes de la soufflante dans le prolongement du cône d'entrée de celle-ci. Elles permettent notamment de délimiter, du côté intérieur, la veine annulaire d'entrée d'air dans la soufflante, cette veine étant délimitée du côté extérieur par un carter. Ces plateformes comprennent généralement une base, configurée pour délimiter la veine, et des pattes s'étendant radialement vers le disque de rotor. Ces pattes peuvent faire partie d'un caisson, ou correspondre à des raidisseurs.

[0003] Comme les aubes ne sont pas liées aux plateformes, les contraintes mécaniques auxquelles sont soumis les pieds d'aube en fonctionnement sont fortement réduites. Il est alors possible de diminuer la taille des pieds d'aube pour alléger la soufflante et augmenter ainsi les performances de la turbomachine.

[0004] La base des plateformes comprend généralement des bords latéraux sacrificiels, conçus pour se rompre en cas d'une pression forte d'une aube sur lesdits bords sacrificiels. Ces bords latéraux sacrificiels ont typiquement une épaisseur inférieure au reste de la base. Ainsi, en cas de perte d'une aube de soufflante, les bords sacrificiels des deux plateformes situés de part et d'autre de ladite aube cèdent, permettant de dissiper une partie de l'énergie et de diminuer les efforts de contact entre l'aube et la plateforme afin de limiter les dommages structurels. En outre, les deux plateformes permettent de protéger les aubes de soufflante environnantes en empêchant les éventuels débris de l'aube perdue de venir au contact des extrémités radialement internes de ces aubes. Par conséquent, on réduit fortement les risques d'endommagement supplémentaire des aubes et des plateformes de la soufflante.

[0005] Les plateformes de soufflante sont classiquement réalisées en matériau composite, et comprennent un renfort fibreux densifié par une matrice. Il est notamment connu de réaliser l'ébauche fibreuse en une seule pièce par tissage tridimensionnel ou mul-

ticouches. La réalisation par tissage tridimensionnel d'une ébauche fibreuse en forme de π (Pi) pour plateforme est par exemple décrite dans le document WO 2013/088040. Puis, la préforme fibreuse est densifiée par une matrice selon les moyens habituels.

[0006] Les bords latéraux sacrificiels sont ensuite réalisés par usinage des bords de la base afin d'obtenir la diminution d'épaisseur souhaitée. Toutefois, cette opération d'usinage du matériau composite est complexe et délicate à mettre en œuvre, notamment pour le respect des cotations dimensionnelles de la pièce et du raccord des surfaces.

Exposé de l'invention

[0007] La présente invention a donc pour but principal de remédier aux inconvénients précités en facilitant la fabrication des plateformes inter-aubes.

[0008] A cet effet, l'invention propose un procédé de fabrication d'une plateforme inter-aubes d'une soufflante de turbomachine, ladite plateforme comportant un corps comprenant une base et au moins deux pattes, la base comprenant une première surface configurée pour délimiter une veine d'écoulement de la soufflante et une deuxième surface, opposée à la première surface, depuis laquelle s'étendent radialement lesdites au moins deux pattes, la plateforme comprenant en outre un premier et un deuxième bords latéraux sacrificiels s'étendant de part et d'autre des première et deuxième surfaces de la base, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :

[0009] - la fourniture d'au moins une préforme fibreuse du premier bord sacrificiel et d'au moins une préforme fibreuse du deuxième bord sacrificiel,

[0010] - la réalisation d'une préforme fibreuse du corps de la plateforme en une seule pièce par tissage tridimensionnel,

[0011] - la disposition des préformes fibreuses dans un moule d'injection, les préformes des premier et deuxième bords sacrificiels étant disposées de part et d'autre de la portion de la préforme fibreuse du corps destinée à former la base de la plateforme,

[0012] - la densification des préformes fibreuses disposées dans le moule par une matrice pour former une unique pièce ayant la forme de la plateforme à fabriquer.

[0013] Ainsi, on simplifie la fabrication des plateformes inter-aubes en densifiant un ensemble de préformes fibreuses présentant déjà une forme sensiblement identique à la pièce à fabriquer. On s'affranchit par conséquent d'une étape d'usinage complexe, limitant ainsi également les pertes de matière, tout en assurant un respect des cotations dimensionnelles. Par ailleurs, la fabrication de la pièce est également simplifiée dans la mesure où les préformes fibreuses utilisées présentent des techniques de tissage bien maîtrisées et peu de déliations.

[0014] En outre, comme les préformes fibreuses des bords sacrificiels sont rapportées dans le moule avant injection, les bords sacrificiels et le corps de la plateforme finale ne sont pas liés par des fibres. Ainsi, l'interface entre les bords sacrificiels et le corps de la

plateforme constitue un point faible de la plateforme, qui pourra se rompre aisément si une aube exerce une pression trop importante sur l'un des bords sacrificiels.

- [0015] Enfin, l'utilisation de préformes distinctes pour les bords sacrificiels permet une plus grande liberté de géométrie pour lesdits bords sacrificiels, ladite géométrie n'étant pas soumise à des contraintes imposées par un usinage ou par des déliaisons.
- [0016] Selon une caractéristique particulière de l'invention, les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels sont réalisées par tissage tridimensionnel.
- [0017] Les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels peuvent être réalisées à partir d'une ou de plusieurs bandelettes de préforme, ou à partir de chutes issues d'une autre préforme fibreuse.
- [0018] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels sont réalisées par tressage.
- [0019] L'utilisation du tressage pour la fabrication des bords sacrificiels est particulièrement intéressante dans la mesure où elle permet une réalisation aisée et une manipulation pratique des préformes fibreuses des bords sacrificiels.
- [0020] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels ont une épaisseur inférieure à la portion de la préforme fibreuse du corps destinée à former la base de la plateforme.
- [0021] En réduisant l'épaisseur des bords sacrificiels, on s'assure qu'ils pourront céder plus facilement en cas de pression excessive d'une aube.
- [0022] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, chaque préforme fibreuse d'un premier ou deuxième bord sacrificiel a une épaisseur qui augmente régulièrement de l'extrémité latérale de la préforme destinée à être jointe au corps de la plateforme à l'extrémité latérale de la préforme destinée à être libre.
- [0023] Ainsi, une faible épaisseur des préformes fibreuses des bords sacrificiels à la jonction avec la préforme fibreuse du corps permet de créer une zone de faiblesse, qui pourra se rompre particulièrement aisément si une aube exerce une pression trop importante sur l'un des bords sacrificiels.
- [0024] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels sont disposées dans le moule au contact de la préforme fibreuse du corps.
- [0025] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels sont disposées dans le moule à une distance non nulle de la préforme fibreuse du corps.
- [0026] De préférence, dans le cas où les préformes des bords sacrificiels sont disposées dans le moule à une distance non nulle de la préforme du corps, la densification desdites préformes s'effectuera avec une résine. Toutefois, la densification peut être réalisée avec une barbotine, une partie des composants de la barbotine remplissant le rôle de

liant entre les préformes de bords sacrificiels et la préforme de corps.

[0027] Les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels sont disposées dans le moule à une certaine distance de la préforme fibreuse du corps, qui peut être nulle. Plus les préformes fibreuses des bords sacrificiels seront éloignées de la préforme fibreuse du corps, plus l'interface entre les bords sacrificiels et le corps de la plateforme sera fragile. Ainsi, la distance de positionnement des préformes peut être choisie selon la force maximale supportée souhaitée pour les bords sacrificiels de la plateforme.

[0028] L'étape de densification du procédé de l'invention peut être réalisée selon les moyens conventionnels avec un outillage relativement rigide, par exemple par moulage par injection de résine, ou « Resin Transfer Molding » (en abrégé « RTM ») en langue anglaise, ou encore par moulage par injection d'une suspension, ou « Slurry Transfer Molding » (en abrégé « STM ») en langue anglaise. Toutefois, les techniques d'injection sous membrane souple sont particulièrement intéressantes pour la fabrication de telles plateformes inter-aubes.

[0029] Ainsi, selon une autre caractéristique particulière de l'invention, les préformes fibreuses sont disposées dans une chambre d'imprégnation du moule d'injection comprenant une face inférieure, en faisant reposer sur ladite face inférieure les préformes fibreuses des premier et deuxième bords sacrificiels ainsi que la surface de la préforme fibreuse du corps destinée à former la première surface de la base, la chambre d'imprégnation étant fermée par une membrane souple séparant la chambre d'imprégnation d'une chambre de compaction, la densification des préformes fibreuses comprenant les étapes suivantes :

[0030] - l'injection d'un fluide d'imprégnation dans la chambre d'imprégnation, et

[0031] - l'injection d'un fluide de compression dans la chambre de compaction de manière à appliquer une pression sur la membrane.

[0032] Le fluide d'imprégnation peut par exemple être une barbotine comprenant des particules de précurseur de matrice, ou une résine.

[0033] Les techniques d'injection sous membrane permettent une plus grande souplesse pour la géométrie du moule d'injection. En effet, l'utilisation d'une membrane souple plutôt que d'un contre-moule rigide, comme c'est le cas dans les techniques de RTM, permet notamment de s'adapter plus facilement à la géométrie particulière des pattes. En outre, les techniques d'injection sous membrane permettent également une meilleure maîtrise du taux volumique de fibres, puisqu'on introduit exactement le volume de résine souhaité pour obtenir un taux volumique de fibres précis et prédéfini.

[0034] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, l'injection du fluide d'imprégnation est réalisée avant l'injection du fluide de compression.

[0035] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, l'injection du fluide

d'imprégnation est terminée avant l'injection du fluide de compression.

[0036] Dans cette variante, on obtient une maîtrise accrue de l'écoulement du fluide d'imprégnation, et par conséquent de l'imprégnation de la préforme fibreuse.

[0037] Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, l'injection du liquide de compaction débute avant l'injection du fluide d'imprégnation.

[0038] Cette dernière variante permet avantageusement d'appliquer une pression sur les préformes fibreuses dont la valeur permet d'obtenir le taux volumique de fibre souhaité avant même que le fluide d'imprégnation ne soit injecté. On débute ensuite l'injection du fluide d'imprégnation, qui peut être réalisée alors que l'on continue à injecter du fluide de compression afin de compenser les pertes de charges, particulièrement dans le cas où le fluide d'imprégnation est une barbotine.

Brève description des dessins

[0039] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique éclatée partielle d'un exemple de soufflante comprenant des plateformes inter-aubes.

[0040] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en coupe de la plateforme inter-aubes représentée sur la [Fig.1].

[0041] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique en trois dimensions des préformes fibreuses des bords sacrificiels de la plateforme.

[0042] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue schématique d'un plan d'une ébauche fibreuse du corps de la plateforme réalisée par tissage tridimensionnel.

[0043] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue schématique d'un plan d'une préforme fibreuse obtenue par mise en forme de l'ébauche fibreuse de la [Fig.4].

[0044] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue schématique en coupe de la disposition des préformes fibreuses des figures 4 et 5 dans un outillage d'injection rigide.

[0045] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue schématique en coupe de la disposition des préformes fibreuses des figures 4 et 5 dans un outillage d'injection comprenant une membrane souple.

Description des modes de réalisation

[0046] La [Fig.1] illustre une soufflante de turbomachine 1 en vue éclatée comprenant un disque de rotor 10 portant une pluralité d'aubes de soufflante 20, les pieds 21 des aubes 20 étant engagés dans des rainures axiales 11 formées dans le disque de rotor 10. Les aubes 20 sont séparées par des plateformes inter-aubes 100 fixées sur le disque de rotor 10.

[0047] On définit une première direction D_1 qui correspond au sens général d'écoulement des gaz de la turbomachine. On définit également une deuxième direction D_2 tangentielle et/ou circonférentielle, qui correspond à la direction de succession alternée des plateformes inter-aubes 100 et des aubes. Enfin, on définit une troisième direction

D_3 radiale perpendiculaire à la première direction.

[0048] Pour des raisons de simplification, les première, deuxième et troisième directions du repère de la soufflante sont également utilisées pour le repère de la plateforme, les directions du repère de la plateforme correspondant aux directions du repère de la soufflante lorsque ladite plateforme est montée sur ladite soufflante.

[0049] La plateforme inter-aubes 100 illustrée sur les figures 1 et 2 comprend un corps 110 ainsi qu'un premier bord latéral sacrificiel 151 et un deuxième bord latéral sacrificiel 152. Le corps 110 de la plateforme 100 comprend une base 120 présentant une première surface 121 et une deuxième surface 122 opposées. La première surface 121 est destinée à délimiter une veine d'écoulement de la soufflante. Lorsque la plateforme 100 est montée sur la soufflante, la première surface 121 et la deuxième surface 122 s'étendent en longueur selon la première direction D_1 , c'est-à-dire dans le sens général de l'écoulement du gaz de la turbomachine, et s'étendent en largeur selon la deuxième direction D_2 entre les deux aubes adjacentes encadrant la plateforme 100.

[0050] Le corps 110 de la plateforme 100 comprend en outre au moins deux pattes 130 s'étendant radialement depuis la deuxième surface 122 de la base 120 et pouvant remplir une fonction de raidisseur. Lorsque la plateforme 100 est montée sur la soufflante, les pattes 130 s'étendent selon la troisième direction D_3 , vers le disque de rotor. Les pattes 130 s'étendent également dans la longueur de la première surface 121 et de la deuxième surface 122. Ainsi, lorsque la plateforme 100 est montée sur la soufflante, les pattes 130 s'étendent selon la première direction D_1 , c'est-à-dire dans le sens général de l'écoulement du gaz de la turbomachine.

[0051] Le premier bord latéral sacrificiel 151 et le deuxième bord latéral sacrificiel 152 s'étendent de part et d'autre de la base 120 du corps 110 de la plateforme 100, dans la longueur de la première surface 121 et de la deuxième surface 122. Le premier bord latéral sacrificiel 151 et le deuxième bord latéral sacrificiel 152 sont donc joints à la base 120 du corps 110 de la plateforme 100.

[0052] De préférence, le premier bord sacrificiel 151 et le deuxième bord sacrificiel 152 comprennent chacun respectivement une surface de prolongement 151a et 152a située dans le prolongement de la première surface 121 de la base 120 selon la deuxième direction D_2 . De préférence, la longueur de la surface de prolongement 151a, 152a selon la deuxième direction D_2 est comprise entre 6 mm et 11 mm.

[0053] De préférence, le premier bord sacrificiel 151 et le deuxième bord sacrificiel 152 présentent une épaisseur selon la troisième direction D_3 inférieure à l'épaisseur de la base 120 du corps 110 selon la troisième direction D_3 . De préférence, l'épaisseur des premier et deuxième bords sacrificiels 151 et 152 est comprise entre 1,5 mm et 2,2 mm.

[0054] De préférence, le premier bord sacrificiel 151 et le deuxième bord sacrificiel 152

présentent une épaisseur qui augmente régulièrement selon la deuxième direction, de leur jonction avec le corps 110 jusqu'à leur extrémité libre 151b ou 152b.

- [0055] De préférence, l'épaisseur selon la troisième direction D_3 des premier et deuxième bords sacrificiels 151, 152 à leur extrémité libre 151b, 152b est inférieure ou égale à 2,2 mm.
- [0056] En particulier, le premier bord sacrificiel 151 et le deuxième bord sacrificiel 152 peuvent présenter une section selon un plan de coupe perpendiculaire à la première direction ayant une forme de trapèze rectangle n'ayant que deux côtés parallèles. Lesdits deux côtés parallèles s'étendent selon la troisième direction D_3 .
- [0057] La fabrication de la plateforme inter-aubes 100 est réalisée en plusieurs étapes. Selon une première étape, on fournit ou on réalise les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152, comme illustré sur la [Fig.3]. De préférence, ces préformes fibreuses 251 et 252 correspondent à des textures fibreuses « sèches », c'est-à-dire non imprégnées par une résine ou assimilé. Les préformes fibreuses 251 et 252 peuvent comporter une pluralité de fils de diverses natures, en particulier des fils en céramique ou en carbone ou encore un mélange de tels fils. De préférence, les préformes 251 et 252 peuvent être réalisées à partir de fibres en carbure de silicium. De manière générale, les préformes 251 et 252 peuvent également être réalisées à partir de fibres constituées des matériaux suivants : l'alumine, la mullite, la silice, un aluminosilicate, un borosilicate, du carbone, ou un mélange de plusieurs de ces matériaux.
- [0058] Les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 peuvent être réalisées de manière bien connue par tissage, en particulier par tissage de fibres de carbone.
- [0059] Les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 peuvent également être réalisées de manière bien connue par tissage, par exemple par tissage tridimensionnel ou par empilement de strates ou de plis obtenus par tissage bidimensionnel. Par « tissage bidimensionnel », on entend ici un mode de tissage classique par lequel chaque fil de trame passe d'un côté à l'autre de fils d'une seule couche de chaîne ou inversement. Par « tissage tridimensionnel » ou « tissage 3D », on entend ici un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de chaîne lient des fils de trame sur plusieurs couches de trame. Une inversion des rôles entre chaîne et trame est possible. La préforme fibreuse peut également être réalisée par des nappes de fibres unidirectionnelles (UD) qui peuvent être par exemple obtenues par placement automatique des fibres (AFP pour « Automated Fiber Placement »), ou par enroulement linéaire.
- [0060] De préférence, les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 présentent une longueur sensiblement identique à la

longueur des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 à fabriquer. On ne sort bien entendu pas du cadre de l'invention si plusieurs préformes fibreuses sont utilisées pour chacun des bords latéraux sacrificiels 151, 152.

- [0061] Les préformes fibreuses 251 et 252 peuvent présenter une section rectangulaire dont les premiers côtés parallèles ont de préférence une longueur comprise entre 6 mm et 11 mm et dont les deuxièmes côtés parallèles ont de préférence une longueur comprise entre 1 mm et 3 mm. Les préformes fibreuses 251 et 252 peuvent également présenter une section en forme de trapèze rectangle n'ayant que deux côtés parallèles 251b, 251c, 252b et 252c, le côté parallèle de plus grande longueur 251b, 252b présentant une longueur supérieure ou égale à 1,85 mm et le côté perpendiculaire 251a, 252a aux deux côtés parallèles présentant une longueur comprise entre 6 mm et 11 mm.
- [0062] Selon une deuxième étape, on réalise de manière bien connue une préforme fibreuse du corps de la plateforme par tissage tridimensionnel. La préforme fibreuse peut, par exemple, présenter une armure multi-satin, c'est-à-dire un tissu obtenu par tissage tridimensionnel avec plusieurs couches de fils de trame dont l'armure de base de chaque couche est équivalente à une armure de type satin classique mais avec certains points de l'armure qui lient les couches de fils de trame entre elles.
- [0063] La préforme fibreuse peut également, par exemple, présenter une armure interlock, c'est-à-dire un tissu obtenu par tissage tridimensionnel dans lequel chaque couche de fils de chaîne lie plusieurs couches de fils de trame avec tous les fils de la même colonne de chaîne ayant le même mouvement dans le plan de l'armure.
- [0064] D'autres modes de tissage tridimensionnel sont envisageables, tel que par exemple des tissages à armure multi-toile. Différents modes de tissage multicouches utilisables pour former la préforme fibreuse sont décrits dans le document WO 2006/136755.
- [0065] Afin de réaliser une préforme fibreuse 210 de la base 120 et des pattes 130 du corps 110 de la plateforme 100, on peut commencer par réaliser une ébauche fibreuse 310 du corps 110 de la plateforme 100 par tissage tridimensionnel.
- [0066] La [Fig.4] montre un exemple de plan schématique d'une ébauche fibreuse 310 du corps 110 comprenant dans son épaisseur une portion de base 320 et une portion de pattes 330 séparées l'une de l'autre sur une partie de la dimension de l'ébauche fibreuse 310 en direction trame par une première déliaison 301 et une deuxième déliaison 302. Les déliaisons 301 et 302 s'étendent depuis des bords opposés 301b, 302b de l'ébauche fibreuse 310 jusqu'à des fonds de déliaison 301a, 302a, la portion centrale de l'ébauche fibreuse 310 étant sans déliaison. La portion de base 320 présente une première surface 321 et une deuxième surface 322.
- [0067] Chaque portion de base 320 ou de pattes 330 de l'ébauche fibreuse 310 comporte une pluralité de couches de fils de chaîne, les nombres de couches de fils de chaîne dans les portions de base 320 et de pattes 330 étant ici différents.

- [0068] Dans chaque plan de l'ébauche fibreuse 310, des mêmes premiers fils de trame t_{31} , t_{32} , t_{33} , t_{34} lient entre eux des fils de chaîne dans la portion de pattes 330 au-delà de la deuxième déliaison 302 ainsi que des fils de chaîne dans la partie de la portion de base 320 bordant la première déliaison 301. A l'inverse, des mêmes deuxièmes fils de trame t_{35} , t_{36} , t_{37} , t_{38} lient entre eux des fils de chaîne dans la partie de la portion de base 320 bordant la deuxième déliaison 302 et des fils de chaînes dans la portion de pattes 330 en deçà de la première déliaison 301.
- [0069] Ainsi, les trajets des premiers fils de trame t_{31} , t_{32} , t_{33} , t_{34} croisent ceux des deuxièmes fils de trame t_{35} , t_{36} , t_{37} , t_{38} dans une zone de transition 303 située dans la portion centrale de l'ébauche fibreuse 310, entre les fonds 301a et 302a des déliaisons 301 et 302.
- [0070] On note, au niveau de la première surface 321 de la portion de base 320, un tissage avec armure satin de surface représenté par le fil t_{39} assurant une continuité de surface sans traversée de couches de fils de chaîne et sans croisement avec un autre fil de trame.
- [0071] L'ébauche fibreuse 310 du corps 110 de la plateforme 100 est ensuite mise en forme comme illustré sur la [Fig.5] pour obtenir une préforme fibreuse 210 du corps 110 à section sensiblement en forme de π (Pi), en pliant la portion de pattes 330 au niveau des déliaisons 301 et 302 de sorte à former deux sous-portions de pattes 231 et 232.
- [0072] De préférence, la longueur et la largeur de la première surface 321 de la portion de base 320, la longueur des sous-portions de pattes et l'espacement entre les deux sous-portions de pattes correspondent sensiblement respectivement à la longueur et à la largeur de la première surface de la base 120, à la longueur des pattes 130 et à l'espacement entre les deux pattes 130 de la plateforme 100.
- [0073] Le document WO 2013/088040 décrit notamment des exemples de plan d'ébauches fibreuses pouvant être utilisés pour réaliser une préforme fibreuse de corps de plateforme.
- [0074] De préférence, la préforme fibreuse 210 correspond à une texture fibreuse « sèche », c'est-à-dire non imprégnée par une résine ou assimilé. La préforme fibreuse 210 peut comporter une pluralité de fils de diverses natures, en particulier des fils en céramique ou en carbone ou encore un mélange de tels fils. De préférence, la préforme fibreuse 210 peut être réalisée à partir de fibres en carbure de silicium. De manière générale, la préforme fibreuse 210 peut également être réalisées à partir de fibres constituées des matériaux suivants : l'alumine, la mullite, la silice, un aluminosilicate, un borosilicate, du carbone, ou un mélange de plusieurs de ces matériaux.
- [0075] De préférence, les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 et la préforme fibreuse 210 du corps 110 sont réalisées avec un type de fibre identique. De préférence, les préformes fibreuses 251 et 252 des

premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 et la préforme fibreuse 210 du corps 110 sont réalisées avec des fibres présentant des coefficients thermiques d'expansion similaires, afin de limiter les déformations résiduelles et des éventuelles ruptures dans la pièce finale.

- [0076] Les première et deuxième étapes décrites précédemment peuvent être réalisées dans un ordre indifférent, voire simultanément.
- [0077] Selon une troisième étape, les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 et la préforme fibreuse 210 du corps 110 sont disposées dans un moule d'injection comme illustré sur la [Fig.6] ou sur la [Fig.7], de sorte que les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 soient disposées de part et d'autre de la préforme fibreuse 210 du corps 110. Ainsi, les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 sont en particulier disposées en particulier le long des deux bords longitudinaux de la portion de base 320 de la préforme fibreuse 210.
- [0078] Les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 peuvent être disposées directement au contact de la préforme fibreuse 210 du corps 110, comme dans l'exemple illustré sur la [Fig.6]. Les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 peuvent également être disposées à une distance réduite non nulle de la préforme fibreuse 210 du corps 110, de préférence inférieure ou égale à 1 mm, comme dans l'exemple illustré sur la [Fig.7]. Ainsi, la jonction entre les préformes fibreuses des bords sacrificiels 251 et 252 et la préforme du corps 210 sera en résine, non renforcée ou faiblement renforcée. Par conséquent, la jonction entre les bords sacrificiels 151 et 152 et le corps 110 de la plateforme 100 constituera un point faible de ladite plateforme 100, permettant une rupture nette et aisée du bord sacrificiel en cas de pression excessive d'une aube.
- [0079] De préférence, la face de plus grande aire des préformes 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 est disposée dans le moule dans le prolongement de la première surface 321 de la portion de base 320 de la préforme fibreuse 210. De préférence, la face de plus petite aire des préformes 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 est disposée dans le moule en regard voire au contact de la préforme fibreuse 210 du corps 110.
- [0080] La mise en place des préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 par rapport à la préforme fibreuse 210 du corps 110 peut être réalisée à l'aide d'un ou de plusieurs gabarits amovibles, afin d'assurer un positionnement satisfaisant et répétable des préformes 251, 252 et 210 les unes par rapport aux autres.

- [0081] Selon une quatrième étape, la densification par une matrice des préformes fibreuses 251, 252 et 210 disposées dans le moule est réalisée, afin de former une unique pièce comprenant un renfort fibreux constitué par les préformes fibreuses 251 et 252 des premier et deuxième bords latéraux sacrificiels 151 et 152 et par la préforme fibreuse 210 du corps 110.
- [0082] La densification peut être réalisée de manière bien connue par moulage par injection de résine, ou « Resin Transfer Molding » (en abrégé « RTM ») en langue anglaise, ou par moulage par injection d'une suspension, ou « Slurry Transfer Molding » (en abrégé « STM ») en langue anglaise. Comme illustré sur la [Fig.6], les préformes fibreuses 251, 252 et 210 destinées à former le renfort fibreux de la plateforme 100 sont disposées dans une cavité définie par une première partie 61 et une deuxième partie 62 d'un moule 60. La cavité a la forme de la pièce à fabriquer, cette dernière présentant au moins globalement la forme de la plateforme 100 à fabriquer.
- [0083] Les préformes fibreuses 251, 252 et 210 sont disposées dans la cavité conformément à la troisième étape. De manière classique, une barbotine 6 chargée de particules de précurseurs de matrice ou une résine est injectée dans la cavité accueillant les préformes fibreuses 251, 252 et 210, afin de traverser les préformes fibreuses 251, 252 et 210 grâce à l'application d'un gradient de pression P. Le moule 6 dans lequel l'injection de la barbotine 6 est effectuée comprend un filtre 63 au niveau de l'orifice de sortie de la barbotine 6 dans le moule 60, permettant ainsi de retenir les éventuelles particules de précurseur de matrice dans le moule 60 et d'imprégner les préformes fibreuses 251, 252 et 210 au fur et à mesure du dépôt des particules de précurseurs de matrice dans le moule 60 dans le cas d'une barbotine.
- [0084] La densification peut également être réalisée de manière bien connue par injection sous membrane, comme illustré sur la [Fig.7]. Ce mode d'injection permet une maîtrise complète de la quantité de résine ou de barbotine injectée, assurant ainsi un taux volumique de fibres précis et adaptée. Par conséquent, les caractéristiques mécaniques de la pièce ainsi fabriquée sont améliorées, avec une faible variabilité d'une pièce à l'autre.
- [0085] Les préformes fibreuses 251, 252 et 210 destinées à former le renfort fibreux de la plateforme 100 sont disposées dans un moule 70, conformément à la troisième étape. En particulier, les préformes fibreuses 251, 252 et 210 peuvent être disposées directement sur la face inférieure de la chambre d'imprégnation 71. Cette face inférieure de la chambre d'imprégnation 71 peut comprendre un filtre (non représenté sur la [Fig.7]).
- [0086] Le moule 70 comprend d'une part une chambre d'imprégnation 71 dans laquelle sont disposées les préformes fibreuses 251, 252 et 210 afin d'être densifiées par une matrice par l'injection d'un fluide d'imprégnation 8, et d'autre part une chambre de

compaction 72 dans laquelle un fluide de compression 9 est injecté afin d'appliquer une pression sur les préformes 251, 252 et 210 durant leur densification par la matrice. La chambre d'imprégnation 71 et la chambre de compaction 72 sont séparées par une membrane souple 73. La membrane 73 permet d'appliquer la pression sur les préformes fibreuses 251, 252 et 210 installées dans la chambre d'imprégnation 71, le fluide de compression 9 appliquant une pression Q sur la membrane 73 qui se déforme et applique ainsi à son tour une pression sur les préformes fibreuses 251, 252 et 210.

- [0087] De préférence, et comme illustré sur la [Fig.7], la membrane vient épouser les portions de pattes 330 de la préforme fibreuse 210 et la deuxième surface 322 de la portion de base 320, tandis que la première surface 321 de la portion de base 320 repose contre l'une des parois de la chambre d'imprégnation 71, opposée à la membrane 73. Un insert 74 peut être utilisé pour faciliter l'imprégnation de la préforme fibreuse 210 du corps 110 de la plateforme 100.
- [0088] La membrane souple 73 est par exemple réalisée en silicone.
- [0089] Comme représenté sur la [Fig.7], on peut par exemple injecter une résine 8 au travers d'un orifice d'entrée débouchant dans la chambre d'imprégnation 71, et injecter le liquide de compression 9 par un orifice d'entrée débouchant dans la chambre de compaction 72.
- [0090] Selon la taille, l'épaisseur et la forme de la plateforme 100 à fabriquer, on privilégiera une séquence d'injection des fluides de compression et d'imprégnation différente.
- [0091] Par exemple, on peut commencer par injecter le fluide d'imprégnation, par exemple une résine, dans la chambre d'imprégnation où sont disposées les préformes fibreuses. Une fois l'injection du fluide d'imprégnation terminée, on injecte le fluide de compression, par exemple de l'eau, dans la chambre de compaction de sorte à exercer une pression sur la membrane souple. La membrane souple applique ainsi une pression sur les préformes fibreuses, permettant de faire pénétrer le fluide d'imprégnation dans lesdites préformes.
- [0092] Les préformes sont ensuite soumises à un traitement thermique alors que la pression exercée par la membrane est maintenue, afin de former une matrice dans les porosités des préformes fibreuses.
- [0093] Selon un autre exemple, on peut commencer par injecter le fluide de compression dans la chambre de compaction. Ainsi, avant même l'injection du fluide d'imprégnation, on applique déjà par le biais de la membrane souple une pression sur les préformes fibreuses dont la valeur permet d'obtenir le taux volumique de fibre souhaité. On débute ensuite l'injection du fluide d'imprégnation, qui peut être réalisée alors que l'on continue à injecter du fluide de compression afin de compenser les pertes de charges, particulièrement dans le cas où le fluide d'imprégnation est une

barbotine. Une telle séquence d'injection est par exemple décrite dans le document WO 2019/197757 A1.

- [0094] Lorsque la quatrième étape est terminée, on obtient une pièce en matériau composite dont le renfort fibreux est constitué par les préformes fibreuses 251, 252 et 210 des bords sacrificiels et du corps, et dont la forme correspond globalement à la plateforme inter-aubes 100 à fabriquer. Une étape de détourage ou d'usinage léger peut être effectuée sur la pièce réalisée pour obtenir la plateforme inter-aubes 100 à fabriquer. En outre, d'autres éléments peuvent être montés ou soudés sur la pièce réalisée pour obtenir la plateforme inter-aubes 100 à fabriquer, notamment des éléments d'attaches 140 au disque de rotor comme représenté sur la [Fig.1].
- [0095] L'expression « compris(e) entre ... et ... » doit se comprendre comme incluant les bornes.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une plateforme inter-aubes (100) d'une soufflante de turbomachine (1), ladite plateforme (100) comportant un corps (110) comprenant une base (120) et au moins deux pattes (130), la base (120) comprenant une première surface (121) configurée pour délimiter une veine d'écoulement de la soufflante (1) et une deuxième surface (122), opposée à la première surface (121), depuis laquelle s'étendent radialement lesdites au moins deux pattes (130), la plateforme (100) comprenant en outre un premier et un deuxième bords latéraux sacrificiels (151, 152) s'étendant de part et d'autre des première et deuxième surfaces (121, 122) de la base (120), le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :
- la fourniture d'au moins une préforme fibreuse (251) du premier bord sacrificiel (151) et d'au moins une préforme fibreuse (252) du deuxième bord sacrificiel (152),
 - la réalisation d'une préforme fibreuse (210) du corps (110) de la plateforme (100) en une seule pièce par tissage tridimensionnel,
 - la disposition des préformes fibreuses (210, 251, 252) dans un moule (60, 70), les préformes (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) étant disposées de part et d'autre de la portion de la préforme fibreuse (210) du corps (110) destinée à former la base (120) de la plateforme (100),
 - la densification des préformes fibreuses (210, 251, 252) disposées dans le moule (60, 70) par une matrice pour former une unique pièce ayant la forme de la plateforme (100) à fabriquer.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel les préformes fibreuses (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) sont réalisées par tissage tridimensionnel.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1, dans lequel les préformes fibreuses (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) sont réalisées par tressage.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les préformes fibreuses (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) ont une épaisseur inférieure à la portion de la préforme fibreuse (210) du corps (110) destinée à former la base (120).
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel chaque préforme fibreuse (251, 252) d'un premier ou deuxième bord sa-

crificiel (151, 152) a une épaisseur qui augmente régulièrement de l'extrémité latérale de la préforme destinée à être jointe au corps (110) de la plateforme (100) à l'extrémité latérale de la préforme destinée à être libre.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les préformes fibreuses (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) sont disposées dans le moule (60, 70) au contact de la préforme fibreuse (210) du corps (110).

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les préformes fibreuses (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) sont disposées dans le moule (60, 70) à une distance non nulle de la préforme fibreuse (210) du corps (110).

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les préformes fibreuses (220, 251, 252) sont disposées dans une chambre d'imprégnation (71) du moule (70) comprenant une face inférieure, en faisant reposer sur ladite face inférieure les préformes fibreuses (251, 252) des premier et deuxième bords sacrificiels (151, 152) ainsi que la surface (321) de la préforme fibreuse (210) du corps (110) destinée à former la première surface (121) de la base (120), la chambre d'imprégnation (71) étant fermée par une membrane souple (73) séparant la chambre d'imprégnation (71) d'une chambre de compaction (72), la densification des préformes fibreuses (210, 251, 252) comprenant les étapes suivantes :

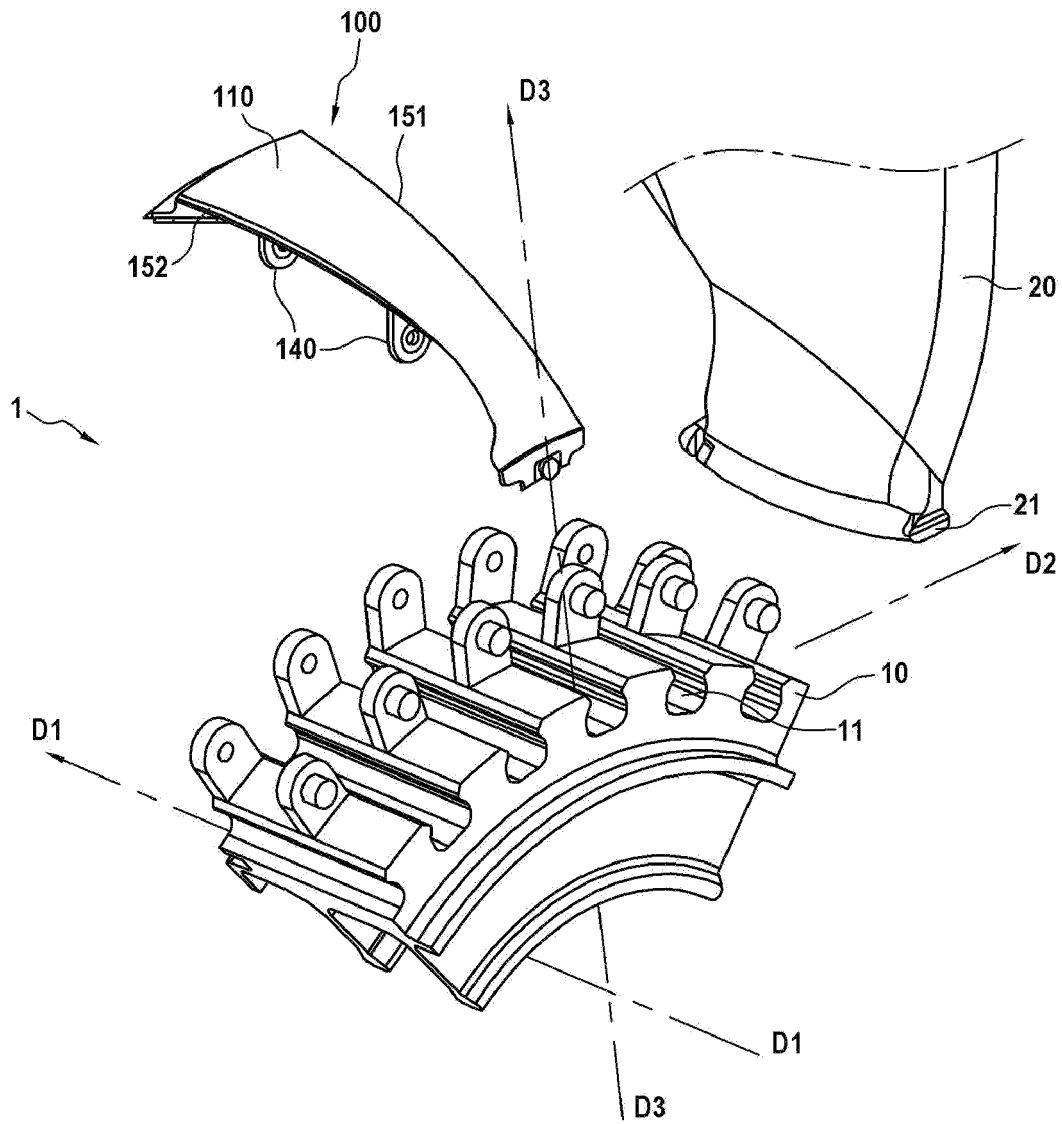
- l'injection d'un fluide d'imprégnation (8) dans la chambre d'imprégnation (71), et

- l'injection d'un fluide de compression (9) dans la chambre de compaction (72) de manière à appliquer une pression (Q) sur la membrane (73).

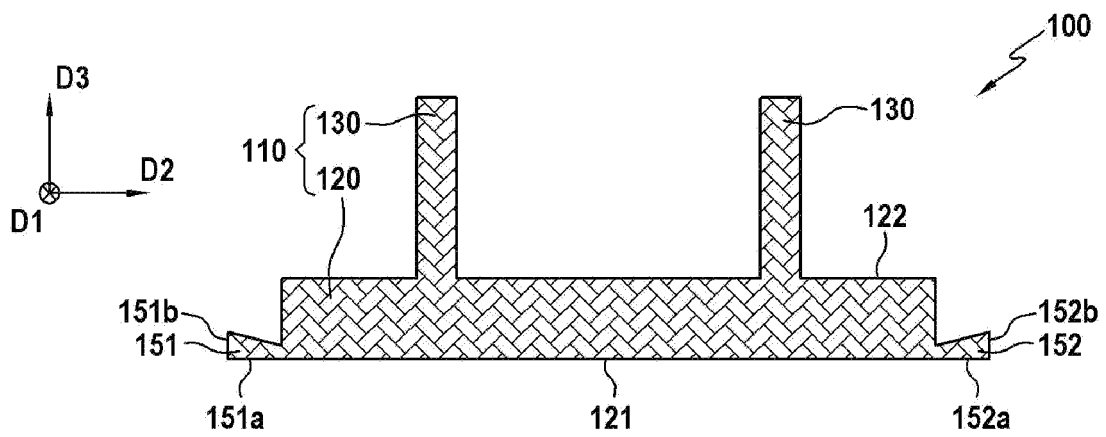
[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel l'injection du fluide d'imprégnation débute avant l'injection du fluide de compression.

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 8, dans lequel l'injection du liquide de compaction débute avant l'injection du fluide d'imprégnation.

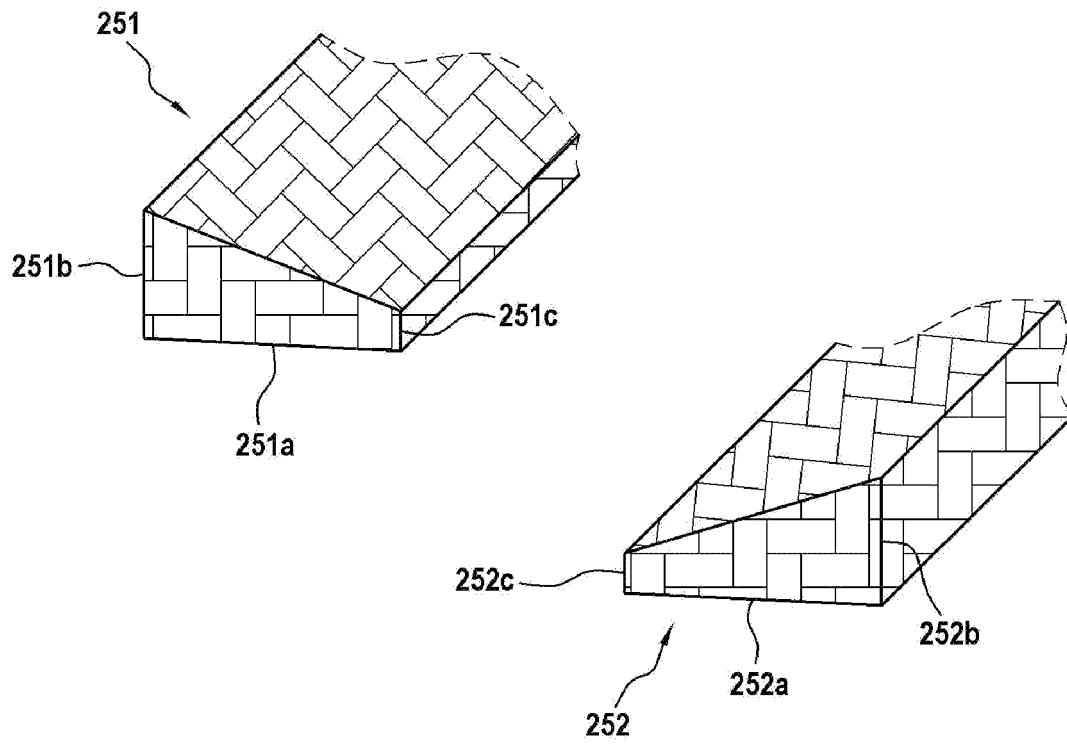
[Fig. 1]



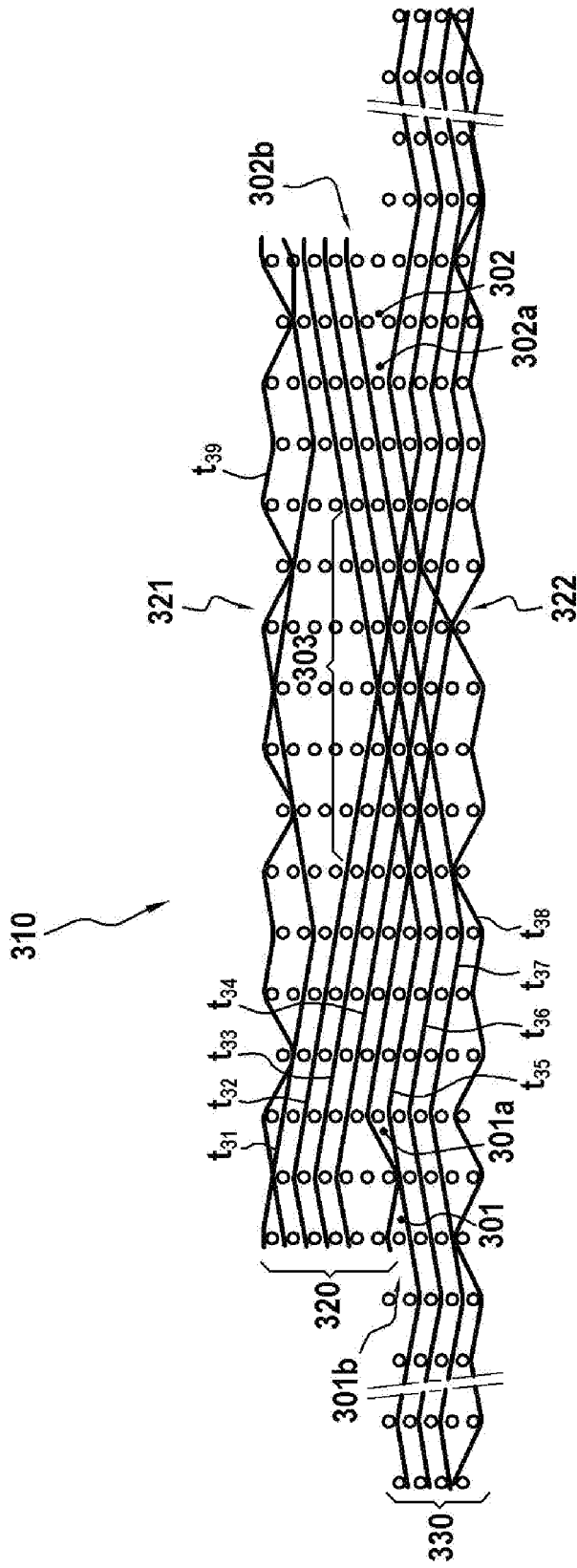
[Fig. 2]



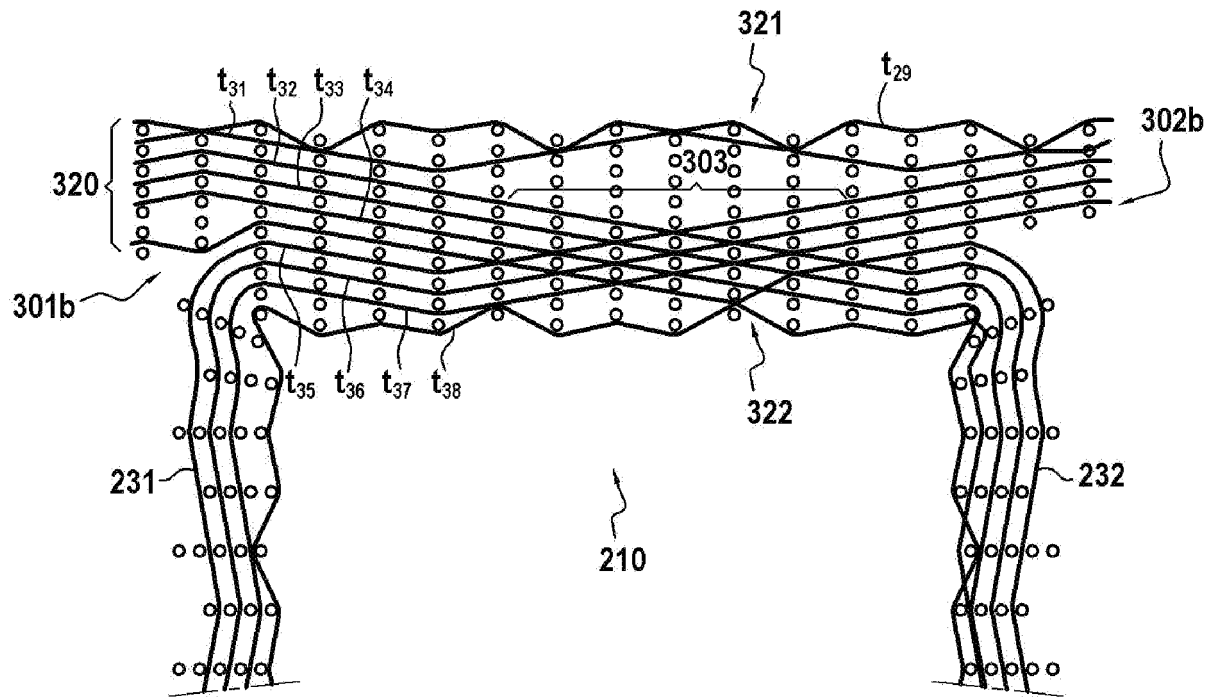
[Fig. 3]



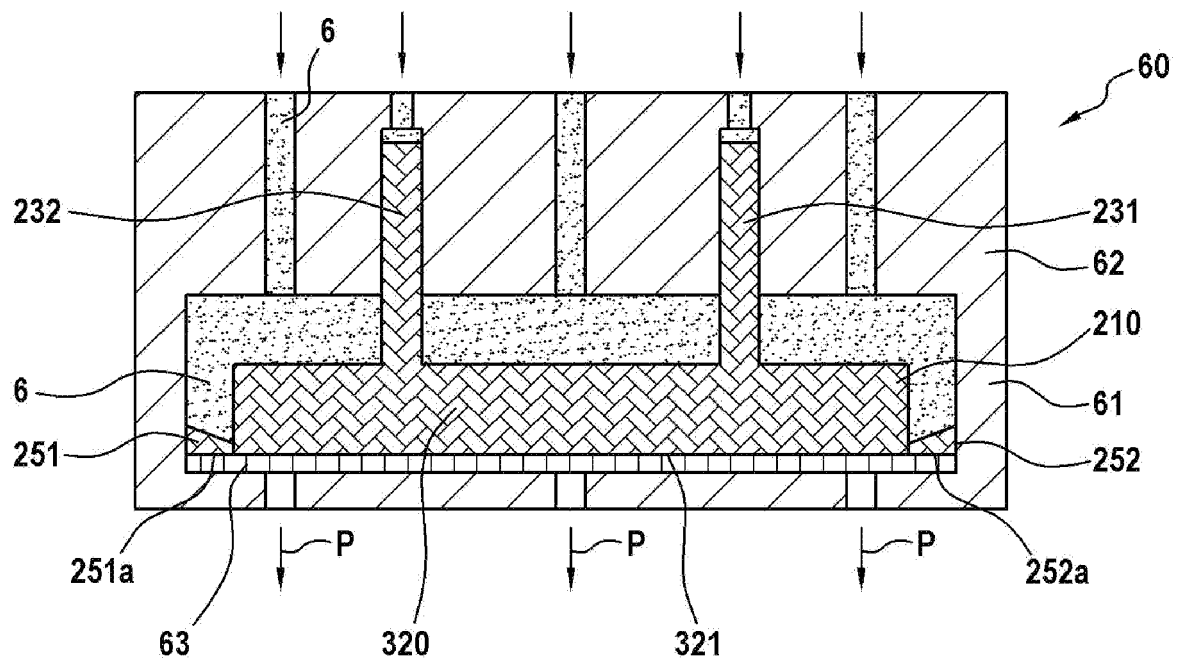
[Fig. 4]



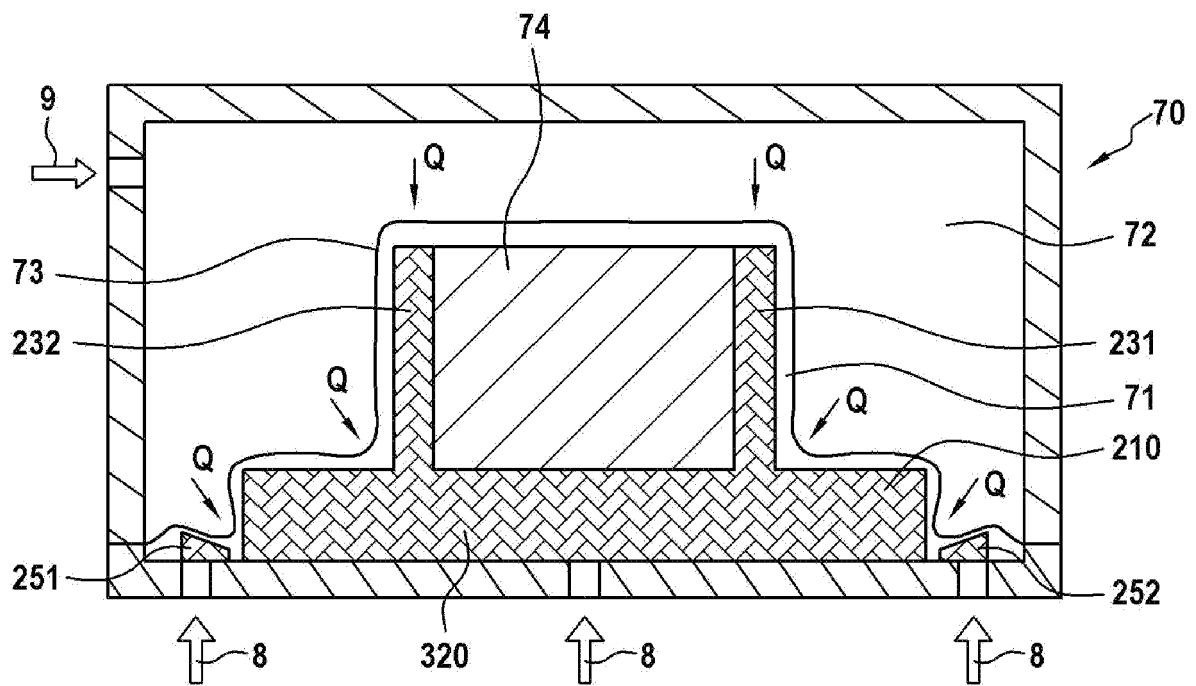
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 904975
FR 2201163

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		
A	FR 3 097 904 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 1 janvier 2021 (2021-01-01) * alinéas [0011], [0034], [0045], [0046]; figures 2a, 3b, 4 * -----	1-10	F01D5/02 F01D5/30
A	US 2009/123708 A1 (DEPASE EDOARDO P [US] ET AL) 14 mai 2009 (2009-05-14) * alinéas [0005], [0023]; figures 2-6 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29L B29C F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 septembre 2022		Bibollet-Ruche, D	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201163 FA 904975**

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 **26-09-2022**
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	
FR 3097904	A1	01-01-2021	CN 114127425 A	01-03-2022
			EP 3990752 A1	04-05-2022
			FR 3097904 A1	01-01-2021
			US 2022228490 A1	21-07-2022
			WO 2020260810 A1	30-12-2020

US 2009123708	A1	14-05-2009	CA 2701813 A1	22-05-2009
			CN 101855052 A	06-10-2010
			EP 2190640 A1	02-06-2010
			ES 2621608 T3	04-07-2017
			PT 2190640 T	02-05-2017
			US 2009123708 A1	14-05-2009
			WO 2009064581 A1	22-05-2009
