

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.08.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.02.25 Bulletin 25/09.

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 CERAMICS Société Ano-
nyme — FR.

72 Inventeur(s) : CARLIN Maxime, François, Roger.

73 Titulaire(s) : SAFRAN CERAMICS Société Anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 Procédé de fabrication d'une pièce de turbomachine en matériau composite.

57 Procédé de fabrication d'une pièce de turbomachine
en matériau composite

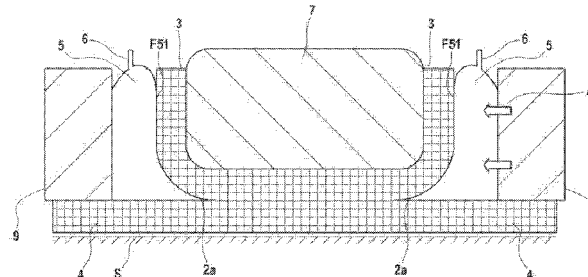
L'invention concerne un procédé de fabrication d'une
pièce de turbomachine en matériau composite,
comprenant :

- la mise en forme d'une ébauche fibreuse obtenue par
tissage tridimensionnel comprenant une ou plusieurs por-
tions fibreuses (3) déployables, comprenant :

le positionnement d'une vessie (5) de conformation en
regard d'une première face de chaque portion fibreuse dé-
ployable, le déploiement de chaque portion fibreuse dé-
ployable par gonflement de la vessie avec maintien d'une
deuxième face de chaque portion fibreuse déployée, oppo-
sée à la première face, contre une première partie (7) de
conformation, chaque portion fibreuse déployée étant main-
tenue en forme entre la première partie de conformation et
la vessie gonflée, et le positionnement d'une deuxième par-
tie (9) de conformation en regard de la première face de
chaque portion fibreuse ainsi maintenue en forme avec dé-
gonflement progressif de la vessie conjointement à l'ap-
proche de la deuxième partie de conformation de sorte à
maintenir chaque portion fibreuse en forme entre les pre-
mière et deuxième parties de conformation, et

- la densification de l'ébauche ainsi mise en forme par

formation d'une matrice dans une porosité de celle-ci.
Figure pour l'abrégé : Fig. 3.



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication d'une pièce de turbomachine en matériau composite

Domaine technique

[0001] Le présent exposé concerne un procédé de fabrication d'une pièce de turbomachine en matériau composite pour lequel la conformation est assistée par l'emploi d'une ou plusieurs vessies gonflables. Un domaine particulier d'application de l'invention est la fabrication de pièces en matériau composite à matrice céramique (« Ceramic Matrix Composite » ; « CMC »), par exemple à matrice de carbure de silicium.

Technique antérieure

[0002] Les matériaux composites à matrice céramique supportent des températures allant de 600°C à 1400°C. De par leur meilleure résistance aux hautes températures, les CMC nécessitent moins de refroidissement. Ce refroidissement étant traditionnellement issu d'un prélèvement dans le compresseur qui impacte le rendement de la turbomachine, les matériaux CMC permettent donc d'améliorer le rendement moteur ce qui réduit la consommation de carburant. Par ailleurs, leur utilisation contribue à optimiser les performances des turbomachines notamment par la baisse de la masse globale de la turbomachine qui contribue encore à une diminution de la consommation de carburant et donc à la réduction significative des émissions polluantes.

[0003] La fabrication de telles pièces peut comprendre l'obtention d'une texture de renfort, notamment par tissage tridimensionnel, laquelle est ensuite mise en forme dans un outillage de conformation afin d'obtenir une préforme de la pièce à obtenir. Cette conformation peut être suivie, de manière connue en soi, d'une étape, dite de consolidation, durant laquelle de la matière est déposée dans une porosité de la texture mise en forme dans l'outillage de conformation à partir d'une phase gazeuse introduite au travers de perforations de l'outillage. L'épaisseur de la matière ainsi déposée est suffisante pour lier les fibres de la préforme entre elles afin qu'elle puisse être manipulée en conservant sa forme sans assistance de l'outillage de conformation. La fabrication de la pièce peut ensuite être poursuivie après démoulage de la préforme consolidée par une pré-densification par voie gazeuse de la porosité résiduelle de la préforme consolidée, puis par une densification par injection de barbotine suivie d'infiltration par du silicium à l'état fondu.

[0004] Le tissage tridimensionnel permet de former des textures en une seule étape de tissage qui sont mises en forme dans le conformateur par déploiement de portions fibreuses formées par une ou plusieurs zones de déliaison du tissu. Cette mise en forme est réalisée manuellement ou assistée par des outillages mécaniques de déploiement

des textures. Néanmoins, la complexité de certaines textures rend le moulage automatique difficilement applicable. Le moulage manuel limite, quant à lui, la cadence de fabrication et la répétabilité des drapages obtenus peut être améliorée.

[0005] Il est souhaitable de répondre aux inconvénients des techniques de mise en forme existantes.

Exposé de l'invention

[0006] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce de turbomachine en matériau composite, comprenant :

- la mise en forme d'une ébauche fibreuse obtenue par tissage tridimensionnel comprenant une ou plusieurs portions fibreuses déployables, comprenant :

- le positionnement d'une vessie de conformation en regard d'une première face de chaque portion fibreuse déployable,
- le déploiement de chaque portion fibreuse déployable par gonflement de la vessie avec maintien d'une deuxième face de chaque portion fibreuse déployée, opposée à la première face, contre une première partie de conformation, chaque portion fibreuse déployée étant maintenue en forme entre la première partie de conformation et la vessie gonflée, et
- le positionnement d'une deuxième partie de conformation en regard de la première face de chaque portion fibreuse ainsi maintenue en forme avec dégonflement progressif de la vessie conjointement à l'approche de la deuxième partie de conformation de sorte à maintenir chaque portion fibreuse en forme entre les première et deuxième parties de conformation, et

- la densification de l'ébauche ainsi mise en forme par formation d'une matrice dans une porosité de celle-ci.

[0007] L'invention propose une solution pour mettre en forme l'ébauche sans manipulation manuelle ce qui permet d'améliorer la répétabilité, et rend possible une automatisation de l'opération de sorte à significativement augmenter la capacité de production.

L'invention permet également de s'affranchir de l'emploi d'éléments de prise du tissu, tels que des systèmes à griffes ou d'aspiration par une ventouse, évitant ainsi tout risque d'endommagement de l'ébauche.

[0008] Dans un exemple de réalisation, la vessie est en matériau fugitif, et elle est éliminée durant un traitement thermique imposé lors de la densification.

[0009] Une telle caractéristique permet avantageusement de simplifier le procédé sans nécessiter d'étape dédiée à l'élimination de la vessie. D'autres solutions sont néanmoins possibles comme cela sera décrit dans la suite.

[0010] L'invention peut trouver une application pour la fabrication de diverses pièces de turbomachine.

- [0011] Ainsi dans un exemple de réalisation, l'ébauche fibreuse est un renfort de secteur d'anneau de turbine comprenant, sur chacun de ses bords latéraux, une portion fibreuse déployable destinée à former un renfort d'une partie d'accrochage du secteur d'anneau et formée par une déliaison du tissu.
- [0012] Selon une variante, l'ébauche fibreuse est un renfort d'aube de turbomachine comprenant des portions fibreuses déployables, formées par une déliaison du tissu, destinées à former un renfort d'une partie fonctionnelle de l'aube, distincte d'une partie structurale. En particulier, les portions fibreuses déployables peuvent être destinées à former l'un au moins d'un renfort d'une plateforme, de becquets ou de talon.
- [0013] Dans un exemple de réalisation, la pièce est en matériau composite à matrice céramique et la matrice est en tout ou partie formée par infiltration chimique en phase vapeur.
- [0014] En particulier, une première partie de la matrice peut être formée par infiltration chimique en phase vapeur, et une deuxième partie de la matrice peut ensuite être formée par infiltration de silicium ou d'un alliage de silicium à l'état fondu.
- [0015] En variante, la pièce est en matériau composite à matrice organique et la densification comprend une introduction d'une résine dans la porosité de l'ébauche mise en forme suivie d'un durcissement de cette résine.

Brève description des dessins

[Fig.1] La [Fig.1] représente, de manière schématique et partielle, une première étape d'un exemple de procédé selon l'invention permettant la fabrication d'un secteur d'anneau de turbine.

[Fig.2] La [Fig.2] représente, de manière schématique et partielle, une deuxième étape du procédé selon l'exemple de la [Fig.1].

[Fig.3] La [Fig.3] représente, de manière schématique et partielle, une troisième étape du procédé selon l'exemple de la [Fig.1].

[Fig.4] La [Fig.4] représente, de manière schématique et partielle, le déploiement de portions fibreuses dans le cadre d'un autre exemple de procédé selon l'invention permettant la fabrication d'une aube de turbomachine.

Description des modes de réalisation

- [0016] L'invention est à présent décrite au moyen de figures, présentes à but descriptif pour illustrer certains modes de réalisation de l'invention et qui ne doivent pas être interprétées comme limitant cette dernière.
- [0017] L'ébauche 1 fibreuse illustrée aux figures 1 à 3 est destinée à former le renfort fibreux d'un secteur d'anneau de turbine. L'ébauche 1 est tout d'abord obtenue par tissage tridimensionnel. 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 comme par exemple un « tissage interlock ». Par « tissage interlock », on entend ici une armure de tissage 3D dont chaque couche de chaîne lie plusieurs couches de trames avec tous les fils de la même colonne de chaîne ayant le même mouvement dans le plan de l'armure. On notera qu'une inversion des rôles entre chaîne et trame est possible, et doit être considérée comme couverte aussi par les revendications.

- [0018] L'ébauche 1 peut être réalisée de façon connue au moyen d'un métier à tisser de type Jacquard sur lequel on a disposé un faisceau de fils de chaînes ou torons en une pluralité de couches, les fils de chaîne étant liés par des couches de fils de trame ou torons également disposés en une pluralité de couches.
- [0019] Les fils ou torons utilisés pour l'ébauche 1 peuvent être constitués de fibres céramiques, par exemple des fibres formées essentiellement de carbure de silicium SiC (désignées ci-après fibres SiC) ou de nitrure de silicium Si₃N₄. On peut notamment utiliser des fils fournis par la société japonaise Nippon Carbon sous la référence « Hi-Nicalon » ou sous la référence « Hi-Nicalon Type-S ». Les fils ou torons utilisés peuvent être également constitués de fibres de carbone.
- [0020] L'ébauche 1 comprend, sur chacun de ses bords latéraux BL, une déliaison 2 qui permet de former une portion fibreuse déployable 3 pouvant être écartée d'une portion de base 4. Chaque déliaison 2 s'étend depuis un fond 2a jusqu'à un bord BL. De façon connue en soi, une déliaison est réalisée entre deux couches de fils de chaîne en ne faisant pas transiter des fils de trame à travers la zone de déliaison pour ne pas lier des fils de couches de chaînes situées de part et d'autre de la déliaison. La portion 3 est ici destinée à former un renfort d'une partie d'accrochage du secteur d'anneau permettant la liaison à un carter de turbine, et la portion 4 est destinée à définir sa base annulaire délimitant la veine d'écoulement de gaz chaud.
- [0021] Une vessie de conformation 5 est glissée à l'intérieur de la déliaison 2, sur chaque bord latéral BL, de sorte à être logée entre les portions 3 et 4. La base 4 est située entre un support S, sur lequel l'ébauche 1 est positionnée, et les vessies 5. Chaque vessie 5 est ici positionnée en regard, voire au contact, d'une première face F1 d'une portion 3. Chaque vessie 5 peut s'étendre entre un fond 2a jusqu'à un bord BL comme illustré. La vessie 5 peut être à l'état totalement dégonflé lorsqu'elle est positionnée en regard de la première face F1. Les vessies 5 sont formées d'un matériau expansible, comme un matériau élastomérique, de sorte à pouvoir être gonflées par apport de fluide au travers de l'embout 6.
- [0022] La [Fig.2] montre le positionnement d'une première partie 7 de conformation sur l'ébauche 1 sur laquelle les portions 3 sont destinées à être mises en forme. L'exemple considéré ici décrit un positionnement des vessies 5 antérieurement au positionnement

de la première partie 7 sur l'ébauche 1 mais l'on ne sort pas du cadre de l'invention lorsque l'inverse est réalisé. L'ébauche 1 est ici présente entre la première partie 7 et le support S. Plus précisément, la première partie 7 est ici superposée à une partie médiane 10 de l'ébauche 1 située entre les deux fonds 2a de déliaison 2. Chaque déliaison 2 s'étend depuis la partie médiane 10 jusqu'à un bord BL. En revanche, la première partie 7 ne recouvre pas les portions 3 avant leur déploiement, dans l'exemple illustré.

[0023] Après positionnement des vessies 5 et de la première partie 7, on procède au déploiement des portions 3. Pour ce faire, chaque vessie 5 est gonflée ce qui produit une modification de leur forme et de leurs dimensions aboutissant au déploiement de chaque portion 3 en l'écartant de la base 4 de sorte à la redresser et à la positionner transversalement, voire sensiblement perpendiculairement, à la partie médiane 10. Il peut être avantageux de guider le gonflement des vessies 5 en positionnant à proximité un élément, ici une deuxième partie 9 de conformation, de sorte à faciliter le déploiement des portions 3 sur la première partie 7. La deuxième partie 9 joue, durant le déploiement, un rôle de butée limitant l'expansion des vessies 5 dans une direction opposée aux portions 3.

[0024] Le gonflement des vessies 5 permet de plaquer une deuxième face F2 de chaque portion 3 déployée, opposée à la première face F1, contre la première partie 7. Ainsi chaque portion 3 déployée est maintenue en forme entre la première partie 7 et la vessie gonflée 5. Plus particulièrement, la deuxième face F2 reprend la forme de la première partie 7 et la première face F1 reprend la forme de la vessie 5 gonflée qui présente, dans cet état, une face F51 de conformation en regard d'une portion 3 associée, comme illustré à la [Fig.2]. Une face F52 de chaque vessie gonflée, opposée à la face F51, vient quant à elle en butée sur la deuxième partie 9 comme évoqué ci-dessus. La personne du métier reconnaîtra que le déploiement des portions 3 peut être réalisé de manière séquentielle (une portion 3 puis l'autre), ou simultanée.

[0025] Une fois les portions 3 déployées, on vient ensuite positionner la deuxième partie 9 en regard de chaque première face F1. La deuxième partie 9 est ainsi approchée de chaque première face F1 selon le mouvement matérialisé par les flèches A à la [Fig.3]. Cette approche résulte en un écrasement progressif de chaque vessie 5 qui se dégonfle alors en évacuant le fluide précédemment introduit au travers de l'embout 6. Le positionnement de la deuxième partie 9 peut conduire à une réduction du volume de la vessie 5 associée d'au moins 50%, par exemple d'au moins 80%. L'approche de la deuxième partie 9 conjointement au dégonflement de la vessie 5 permet de maintenir chaque portion 3 en forme entre les première 7 et deuxième 9 parties. La deuxième partie 9 est approchée jusqu'à enserrer la portion 3 associée entre les parties 7 et 9 et la maintenir ainsi à la forme souhaitée. Chaque deuxième partie 9 est ici positionnée et

déplacée au-dessus d'une base 4 associée. La personne du métier reconnaîtra que l'approche des deuxièmes parties 9 peut être réalisée de manière séquentielle (une partie 9 puis l'autre), ou simultanée.

- [0026] Après positionnement de chacune des deuxièmes parties 9, le montage de l'outillage de conformation peut, si nécessaire, être poursuivi par positionnement d'une ou plusieurs parties de conformation supplémentaires. On obtient ainsi l'ébauche 1 mise en forme dans l'outillage de conformation qui est prête à être densifiée par une matrice, l'introduction du matériau de matrice dans une porosité de l'ébauche 1 mise en forme étant donc initiée après dégonflement de chaque vessie 5.
- [0027] La densification est réalisée par mise en œuvre de techniques connues en soi. Une gamme possible va être décrite ci-dessous à titre d'exemple mais la personne du métier reconnaîtra que d'autres solutions sont possibles tout en restant dans le cadre de l'invention.
- [0028] Une partie au moins de la matrice peut être formée par infiltration chimique en phase vapeur (« Chemical Vapor Infiltration » ; « CVI ») dans une porosité de l'ébauche 1 mise en forme dans l'outillage de conformation. Selon un exemple, on peut former une première phase de matrice de carbure de silicium (SiC) permettant de consolider l'ébauche 1 mise en forme. La consolidation ainsi réalisée densifie incomplètement l'ébauche 1 mise en forme mais est suffisante pour lui permettre de conserver sa forme sans assistance d'un outillage de maintien. L'ébauche mise en forme et consolidée est alors retirée de l'outillage de conformation et la densification poursuivie par formation d'une deuxième phase de matrice, par exemple en carbure de silicium, par infiltration chimique en phase vapeur de sorte à obtenir une préforme de la pièce à obtenir partiellement densifiée. La densification peut se poursuivre par introduction d'une suspension de particules de carbure de silicium, éventuellement additionnées de particules de carbone, dans la porosité résiduelle de la préforme partiellement densifiée, suivie d'une infiltration de silicium ou d'un alliage de silicium à l'état fondu (technique dite de « Melt-Infiltration » ; « MI »). On peut ainsi obtenir une pièce en matériau composite à matrice céramique, par exemple en carbure de silicium comprenant éventuellement une partie de matrice en Si-SiC.
- [0029] Dans l'exemple illustré, le matériau des vessies 5 est apte à être éliminé thermiquement lors du traitement thermique imposé durant l'infiltration chimique en phase vapeur. On notera qu'il ne s'agit là que d'un exemple et que chaque vessie 5 pourrait, en variante, être éliminée avant initiation de la densification par dissolution par un solvant circulant dans l'outillage de conformation. Selon une autre variante, chaque vessie 5 peut être retirée avant initiation de la densification. Ce retrait peut être effectué une fois la course de chaque deuxième partie 9 suffisamment avancée pour garantir le maintien en forme de chaque portion 3 tout en conservant un jeu suffisant pour retirer

chaque vessie 5 à l'extérieur de l'outillage de conformation. Cette dernière variante présente l'avantage d'autoriser une réutilisation ultérieure des vessies 5. Comme évoqué plus haut, chaque vessie 5 a été dégonflée avant initiation de l'introduction du matériau de matrice dans la porosité de l'ébauche mise en forme. Chaque vessie 5 peut être éliminée ou avoir été retirée avant initiation de l'introduction du matériau de matrice.

- [0030] L'exemple qui vient d'être décrit en lien avec les figures 1 à 3 concerne le cas de la fabrication d'un secteur d'anneau de turbine en matériau composite à matrice céramique. L'invention n'est toutefois pas limitée à la fabrication d'un type de pièce de turbomachine en particulier.
- [0031] Ainsi, la [Fig.4] illustre une variante dans laquelle l'ébauche 11 est destinée à former un renfort d'une aube de turbomachine. L'ébauche 11 est obtenue par tissage tridimensionnel, les détails décrits plus haut relativement à cette technique restant applicables. Selon cette variante, deux portions déployables 13 qui peuvent être écartées du reste 14 de l'ébauche 11 sont obtenues par déliaison 12 du tissu. Une vessie 15 est introduite dans chaque déliaison 12 et positionnée en regard d'une première face F11 d'une portion 13. On procède alors au déploiement des portions 13 par gonflement des vessies 15 de manière similaire à ce qui a été décrit plus haut. Une deuxième face F12 des portions 13, opposée à la première face F11, vient alors se plaquer contre une première partie 17 de conformation pour former un renfort de plateforme inférieure. La suite de la fabrication est réalisée de manière similaire à ce qui a été décrit plus haut en approchant une ou plusieurs deuxièmes parties de conformation (non illustrées) conjointement au dégonflement progressif des vessies 15. La densification est ensuite réalisée de manière connue en soi afin d'obtenir l'aube de turbomachine.
- [0032] On vient de décrire des exemples de fabrication d'une pièce en matériau composite à matrice céramique mais la personne du métier reconnaîtra que l'invention est également applicable à la fabrication de pièces en matériau composite à matrice organique. Dans ce cas, la densification est réalisée par introduction d'une résine dans la porosité de l'ébauche mise en forme, suivie d'une solidification de la résine par réticulation (cas d'une résine thermodurcissable) ou refroidissement (cas d'une résine thermoplastique) afin de former la matrice organique.
- [0033] Dans les exemples décrits plus haut les vessies sont introduites à l'intérieur d'une déliaison mais l'invention s'applique également si le tissu ne présente pas de déliaison tant qu'il présente au moins une portion déployable.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une pièce de turbomachine en matériau composite, comprenant :
- la mise en forme d'une ébauche fibreuse (1 ; 11) obtenue par tissage tridimensionnel comprenant une ou plusieurs portions fibreuses (3 ; 13) déployables, comprenant :
 - le positionnement d'une vessie (5 ; 15) de conformation en regard d'une première face (F1 ; F11) de chaque portion fibreuse déployable,
 - le déploiement de chaque portion fibreuse déployable par gonflement de la vessie avec maintien d'une deuxième face (F2 ; F12) de chaque portion fibreuse déployée, opposée à la première face, contre une première partie (7 ; 17) de conformation, chaque portion fibreuse déployée étant maintenue en forme entre la première partie de conformation et la vessie gonflée, et
 - le positionnement d'une deuxième partie (9) de conformation en regard de la première face de chaque portion fibreuse ainsi maintenue en forme avec dégonflement progressif de la vessie conjointement à l'approche de la deuxième partie de conformation de sorte à maintenir chaque portion fibreuse en forme entre les première et deuxième parties de conformation, et
 - la densification de l'ébauche ainsi mise en forme par formation d'une matrice dans une porosité de celle-ci.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la vessie (5 ; 15) est en matériau fugitif, et dans lequel elle est éliminée durant un traitement thermique imposé lors de la densification.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'ébauche fibreuse (1) est un renfort de secteur d'anneau de turbine comprenant, sur chacun de ses bords latéraux (BL), une portion fibreuse (3) déployable destinée à former un renfort d'une partie d'accrochage du secteur d'anneau et formée par une déliaison du tissu.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel l'ébauche fibreuse (11) est un renfort d'aube de turbomachine

comprenant des portions fibreuses déployables, formées par une déliaison du tissu, destinées à former un renfort d'une partie fonctionnelle de l'aube, distincte d'une partie structurale.

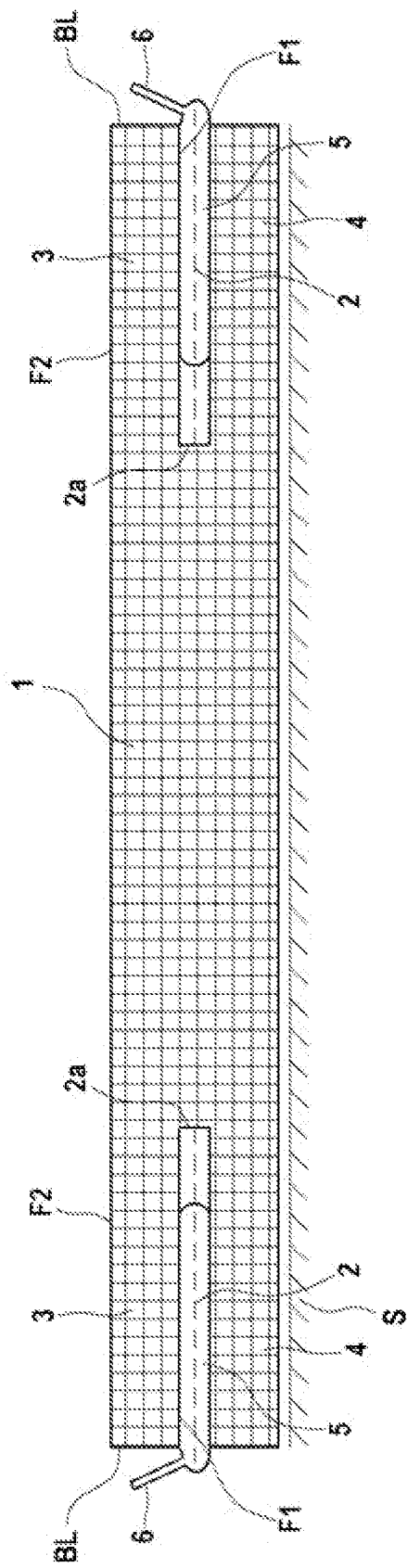
[Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel les portions fibreuses (13) déployables sont destinées à former l'un au moins d'un renfort d'une plateforme, de becquets ou de talon.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la pièce est en matériau composite à matrice céramique et la matrice est en tout ou partie formée par infiltration chimique en phase vapeur.

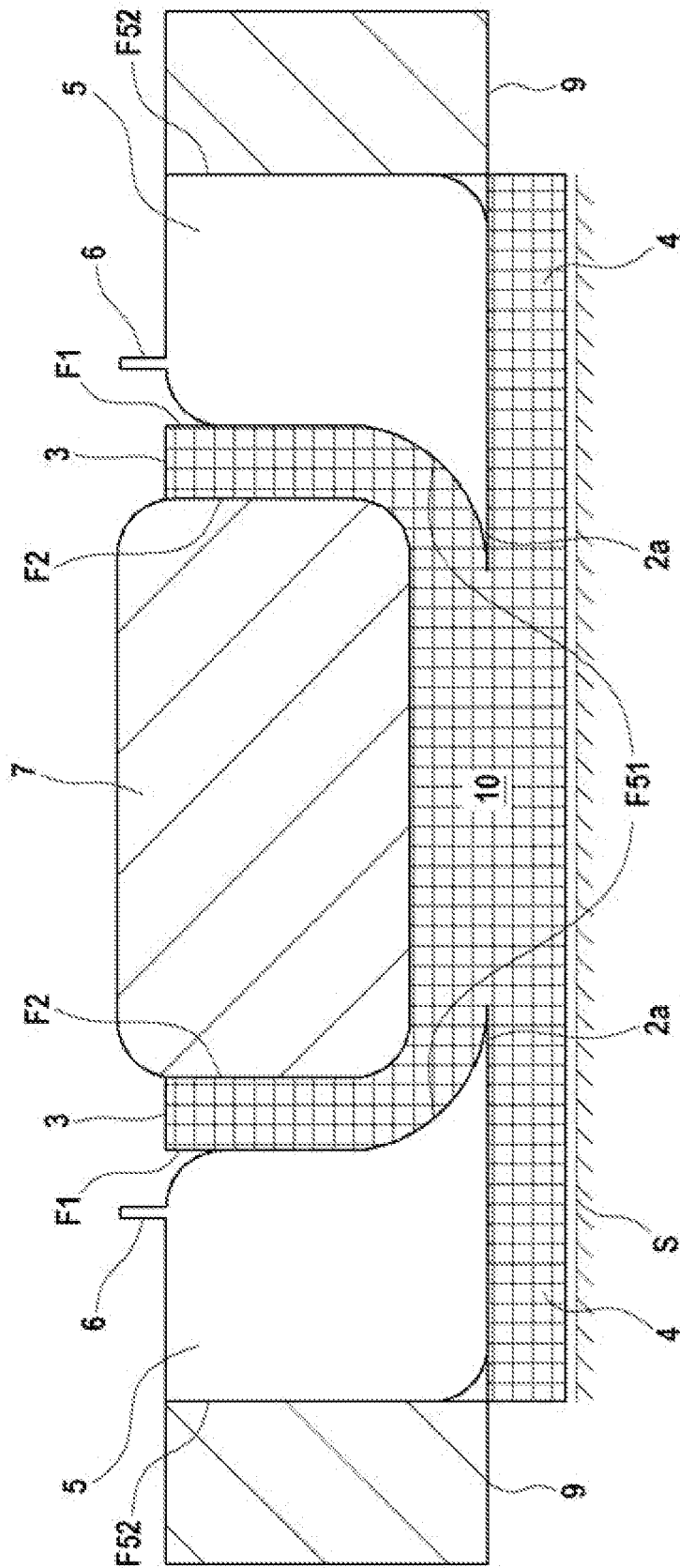
[Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel une première partie de la matrice est formée par infiltration chimique en phase vapeur, et dans lequel une deuxième partie de la matrice est ensuite formée par infiltration de silicium ou d'un alliage de silicium à l'état fondu.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la pièce est en matériau composite à matrice organique et la densification comprend une introduction d'une résine dans la porosité de l'ébauche mise en forme suivie d'un durcissement de cette résine.

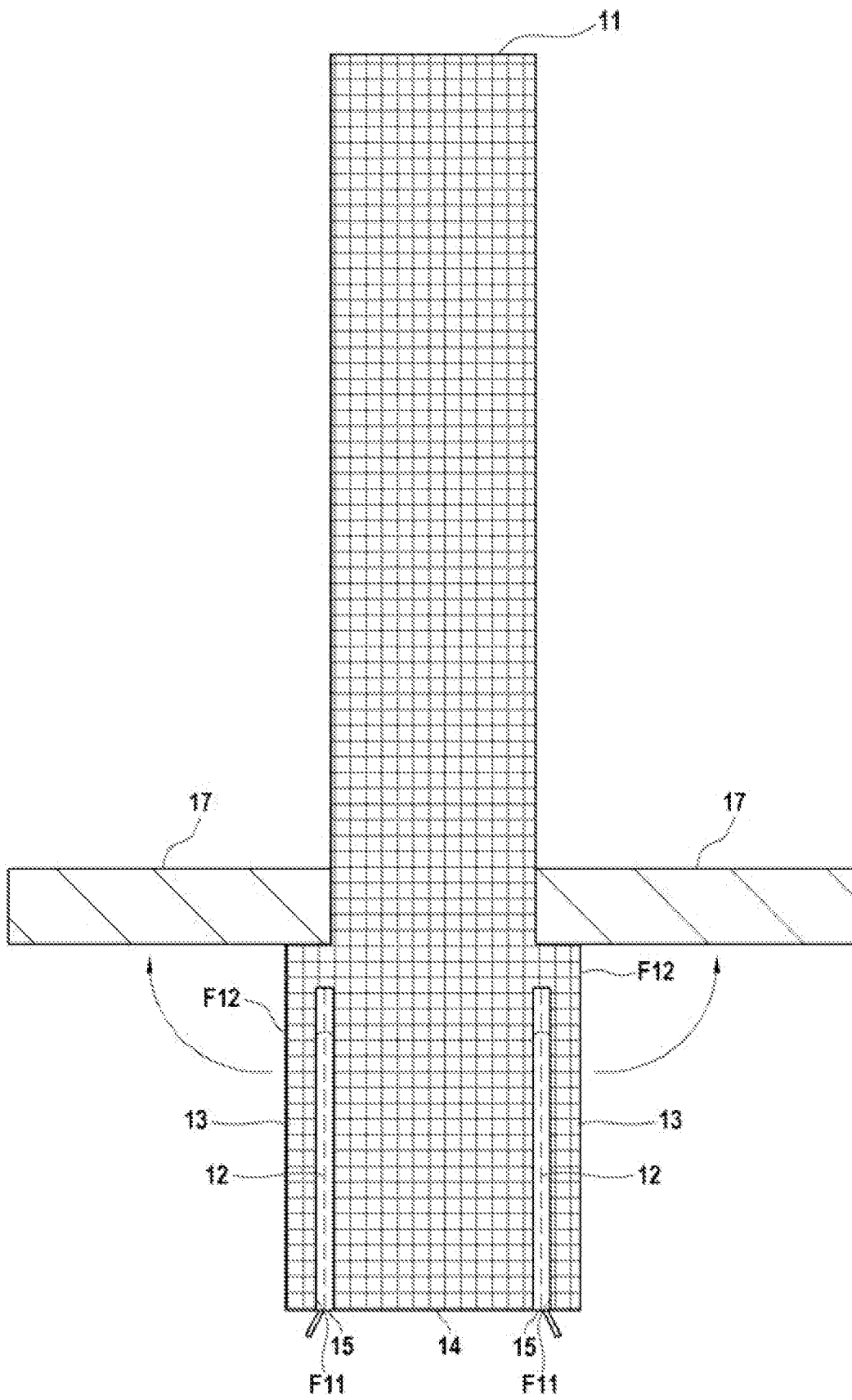
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 922347
FR 2308897

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		
Y	FR 3 106 519 A1 (SAFRAN [FR]) 30 juillet 2021 (2021-07-30) * revendications 1, 7, 8 * * alinéas [0003], [0067], [0071] - [0073] * * figure 8 *	1, 3-8	B29B 11/00 B29C 70/54 C04B 35/80 F01D 5/03 F01D 5/14 C04B 35/84
A	WO 2022/195197 A1 (SAFRAN CERAM [FR]) 22 septembre 2022 (2022-09-22) * alinéas [0006], [0010] - [0011], [0041], [0059] * * figure 2 * * revendication 6 *	1-8	
Y	US 5 194 212 A (BONNETT ROY E [US]) 16 mars 1993 (1993-03-16) * revendication 1 * * figures 1-4 *	1, 3-8	
A	US 2022/363605 A1 (CRUTCHFIELD JEFFREY [US] ET AL) 17 novembre 2022 (2022-11-17) * alinéas [0012], [0020], [0021], [0042] * * figures 1, 3 *	2-5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01D B29C B29B C04B B28B
A	WO 00/62993 A1 (AEROSPATIALE MATRA [FR]; ANDRE JOEL [FR]) 26 octobre 2000 (2000-10-26) * revendications 1, 5, 9 * * figure 5 *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 février 2024		Buffet, Noemie	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2308897 FA 922347**

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 **21-02-2024**
 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
FR 3106519	A1	30-07-2021	CN 115003482 A	02-09-2022
			EP 4096890 A1	07-12-2022
			FR 3106519 A1	30-07-2021
			US 2023093651 A1	23-03-2023
			WO 2021152233 A1	05-08-2021

WO 2022195197	A1	22-09-2022	FR 3120811 A1	23-09-2022
			WO 2022195197 A1	22-09-2022

US 5194212	A	16-03-1993	AUCUN	

US 2022363605	A1	17-11-2022	AUCUN	

WO 0062993	A1	26-10-2000	AT E270176 T1	15-07-2004
			AU 762344 B2	26-06-2003
			CA 2366937 A1	26-10-2000
			DE 60011883 T2	21-07-2005
			EP 1171272 A1	16-01-2002
			ES 2222202 T3	01-02-2005
			FR 2792246 A1	20-10-2000
			US 6796784 B1	28-09-2004
			WO 0062993 A1	26-10-2000
