(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 155 458***

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 12562**

(51) Int Cl[8] : ***B 29 C 70/24*** *(2024.01), B 29 C 70/48, 70/54, F 01 D 5/14, 5/28*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 16.11.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 23.05.25 Bulletin 25/21.

(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 (SAS)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BAZOT Olivier et LAUWICK Lucas Antoine Christophe.

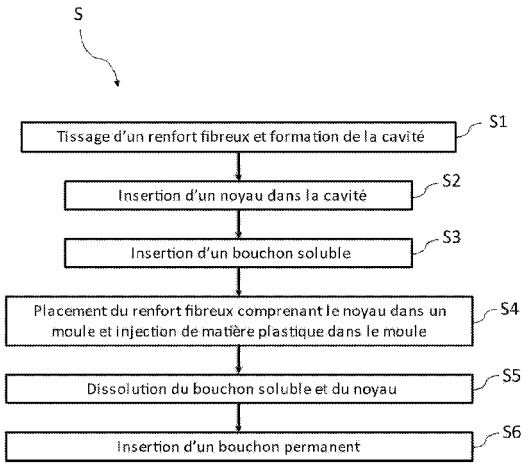
(73) **Titulaire(s) :** Safran Aircraft Engines Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** REGIMBEAU.

(54) Bouchons solubles pour création de cavité borgne dans un aubage composite.

(57) La présente invention concerne un procédé de fabrication (S) d'une aube (7) comprenant les étapes suivantes : - S1 : tissage tridimensionnel d'un renfort fibreux (20) de sorte à former une première peau (21) et une deuxième peau (21) délimitant entre elles une cavité (23) ; - S2 : insertion d'un noyau (40) dans la cavité (23) ; - S3 : insertion d'un premier bouchon (31) débouchant dans la cavité (23) de sorte à venir en contact avec le noyau (40) ; - S4 : placement du renfort fibreux (20) comprenant le noyau (40) et le premier bouchon (31) dans un moule et injection de matrice ; - S5 : dissolution du premier bouchon (31) et du noyau (40), de sorte à former un passage traversant (33) et un logement (41) ; et - S6 : insertion d'un deuxième bouchon (32) dans le passage traversant (33).

Figure pour l'abrégé : Fig. 3



FR 3 155 458 - A1

Description

Titre de l'invention : Bouchons solubles pour création de cavité borgne dans un aubage composite

Domaine technique

[0001] Le présent exposé concerne le domaine général des systèmes propulsifs, et plus particulièrement des aubes d'un système propulsif pouvant comprendre une structure en matériau composite.

[0002] Le présent exposé concerne plus particulièrement, mais non exclusivement, une aube destinée à être utilisée dans un rotor ou un stator de soufflante d'un moteur d'aéronef, la soufflante pouvant être carénée ou non-carénée.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0003] La conception des aubes de soufflante nécessite de prendre en compte des contraintes antagonistes.

[0004] D'un côté, le dimensionnement de ces aubes doit permettre des performances aérodynamiques optimales (maximiser le rendement et fournir la poussée tout en minimisant les pertes). L'amélioration des performances aérodynamiques de la soufflante tendant vers une augmentation du taux de dilution (ou BPR, acronyme anglais de bypass ratio) implique une augmentation du diamètre externe et donc de l'envergure de ces aubes.

[0005] D'un autre côté, il est également nécessaire de garantir une résistance aux contraintes mécaniques pouvant s'exercer sur ces aubes tout en limitant leur signature acoustique.

[0006] L'intérêt des moteurs à soufflante (ou hélice) non-carénée est que le diamètre de la soufflante n'est pas limité par la présence d'un carénage, de sorte qu'il est possible de concevoir un moteur présentant un fort taux de dilution, et par conséquent une consommation réduite de carburant.

[0007] Ainsi, dans ce type de moteur, les aubes de la soufflante peuvent présenter une grande envergure.

[0008] Il a été proposé de réaliser ces aubes en matériau métallique. Si les aubes en matériau métallique ont une bonne résistance mécanique, elles présentent toutefois l'inconvénient d'avoir une masse relativement importante.

[0009] Afin de réduire cette masse, il est souhaitable de pouvoir fabriquer ces aubes en matériau composite. A cet effet, le matériau composite des aubes de soufflante comprend généralement un renfort fibreux réalisé par tissage tridimensionnel densifié par une matrice polymère. Le cas échéant, les aubes peuvent comprendre des peaux réalisées en matériau composite et définissant la structure à profil aérodynamique de l'aube, et un ensemble de raidisseurs logées dans une cavité délimitée par les peaux.

[0010] Il ressort toutefois que le procédé de fabrication actuel contraint les raidisseurs,

prévus pour assurer la liaison des peaux, à des géométries qui n'offrent pas un comportement mécanique satisfaisant. Les aubes sont donc susceptibles de s'endommager lors du fonctionnement du moteur sous l'effet des chargements répétés en statique et/ou en dynamique. De tels endommagements ont cependant pour conséquence de modifier la réponse vibratoire de l'aube et donc de réduire sa durée de vie et de remettre en cause sa certification.

EXPOSE

[0011] Un but de l'invention est de remédier aux inconvénients précités, en proposant un procédé de fabrication d'une aube en matériau composite, notamment une aube mobile de soufflante ou une aube fixe de guidage (stator) externe, qui soit simple à réaliser tout en limitant de manière efficace la déformation du profil de l'aube en fonctionnement.

[0012] Il est à cet effet proposé, selon un premier aspect de l'invention, un procédé de fabrication d'une aube comprenant les étapes suivantes :

- S1 : tissage tridimensionnel d'un renfort fibreux de sorte à former une première peau et une deuxième peau en vis-à-vis, la première peau et la deuxième peau présentant chacune une face interne délimitant entre elles une cavité, le renfort fibreux comprenant une pluralité de torons ;
- S2 : insertion d'un noyau dans la cavité ;
- S3 : insertion d'un premier bouchon entre les torons, le premier bouchon débouchant dans la cavité de sorte à venir en contact avec le noyau ;
- S4 : placement du renfort fibreux comprenant le noyau et le premier bouchon dans un moule et injection d'une matrice dans le moule de manière à noyer le renfort fibreux dans la matrice ;
- S5 : dissolution du premier bouchon et du noyau, de sorte à former un passage traversant dans le renfort fibreux à l'emplacement du premier bouchon et un logement à l'emplacement du noyau, le passage traversant débouchant sur le logement ; et
- S6 : insertion d'un deuxième bouchon dans le passage traversant.

[0013] Le procédé selon l'invention est avantageusement complété par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en l'une de leur combinaison techniquement possible :

[0014] - au moins deux noyaux sont insérés dans la cavité à l'étape S3, les noyaux étant distants de sorte à délimiter un espace, l'espace s'étendant d'une limite de bord d'attaque de la cavité qui est adjacente à un bord d'attaque de l'aube à une limite de bord de fuite qui est adjacente à un bord de fuite de l'aube,

[0015] - il y a au moins autant de premiers bouchons que de noyaux,

[0016] - l'étape S2 comprend en outre l'insertion d'un barreau fibreux dans l'espace entre les deux noyaux, le barreau fibreux s'étendant de la limite de bord d'attaque à la limite de bord de fuite et étant noyé à l'étape S4 dans la matrice de sorte à former un

raidisseur,

[0017] - le noyau comprend deux portions de noyau s'étendant successivement entre une limite de bord d'attaque de la cavité qui est adjacente à un bord d'attaque de l'aube et une limite de bord de fuite de la cavité qui est adjacente à un bord de fuite de l'aube, les portions de noyau étant distants les uns des autres de sorte à délimiter des espaces supplémentaires, chaque espace supplémentaire étant configuré pour être noyé dans la matrice lors de l'étape S5,

[0018] - l'étape S2 comprend en outre l'insertion d'un barreau fibreux supplémentaire dans chaque espace supplémentaire, chaque barreau fibreux supplémentaire étant noyé à l'étape S4 dans la matrice de sorte à former des raidisseurs supplémentaires,

[0019] - le premier bouchon est allongé.

[0020] L'invention concerne également une aube comprenant un renfort fibreux tridimensionnel densifié par une matrice, le renfort fibreux comprenant une première peau et une deuxième peau en vis-à-vis, la première peau et la deuxième peau présentant chacune une face interne et le renfort fibreux comprenant une pluralité de torons ;

l'aube étant caractérisée en ce que :

- les faces internes de la première peau et de la deuxième peau délimitent un logement interne ;
- les faces internes de la première peau et de la deuxième peau sont reliées par la matrice entre le logement et un pied de l'aube ;
- un passage traversant débouche dans le logement ; et
- un deuxième bouchon est inséré dans le passage traversant.

[0021] L'aube selon l'invention est avantageusement complétée par un logement interne supplémentaire entre le logement et le pied de l'aube, le logement interne supplémentaire étant séparé du logement par un barreau fibreux formant un raidisseur, le barreau fibreux s'étendant d'une limite de bord d'attaque du logement qui est adjacente à un bord d'attaque de l'aube à une limite de bord de fuite du logement qui est adjacente à un bord de fuite de l'aube,

[0022] Enfin, l'invention concerne une soufflante comprenant un aubage rotorique ou statorique comportant une aube comme ci-dessus et un système propulsif comprenant une telle soufflante et un carter, les aubes étant montées sur un moyeu de soufflante et configurées pour être mobiles en rotation autour d'un axe de la soufflante, ou fixées sur le carter du système propulsif.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0023] D'autres caractéristiques, buts et avantages ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0024] la [Fig.1] représente de manière schématique un exemple de moteur incluant une soufflante non-carénée dans lequel peut être mis en œuvre une aube en matériau composite ;

[0025] la [Fig.2] illustre un exemple d'aéronef comprenant des moteurs conformes à un mode de réalisation ;

[0026] la [Fig.3] est un organigramme illustrant des étapes d'un exemple de procédé de fabrication d'une aube ;

[0027] la [Fig.4] est une vue en coupe d'une aube conforme à un premier mode de réalisation, dans un plan comprenant la corde de l'aube en pied d'aube et l'axe d'extension de l'aube ;

[0028] la [Fig.5] est une vue en coupe de l'aube de la [Fig.4] dans un plan normal à l'axe d'extension de l'aube ;

[0029] la [Fig.6] est une succession de vues en coupe d'une aube suivant les étapes d'un exemple de procédé de fabrication, dans un plan comprenant la corde de l'aube en pied d'aube et l'axe d'extension de l'aube ;

[0030] la [Fig.7] est une succession de vues en coupe d'une aube de la [Fig.6] dans un plan normal à l'axe du moteur ;

[0031] la [Fig.8] est un schéma d'un bouchon inséré dans un exemple de tissage selon un mode de réalisation ; et

[0032] la [Fig.9] est schéma d'un bouchon inséré dans un exemple de tissage selon un autre mode de réalisation.

[0033] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0034] Dans ce qui suit, le présent exposé portera plus particulièrement sur une aube **7** d'un aubage de soufflante, l'aubage de soufflante pouvant comprendre un rotor ou un stator, afin de simplifier la description. Ceci n'est cependant pas limitatif, l'exposé s'appliquant à toute aube, rotor ou stator, d'un système propulsif **1**, notamment pour un aéronef **100**, présentant une envergure suffisante pour comprendre deux peaux réalisées dans un matériau composite et délimitant une cavité interne **23**. L'aube **7** peut notamment être mise en œuvre dans un aubage qui présente un diamètre supérieur ou égal à 150 cm, de préférence supérieur ou égal à 200 cm, par exemple inférieur ou égal à 400 cm. L'aube **7** présente ainsi de préférence une hauteur, ou étendue radiale, supérieure ou égale à 50 cm, de préférence supérieur ou égal à 70 cm, par exemple de l'ordre de 80 cm à 100 cm, en étant par exemple inférieur ou égal à 160 cm. L'exposé peut ainsi s'appliquer à un aubage de soufflante d'un moteur de type « Open Rotor » (comprenant deux rotors de soufflante contrarotatifs **4** et **5** et une nacelle **3**), aux aubes mobiles et/ou fixes d'un moteur type USF (pour « Unducted Single Fan » en anglais,

qui comprend un unique rotor de soufflante), aux aubes mobiles et/ou fixes d'un moteur type turbomachine (comprenant un rotor de soufflante caréné et un aubage type OGV) ou encore aux aubes mobiles d'un turbopropulseur (comprenant un unique rotor de soufflante, ou hélice).

[0035] Dans la présente demande, on appelle axe X, l'axe de rotation du rotor de la soufflante **3**. La direction axiale correspond à la direction de l'axe X et une direction radiale est une direction perpendiculaire à cet axe X et passant par lui. Chaque aube **7** s'étend suivant un axe Y respectif, qui peut correspondre à son axe de calage lorsque l'aube **7** est montée rotative par rapport à un moyeu **6** de la soufflante (cas d'une soufflante à calage variable). Cet axe Y s'étend suivant une direction globalement radiale par rapport à l'axe X. Enfin, interne (respectivement, intérieur) et externe (respectivement, extérieur) sont utilisés en référence à une direction radiale de sorte que la partie ou la face interne d'un élément est plus proche de l'axe X que la partie ou la face externe du même élément.

[0036] L'aube **7** sera ainsi définie par rapport à l'axe X du rotor sur lequel elle est destinée à être montée et son axe Y d'extension.

[0037] Le terme « soufflante » sera par ailleurs utilisé dans la suite de la description, bien que l'invention s'applique mutatis mutandis à une hélice.

[0038] Sur la [Fig.1], le rotor de soufflante comprend un moyeu **6** (ou moyeu d'aubage) monté rotatif par rapport à un carter du moteur et une pluralité d'aubes **7** fixées au moyeu **6**. Les aubes **7** s'étendent sensiblement radialement par rapport à l'axe de rotation X du rotor.

[0039] L'aube **7** de soufflante comprend un pied **8** d'aube configuré pour être inséré dans le moyeu **6**, une pale **12** propre à être disposée dans un flux et une échasse correspondant à la zone de l'aube **7** qui s'étend entre la sortie du moyeu **6** (au niveau des portées) et la pale **12**. La pale **12** présente un intrados, un extrados, un bord d'attaque **10**, un bord de fuite **11** et un sommet **9**. De manière connue en soi, le bord d'attaque **10** est configuré pour s'étendre en regard de l'écoulement des gaz entrant dans le moteur **1**. Il correspond à la partie antérieure ou amont d'un profil aérodynamique qui fait face au flux d'air et qui divise l'écoulement d'air en un écoulement d'intrados et en un écoulement extrados. Le bord de fuite **11** quant à lui correspond à la partie postérieure ou aval du profil aérodynamique, où se rejoignent les écoulements intrados et extrados. La corde correspond au segment reliant le bord d'attaque **10** au bord de fuite **11** de l'aube **7**. En particulier, on appelle corde en pied une corde mesurée au pied **8** de l'aube **7** et corde en tête une corde mesurée à proximité du sommet **9** de l'aube **7**.

[0040] L'aube **7** comprend un renfort fibreux **20** et une matrice dans laquelle est noyé le renfort fibreux **20**. Le renfort fibreux **20** comprend une partie de pale destinée à former la pale **12** à profil aérodynamique, une zone de pied et une zone d'échasse destinées à

former le pied **8** et l'échasse de l'aube **7**, respectivement.

[0041] Le renfort fibreux **20** peut être formé en une seule pièce et obtenu par tissage tridimensionnel ou multicouche avec épaisseur évolutive. Il peut notamment comprendre des fibres en carbone, en verre, aramide. La matrice, dite également matrice d'imprégnation qui enrobe des torons **200** du renfort fibreux **20** quant à elle est typiquement une matière plastique, typiquement un polymère, par exemple époxyde, bismaléimide ou polyimide.

[0042] La partie de pale **12** comprend deux peaux **21**. Le renfort fibreux **20** est tissé de telle sorte qu'elle comprend les torons **200** de chaine qui s'étendent continument à la fois à l'intérieur de la partie de pale **12** à profil aérodynamique et à l'intérieur de la zone du pied **8** de l'aube **7**. Le renfort fibreux **20** peut être réalisé par tissage sur un métier à tisser de type jacquard. Lors du tissage, des faisceaux de torons **200** de chaine sont disposés en plusieurs couches. Des torons **200** de trame sont entrelacés avec les torons **200** de chaine de manière à lier les différentes couches de torons **200** de chaines entre elles. Le tissage tridimensionnel peut être un tissage à armure « interlock ». Par « interlock », on désigne une armure de tissage dans laquelle chaque couche de torons **200** de trame lie plusieurs couches de torons **200** de chaine avec tous les torons **200** d'une même colonne de trame ayant le même mouvement dans le plan de l'armure. D'autres types de tissages tridimensionnels connus peuvent être utilisés, comme notamment ceux décrits dans le document WO 2006/136755.

[0043] Au sein du renfort fibreux **20**, les torons de chaine et les torons de trame s'étendent respectivement suivant une première direction (ou direction chaîne, qui peut correspondre sensiblement à l'axe Y de l'aube **7**) et une deuxième direction (ou direction trame, correspondant sensiblement à la direction d'extension de la corde de l'aube **7**).

[0044] Dans la présente demande, par toron **200** on comprendra tout type de fil(s) formant notamment le renfort fibreux **20**.

[0045] De préférence, chaque peau **21** comprend au moins deux couches de torons **200** sur toute la hauteur de la pale **12**, par exemple quatre couches.

[0046] Chaque peau **21** comprend une face interne **22**, orientée vers l'intérieur de l'aube **7**, et une face externe **71** formant respectivement l'intrados et l'extrados de l'aube **7**. Les faces internes **22** délimitent entre elles une cavité **23** de l'aube **7**, qui s'étend globalement de l'échasse au sommet **9** de l'aube **7** entre l'intrados et l'extrados de l'aube **7**. Les peaux **21** comprenant au moins deux couches de torons **200** de trame, la cavité **23** de l'aube **7** s'étend à distance du bord de fuite **11** et du sommet **9**, ces zones étant de plus faible épaisseur que le reste de la pale **12** et ne permettant donc généralement pas la formation d'une cavité **23** entre les deux peaux **21**.

[0047] La cavité **23** peut être obtenue en réalisant une déliaison dans le renfort fibreux, c'est-à-dire en ne reliant pas les torons **200** de chaîne de plusieurs couches de chaîne

successives. Les faces internes **22** des peaux **21** sont donc directement reliées entre elles au niveau d'une jonction **24** qui délimite la cavité **23**. La cavité **23** ne débouche donc ni dans le bord d'attaque **10**, ni dans le bord de fuite **11**, ni dans le sommet **9** de l'aube **7**. La cavité **23** comprend donc une limite supérieure **25** située du côté du sommet **9** de l'aube **7**, une limite de bord d'attaque **27** proche du bord d'attaque **10** de l'aube **7** et une limite de bord de fuite **28** proche du bord de fuite **11** de l'aube **7**. En revanche, les peaux **21** sont disjointes au niveau d'une limite inférieure **26** de la cavité **23** qui est adjacente à l'échasse et au pied **8** de l'aube **7**.

[0048] Afin de limiter les déformations des peaux **21** sous chargement aérodynamique ainsi que les modes vibratoires spécifiques des peaux **21**, sans pour autant pénaliser sa masse, l'aube **7** peut en outre comprendre un ou plusieurs raidisseurs **30** s'étendant dans la cavité **23**, chaque raidisseur **30** étant fixé sur la face interne de la première peau **21** et de la deuxième peau **21** de sorte à les relier. Les raidisseurs **30** s'étendent donc à travers la cavité **23**, de la face interne **22** de l'une des peaux **21** jusqu'à la face interne **22** en regard de l'autre des peaux **21**. Les raidisseurs **30** sont en outre monolithiques avec les peaux **21** et leur matériau constitutif est identique à la matière plastique de la matrice.

[0049] Les raidisseurs **30** forment ainsi une structure interne dans l'aube **7** permettant de raidir la pale **12** suivant une ou plusieurs directions, selon la forme et la ou les directions d'extension des raidisseurs **30**, en raccordant les faces internes **22** des peaux **21**. Les raidisseurs **30** contribuent ainsi au comportement mécanique de la pale **12** en plus de leur rôle structurel de liaison des peaux **21.** La matrice plastique formant les raidisseurs **30** présente en effet un module d'Young environ dix fois supérieur à celui des mousses et autres matériaux de remplissage habituellement utilisés.

[0050] Ces raidisseurs **30** étant monolithiques avec les peaux **21** et formés dans le même matériau constitutif que la matrice, ils ne créent pas d'interface critique avec le renfort fibreux **20** susceptible de créer des zones de faiblesse, ce qui réduit les risques d'endommagement. Les raidisseurs **30** étant réalisés dans la même matière plastique que le matériau constitutif de la matrice, les raidisseurs **30** peuvent être réalisés directement lors du moulage du renfort fibreux **20**, lors de l'injection de la matrice dans le renfort fibreux **20** destinée à noyer les fibres du renfort **20**. Le procédé de fabrication de l'aube **7** est ainsi simplifié. Il n'est en outre pas nécessaire de remplir la cavité **23** avec d'autres pièces de remplissage telles que des mousses ou tout autre matériau habituellement utilisé. Les raidisseurs **30** sont donc séparés deux à deux par une lame d'air. La masse de l'aube **7** obtenue n'est donc pas sensiblement modifiée.

[0051] Les raidisseurs **30** peuvent être réalisés simultanément au remplissage des fibres du renfort fibreux **20** par la matrice plastique. A cet effet, chaque raidisseur **30** est configuré de sorte à mettre en communication fluidique la jonction **24** (limite entre les

peaux **21** et la cavité **23**) et la limite inférieure **26** de la cavité **23**, de sorte à permettre le remplissage uniforme des fibres du renfort fibreux **20** avec la matrice et la formation des raidisseurs **30** et, le cas échéant, l'évacuation d'un noyau **40** par la limite inférieure lors de sa dissolution.

[0052] Un raidisseur **30** peut s'étendre de la limite de bord d'attaque **27** à la limite de bord de fuite **28**, le raidisseur **30** étant alors dit transversal et par exemple perpendiculaire à l'axe Y. Un raidisseur **30** peut également s'étendre de la limite supérieure **25** à la limite inférieure **26**, en étant alors par exemple parallèle à l'axe Y. dans le cas où plusieurs raidisseurs **30** sont formés, les deux dispositions peuvent être combinées, de sorte que les raidisseurs **30** sont entrecroisés et forment une grille ou un réseau dans l'aube **7**, ce qui permet une raideur optimale en torsion comme en flexion.

[0053] Optionnellement, un raidisseur **30** peut comprendre un barreau fibreux **50** dont les fibres sont noyées lors du moulage du renfort fibreux **20**, ce qui accroit la raideur du raidisseur **30**.

[0054] Un procédé de fabrication S de l'aube **7** peut comprendre les étapes suivantes.

[0055] Au cours d'une étape S1, le renfort fibreux **20** est réalisé par tissage tridimensionnel sur un métier à tisser de type jacquard. Lors du tissage, des faisceaux de torons **200** de chaîne sont disposés en plusieurs couches de plusieurs centaines de torons **200** chacune. Des torons **200** de trame sont entrelacés avec les torons **200** de chaine de manière à lier les différentes couches de torons **200** de chaînes entre elles. De préférence, le tissage tridimensionnel est un tissage à armure « interlock ».

[0056] L'étape S1 de tissage du renfort fibreux **20** brut (ou préforme) comprend le tissage des deux peaux **21**, qui forment ensemble un profil aérodynamique de l'aube **7** qui comprend le sommet **9** et une partie inférieure qui comprend la jonction **24** et délimite la cavité **23**. La portion du renfort fibreux **20** destinée à former la partie supérieure des peaux **21** est tissée en entrelaçant tous les torons **200** de chaîne nécessaire à la réalisation du renfort fibreux **20**. Une fois que le renfort fibreux **20** a atteint la jonction **24**, une déliaison est initiée entre deux couches successives de torons **200** de chaîne afin de former la cavité **23**. Puis, les deux portions de renfort fibreux **20** formant les parties des peaux **21** qui délimitent la cavité **23** sont tissées en parallèle l'une de l'autre, en étant séparées par la zone de déliaison. Les peaux **21** restent toutefois tisées ensemble dans une zone destinée à former le bord d'attaque **10** et le bord de fuite **11** de l'aube **7** afin de fermer la cavité **23** au niveau de ces bords. De cette manière, chacune des deux portions de renfort fibreux **20** formant la cavité **23** comprend des torons **200** de chaine qui se prolongent à l'intérieur de la portion de renfort fibreux **20** formant la partie supérieure de l'aube **7**.

[0057] En variante, plusieurs préformes fibreuses peuvent être tissées séparément, les préformes étant ensuite assemblées ensemble de sorte à former la partie supérieure et la

partie inférieure du renfort fibreux **20** et à délimiter la cavité **23**.

[0058] Au cours d'une étape S2, un noyau **40** est inséré dans la cavité **23**. Le noyau **40** est configuré pour remplir les zones de la cavité **23** destinées à séparer le raidisseur **30**. Sa forme est donc complémentaire de la forme du raidisseur **30**. Le noyau **40** forme dans la cavité **23** un espace **42** vide destiné à définir un raidisseur **30** après injection de la matrice.

[0059] Le noyau **40** est réalisé dans un matériau soluble, c'est-à-dire un matériau susceptible d'être dissout par un solvant prédéterminé afin d'être évacué de la cavité **23** de l'aube **7**. Le matériau constitutif du noyau **40** est choisi de sorte que son solvant soit neutre vis-à-vis des matériaux constitutifs du renfort fibreux **20** (torons **200** et matrice), afin de ne pas endommager l'aube **7** lors de sa dissolution.

[0060] Par exemple, le noyau **40** peut comprendre un polymère thermoplastique ST130 qui se dissout dans un bain basique à 70°C. Un noyau **40** en polymère thermoplastique présente l'avantage de pouvoir être réalisé par impression 3D, ce qui permet l'utilisation d'un noyau **40** monolithique et/ou la mise en œuvre de formes de raidisseurs **30** dont la géométrie est plus complexe.

[0061] Alternativement, Le noyau **40** peut être segmenté et comprendre plusieurs parties, ou plusieurs noyaux **40** peuvent être insérés, afin de définir plusieurs espaces **42** vides destinés à former les raidisseurs **30**.

[0062] En variante, l'étape S2 comprend en outre l'insertion d'un barreau fibreux **50** dans l'espace **42** entre les deux noyaux **40**, le barreau fibreux **50** s'étendant de la limite de bord d'attaque **27** à la limite de bord de fuite **28** et étant noyé à l'étape S4 dans la matrice de sorte à former un raidisseur **30**. Préférentiellement, un barreau fibreux **50** est constitué de la même matière que le renfort fibreux **20**. Un raidisseur **30** comprenant un barreau fibreux **50** présente une raideur supérieure comparativement à un raidisseur **30** constitué uniquement de matrice injectée.

[0063] Optionnellement, l'étape S2 comprend en outre l'insertion d'un barreau fibreux **50** supplémentaire dans chaque espace **42** supplémentaire avant l'insertion du noyau **40** suivant, chaque barreau fibreux **50** supplémentaire étant noyé à l'étape S4 dans la matrice de sorte à former des raidisseurs supplémentaires **30**. Les raidisseurs **30** définissent alors un logement **41** supplémentaire entre le logement **41** et le pied de l'aube, le logement interne **41** supplémentaire étant séparé du logement **41** par un barreau fibreux **50** formant un raidisseur **30**, le barreau fibreux **50** s'étendant de la limite de bord d'attaque **27** du logement **41** à la limite de bord de fuite **28** du logement **41**, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe Y. Un tel agencement accroit considérablement la raideur en torsion de l'aube **7**.

[0064] Dans une étape S3, un premier bouchon **31** est inséré entre les torons **200**, le premier bouchon **31** débouchant dans la cavité **23** de sorte à venir en contact avec le noyau **40.**

Le premier bouchon **31** est fabriqué de préférence dans un matériau soluble, par exemple le même matériau que le noyau **40** et est inséré dans le renfort fibreux **20**, entre les torons **200** de fibres, à l'endroit où un passage traversant **33** qui débouche sur le noyau **40** dans la cavité **23** sera souhaité. Le premier bouchon **31** étant inséré entre les torons **200** des fibres, les fibres sont déviées mais non sectionnées et l'impact mécanique appliqué sur le renfort fibreux **20** est alors limité car les contraintes sont exercées autour du point d'insertion de façon contrôlée et répétable. L'intégrité du renfort fibreux **20** et ses propriétés mécaniques sont donc préservées, puisque les fibres sont toujours continues, ce qui n'est pas le cas lorsqu'un perçage est pratiqué.

[0065] Préférentiellement, le premier bouchon **31** est d'une forme adaptée au motif de tissage du renfort fibreux **20**, c'est-à-dire adaptée aux parcours tridimensionnels des torons **200**, par exemple en ayant une forme allongée ou fuselée qui rend le premier bouchon **31** non démoulable. Ainsi, le premier bouchon **31** ne peut être ôté que par dissolution. Les étapes S2 et S3 peuvent être effectuées dans un autre ordre que celui présenté ici, le premier bouchon **31** étant alors inséré avant le noyau **40**.

[0066] Au cours d'une étape S4, le renfort fibreux **20** comprenant le noyau **40** est placé dans un moule. De la matrice est ensuite injectée dans le moule de manière à, d'une part, remplir les espaces **42** pour former les raidisseurs **30** et, d'autre part, noyer le renfort fibreux **20** dans la matrice. Les raidisseurs **30** forment ainsi une structure interne dans l'aube **7** permettant de raidir la pale **12** suivant une ou plusieurs directions, selon la forme et la ou les directions d'extension des espaces **42** vides, en raccordant les faces internes **22** des peaux **21**. La matrice plastique formant les raidisseurs **30** présente en effet un module d'Young environ dix fois supérieur à celui des mousses et autres matériaux de remplissage habituellement utilisés.

[0067] On obtient alors une aube **7**, comprenant le renfort fibreux **20** densifié par la matrice et des raidisseurs **30**. Suite à cette étape, l'aube **7** comprend toutefois également le noyau **40**, qui est toujours logé dans la cavité **23** et comble le volume de la cavité **23** qui n'est pas occupé par des raidisseurs **30**.

[0068] Au cours d'une étape S5, le premier bouchon **31** et le noyau **40** sont dissous dans les conditions adaptées au type de matériau choisi pour le premier bouchon **31** et le noyau **40** (polymère thermoplastique / bain basique à 70°C par exemple) en cohérence avec le matériau du renfort fibreux **20**. Le solvant peut par exemple être projeté contre le premier bouchon **31** afin de le dissoudre progressivement puis de dissoudre le noyau **40** par l'intermédiaire du passage traversant **33** ainsi formé. En variante l'aube **7** peut simplement être immergée dans un bain de solvant.

[0069] La dissolution du noyau **40** et l'évacuation du solvant sont notamment permises par la configuration du premier bouchon **31**, dont la position et la taille permettent au solvant d'atteindre tout le noyau **40** et de le dissoudre, y compris dans des cavités qui

auraient été inaccessibles sans le passage traversant **33**, empêchant donc la dissolution totale du noyau **40**. Ce passage traversant **33** permet de créer des géométries de raidisseurs impossibles à obtenir en utilisant les procédés de l'état de la technique, en particulier des raidisseurs **30** transversaux décrits.

[0070] Après dissolution du noyau, les raidisseurs **30** sont espacés les uns des autres par des lames d'air en lieu et place du noyau **40**.

[0071] Au cours d'une étape S6, un deuxième bouchon **32** est inséré dans le passage traversant **33** par l'ajout d'un polymère durcissant à température ambiante, par exemple une résine thermodurcissable réticulant à température ambiante ou un thermoplastique chauffé qui se fige en forme en refroidissant.

[0072] Optionnellement, au moins deux noyaux **40** sont insérés dans la cavité à l'étape S3, les noyaux **40** étant distants de sorte à délimiter un espace **42**, l'espace **42** s'étendant de la limite de bord d'attaque **27** à la limite de bord de fuite **28** de la cavité **23**. Une telle disposition permet la formation lors de l'étape S4 d'un ou de plusieurs raidisseurs **30** s'étendant de la limite de bord d'attaque **27** à la limite de bord de fuite **28**, c'est-à-dire axialement, offrant ainsi une raideur en torsion supérieure à l'aube **7** et permettant une compartimentation des dommages en cas d'impact haute énergie, par exemple en cas d'impact ou d'ingestion de corps étranger par le système propulsif **1**.

[0073] Afin de permettre la dissolution de tous les noyaux **40**, il y a préférentiellement au moins autant de premiers **31** bouchons que de noyaux **40**, chaque noyau **40** étant au contact d'au moins un premier bouchon **31**. Bien entendu, un plus grand nombre de premiers bouchons **31** facilite la dissolution.

[0074] Pour augmenter également la raideur en flexion de l'aube **7,** le noyau **40** peut comprendre au moins deux portions de noyau **40** s'étendant successivement entre la limite de bord d'attaque **27** de la cavité **23** et la limite de bord de fuite **28**, les portions de noyau **40** étant distantes les unes des autres de sorte à délimiter des espaces **42** supplémentaires, ces espaces **42** étant préférentiellement parallèle à l'axe Y, chaque espace **42** supplémentaire étant configuré pour être noyé dans la matrice lors de l'étape S5 afin de former des raidisseurs **30** s'étendant de la limite supérieure **25** à la limite inférieure **26**.

[0075] Le procédé de fabrication S permet donc d'obtenir une aube **7** les faces internes **22** de la première peau **21** et de la deuxième peau **21** délimitent un logement **33** interne, les passages traversant **33** étant obturé par un deuxième bouchon **32**. L'utilisation de premiers bouchons **31** permet d'obtenir toute sorte de géométrie de raidisseurs **30**, y compris des raidisseurs **30** transversaux reliant les limites bord d'attaque **27** de bord de fuite **28**, ces raidisseurs **30** pouvant être rectilignes comme curvilignes, mais également la formation d'une grille ou d'un réseau de raidisseurs **30.** Le passage traversant **33** obtenu par la dissolution des premiers bouchons **31** permet en effet d'évider toute zone

rendue inaccessible au solvant à partir de la limite inférieure **26**. Les aubes **7** obtenues sont donc allégées tout en présentant des caractéristiques mécaniques optimisées, en particulier en raideur. Même dans le cas où les raidisseurs **30** n'empêcheraient pas totalement la dissolution des noyaux **40**, le procédé de fabrication S permet un gain de temps considérable en facilitant l'accès du solvant.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de fabrication (**S**) d'une aube (**7**) comprenant les étapes suivantes :
- S1 : tissage tridimensionnel d'un renfort fibreux (**20**) de sorte à former une première peau (**21**) et une deuxième peau (**21**) en vis-à-vis, la première peau (**21**) et la deuxième peau (**21**) présentant chacune une face interne (**22**) délimitant entre elles une cavité (**23**), le renfort fibreux (**20**) comprenant une pluralité de torons (**200**) ;
- S2 : insertion d'un noyau (**40**) dans la cavité (**23**) ;
- S3 : insertion d'un premier bouchon (**31**) entre les torons (**200**), le premier bouchon (**31**) débouchant dans la cavité (**23**) de sorte à venir en contact avec le noyau (**40**) ;
- S4 : placement du renfort fibreux (**20**) comprenant le noyau (**40**) et le premier bouchon (**31**) dans un moule et injection d'une matrice dans le moule de manière à noyer le renfort fibreux (**20**) dans la matrice ;
- S5 : dissolution du premier bouchon (**31**) et du noyau (**40**), de sorte à former un passage traversant (**33**) dans le renfort fibreux (**20**) à l'emplacement du premier bouchon (**31**) et un logement (**41**) à l'emplacement du noyau (**40**), le passage traversant (**33**) débouchant sur le logement (**41**); et
- S6 : insertion d'un deuxième bouchon (**32**) dans le passage traversant (**33**).

[Revendication 2] Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel au moins deux noyaux (**40**) sont insérés dans la cavité à l'étape S3, les noyaux (**40**) étant distants de sorte à délimiter un espace (**42**), l'espace (**42**) s'étendant d'une limite de bord d'attaque (**27**) de la cavité qui est adjacente à un bord d'attaque (**10**) de l'aube (**7**) à une limite de bord de fuite (**28**) qui est adjacente à un bord de fuite (**11**) de l'aube (**7**).

[Revendication 3] Procédé de fabrication selon la revendication 2, comprenant au moins autant de premiers (**31**) bouchons que de noyaux (**40**).

[Revendication 4] Procédé de fabrication (**S**) d'une aube (**7**) selon l'une des revendications 2 et 3, dans lequel l'étape S2 comprend en outre l'insertion d'un barreau fibreux (**50**) dans l'espace (**42**) entre les deux noyaux (**40**), le barreau fibreux (**50**) s'étendant de la limite de bord d'attaque (**27**) à la limite de bord de fuite (**28**) et étant noyé à l'étape S4 dans la matrice de sorte à former un raidisseur (**30**).

[Revendication 5] Procédé de fabrication (**S**) d'une aube (**7**) selon l'une des revendications

1 à 4, dans lequel le noyau (**40**) comprend deux portions de noyau (**40**) s'étendant successivement entre une limite de bord d'attaque (**27**) de la cavité (**23**) qui est adjacente à un bord d'attaque (**10**) de l'aube (**7**) et une limite de bord de fuite (**28**) de la cavité qui est adjacente à un bord de fuite (**11**) de l'aube (**7**), les portions de noyau (**40**) étant distants les uns des autres de sorte à délimiter des espaces (**42**) supplémentaires, chaque espace (**42**) supplémentaire étant configuré pour être noyé dans la matrice lors de l'étape S5.

[Revendication 6] Procédé de fabrication selon la revendication 5, dans lequel l'étape S2 comprend en outre l'insertion d'un barreau fibreux (**50**) supplémentaire dans chaque espace (**42**) supplémentaire, chaque barreau fibreux (**50**) supplémentaire étant noyé à l'étape S4 dans la matrice de sorte à former des raidisseurs supplémentaires (**30**).

[Revendication 7] Procédé de fabrication (**S**) d'une aube (**7**) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le premier bouchon (**31**) est allongé.

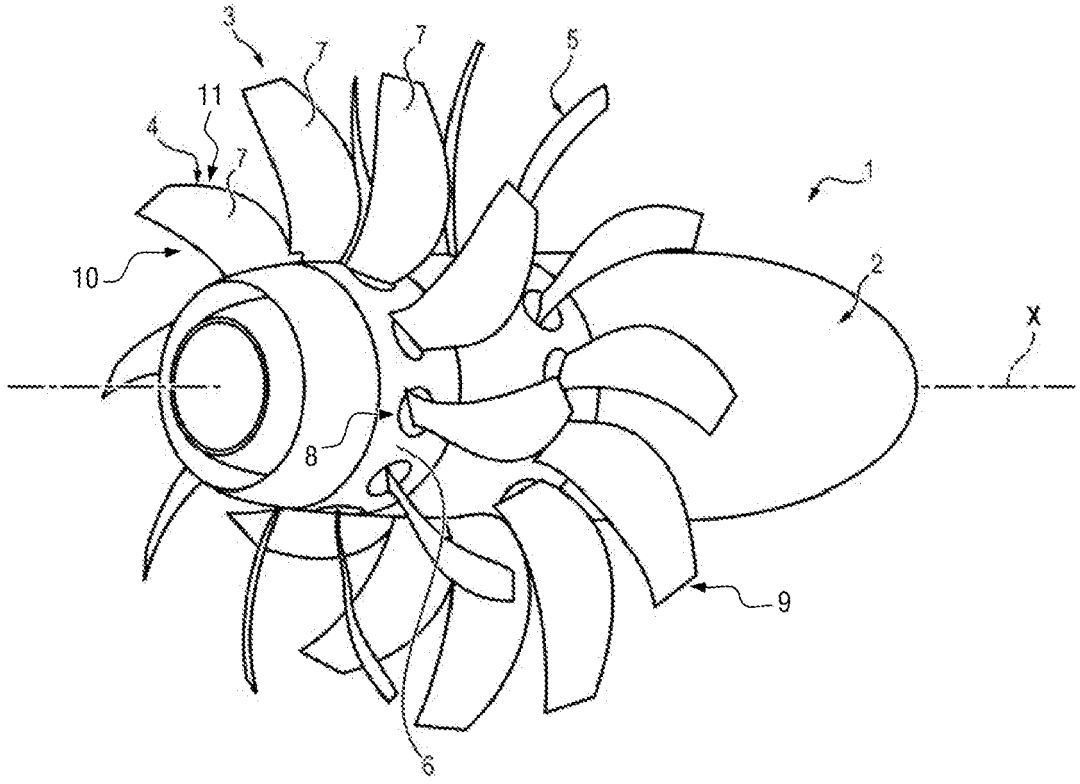
[Revendication 8] Aube (**7**) comprenant un renfort fibreux (**20**) tridimensionnel densifié par une matrice, le renfort fibreux (**20**) comprenant une première peau (**21**) et une deuxième peau (**21**) en vis-à-vis, la première peau (**21**) et la deuxième peau (**21**) présentant chacune une face interne (**22**) et le renfort fibreux (**20**) comprenant une pluralité de torons (**200**) ;
l'aube (**7**) étant caractérisée en ce que :
- les faces internes (**22**) de la première peau (**21**) et de la deuxième peau (**21**) délimitent un logement (**41**) interne ;
- les faces internes (**22**) de la première peau (**21**) et de la deuxième peau (**21**) sont reliées par la matrice entre le logement (**41**) et un pied (**8**) de l'aube (**7**);
- un passage traversant (**33**) débouche dans le logement (**41**) ; et
- un deuxième bouchon (**32**) est inséré dans le passage traversant (**33**).

[Revendication 9] Aube (**7**) selon la revendication 8, comprenant en outre un logement interne (**41**) supplémentaire entre le logement (**41**) et le pied de l'aube, le logement interne (**41**) supplémentaire étant séparé du logement (**41**) par un barreau fibreux (**50**) formant un raidisseur (**30**), le barreau fibreux (**50**) s'étendant d'une limite de bord d'attaque (**27**) du logement (**41**) qui est adjacente à un bord d'attaque (**10**) de l'aube (**7**) à une limite de bord de fuite (**28**) du logement (**41**) qui est adjacente à un bord de fuite (**11**) de l'aube (**7**).

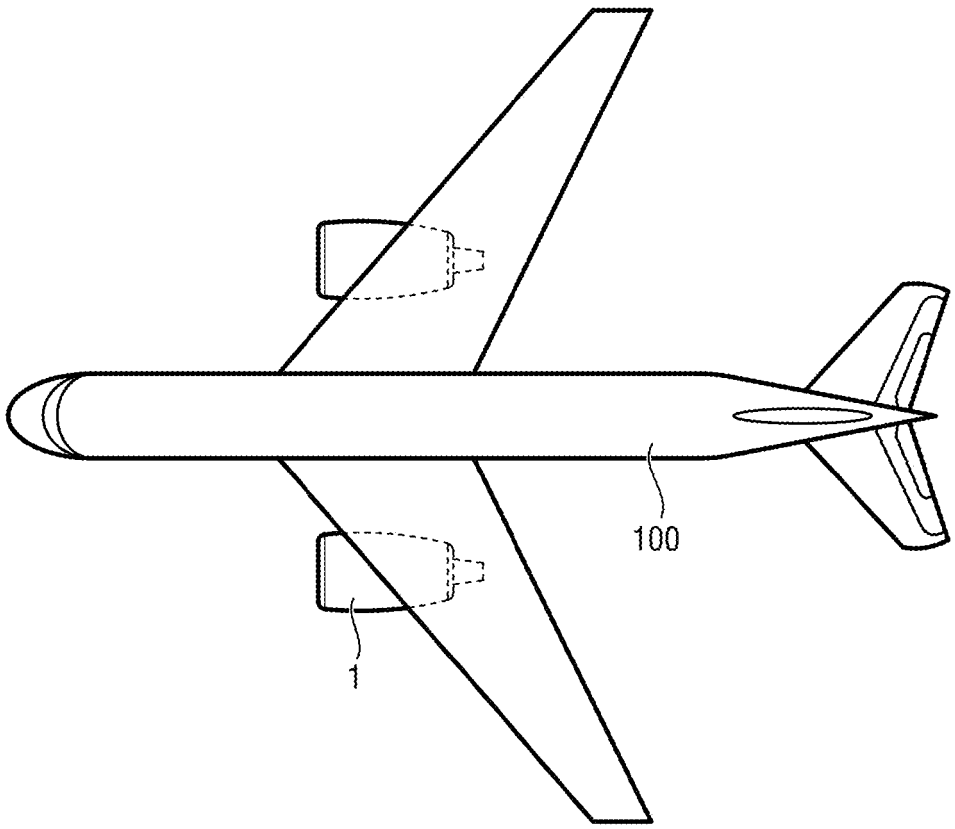
[Revendication 10] Soufflante (**3**) comprenant un aubage rotorique ou statorique comportant des aubes (**7**) selon l'une des revendications 8 et 9.

[Revendication 11] Système propulsif (**1**) comprenant une soufflante (**3**) selon la revendication 10 et un carter (**2**), les aubes (**7**) étant montées sur un moyeu (**6**) de soufflante (**3**) et configurées pour être mobiles en rotation autour d'un axe (**X**) de la soufflante, ou fixées sur le carter (**2**) du système propulsif (**1**).

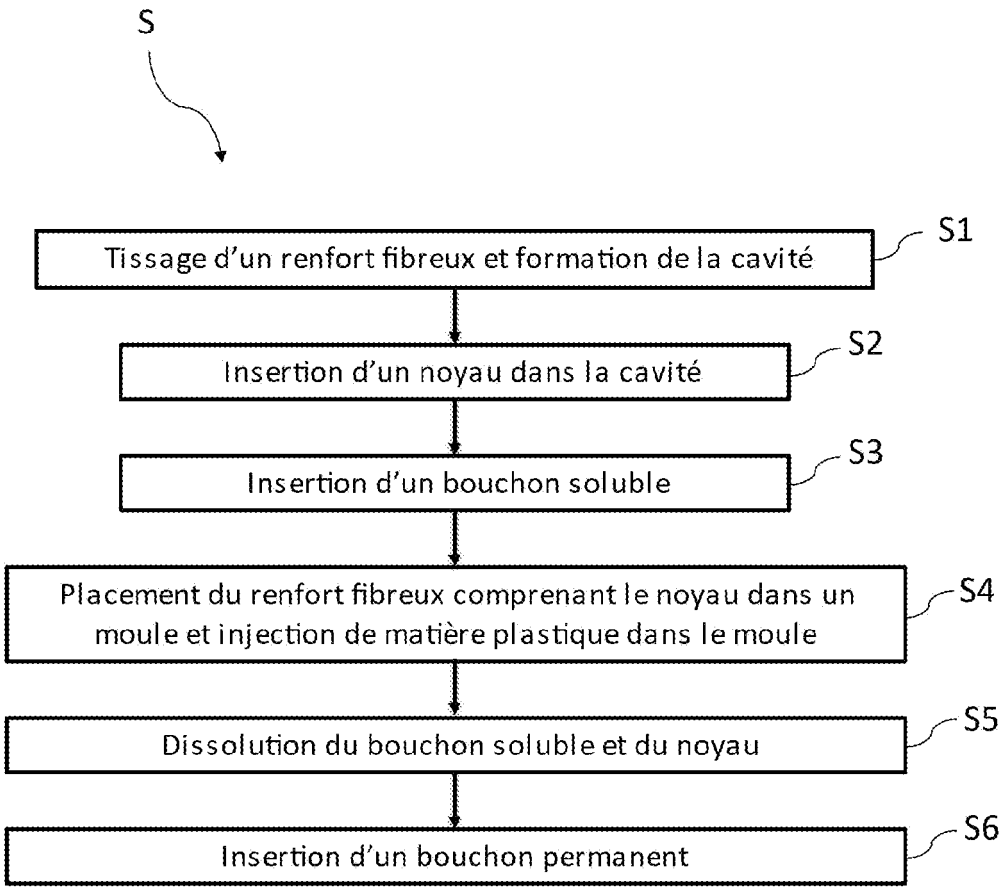
[Fig. 1]



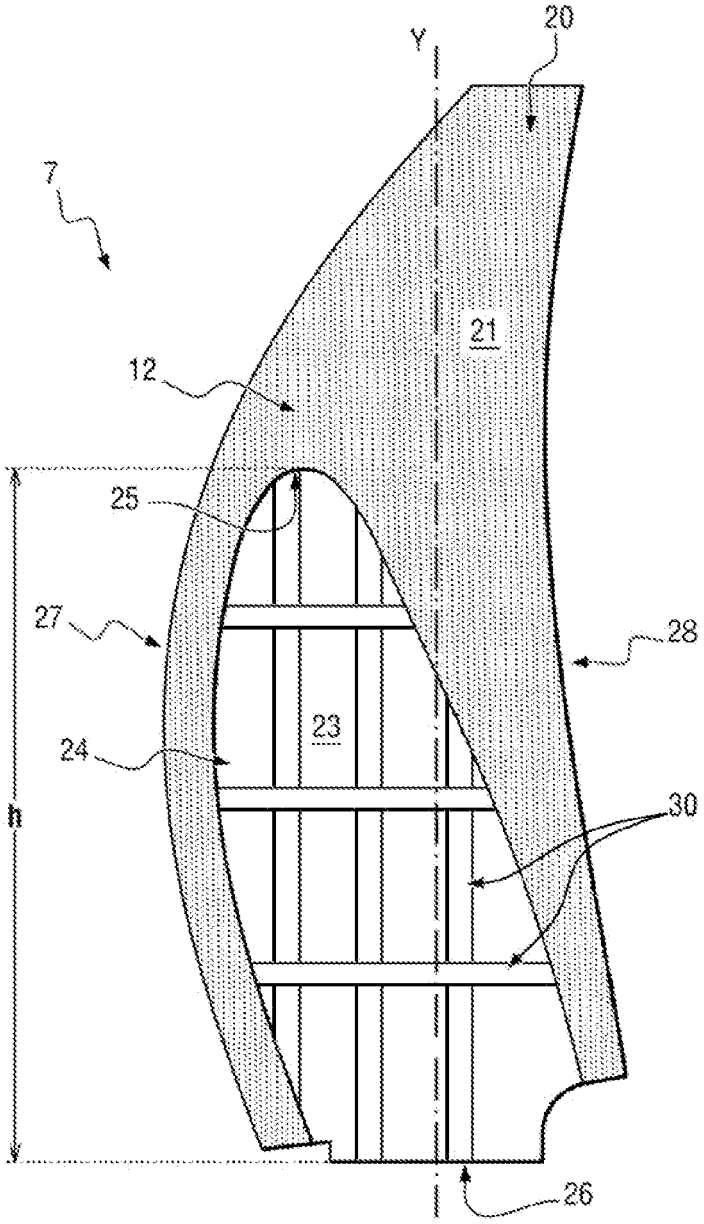
[Fig. 2]



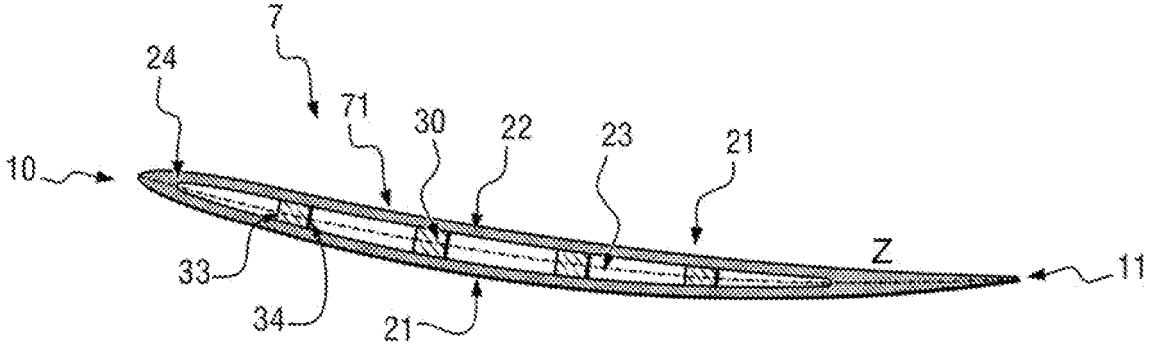
[Fig. 3]


S
Tissage d'un renfort fibreux et formation de la cavité
S1
Insertion d'un noyau dans la cavité
S2
Insertion d'un bouchon soluble
S3
Placement du renfort fibreux comprenant le noyau dans un moule et injection de matière plastique dans le moule
S4
Dissolution du bouchon soluble et du noyau
S5
Insertion d'un bouchon permanent
S6

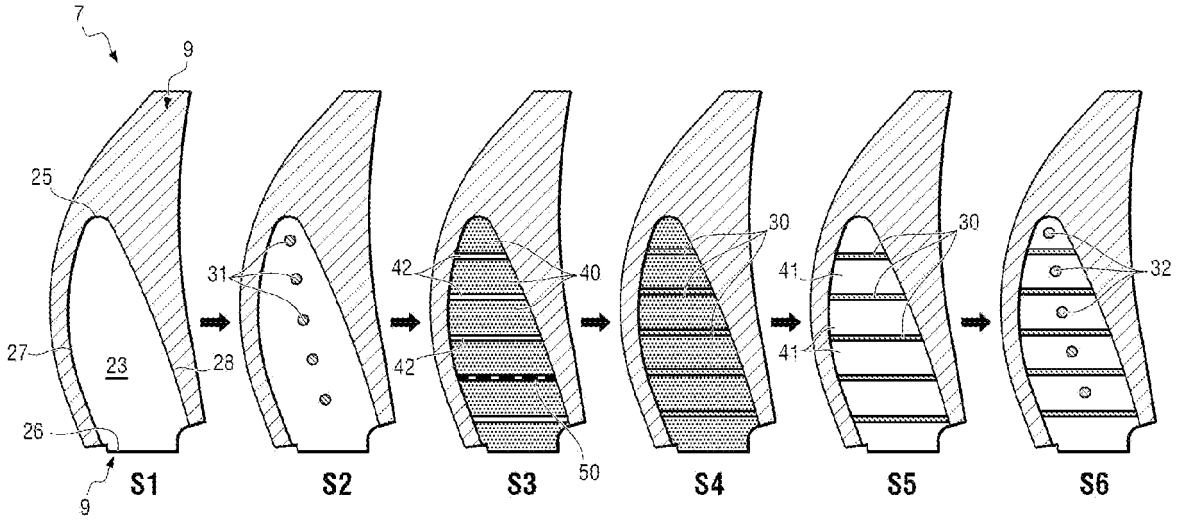
[Fig. 4]



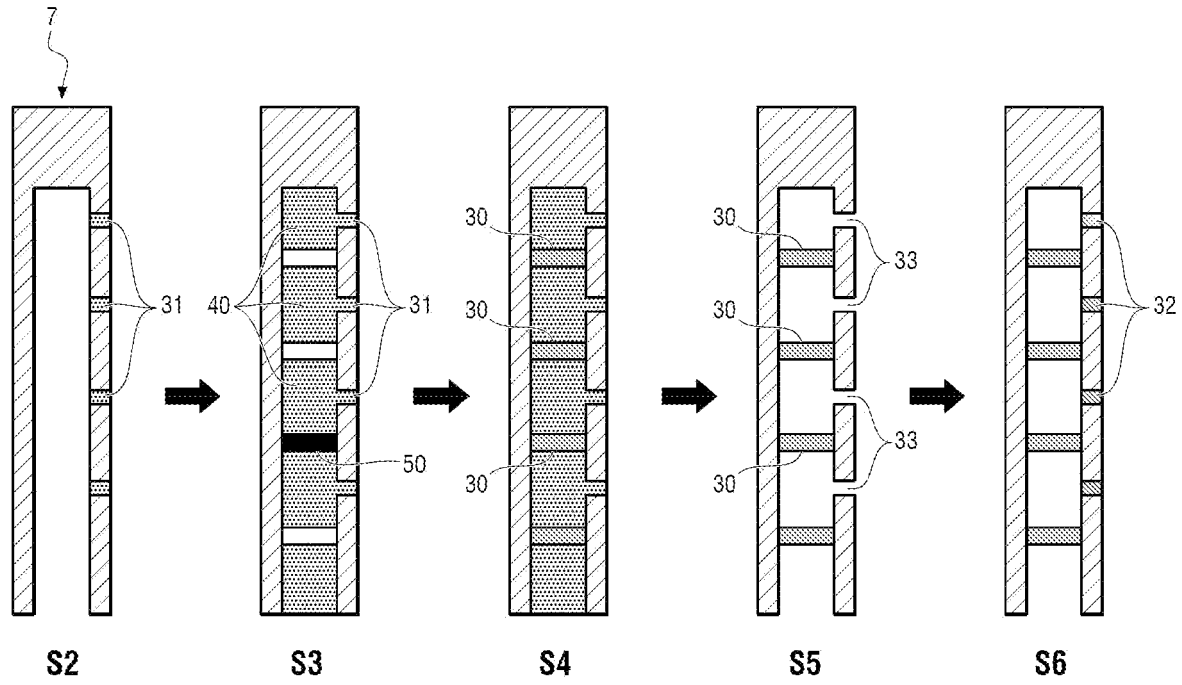
[Fig. 5]



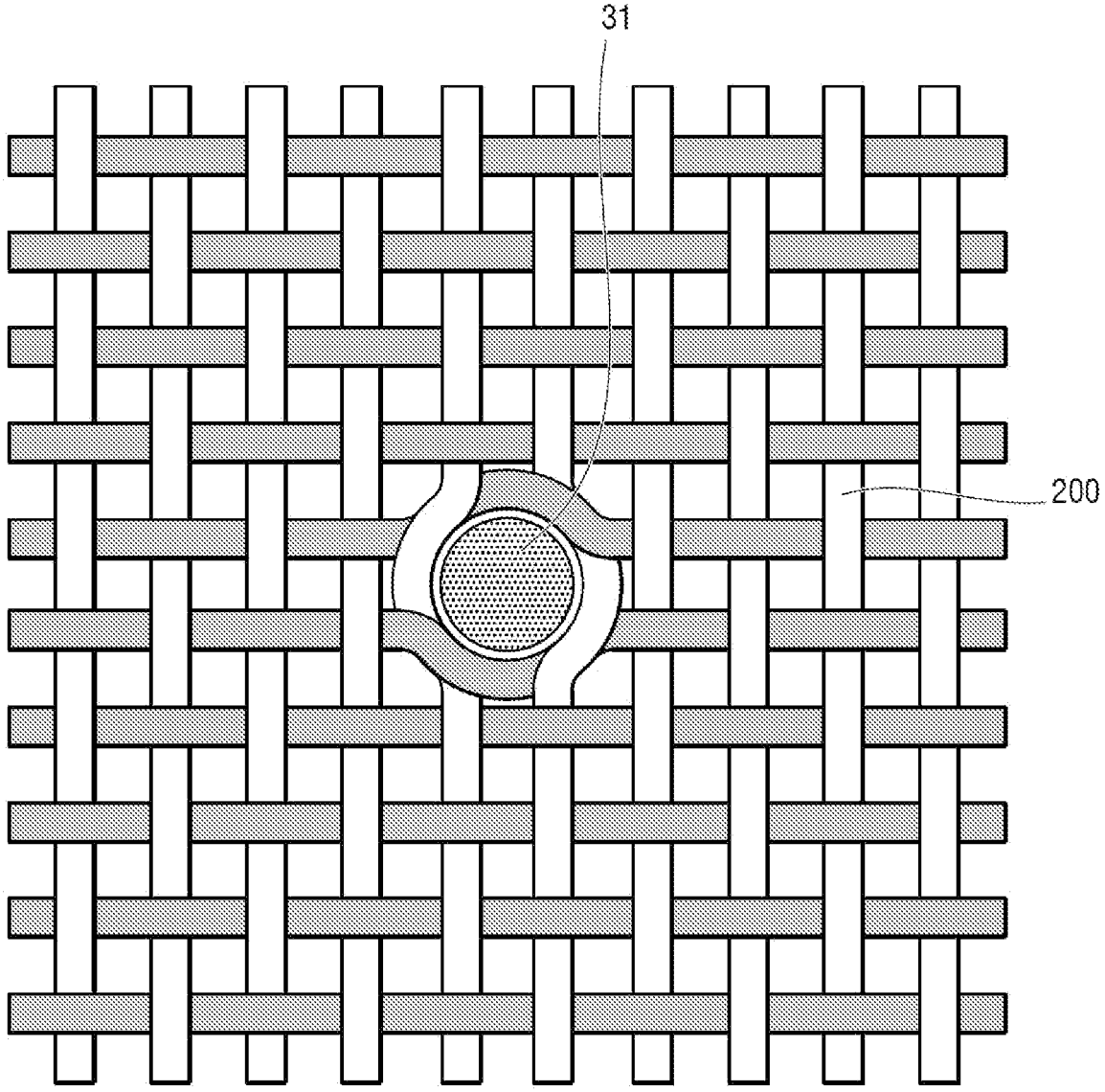
[Fig. 6]


7
9
25
27
23
28
26
9
S1
31
S2
42
40
42
50
S3
30
S4
30
41
41
S5
32
S6

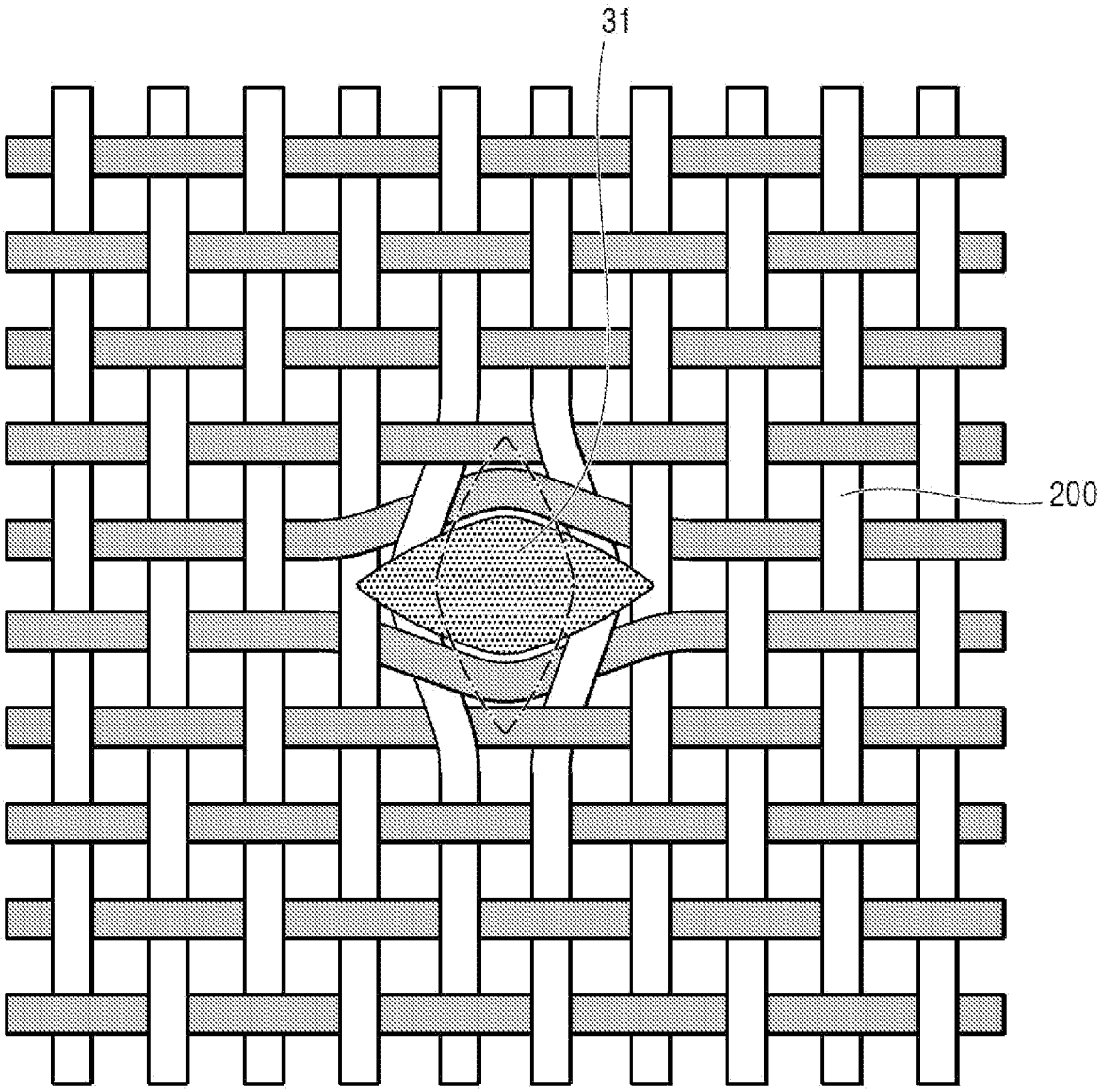
[Fig. 7]


7
31
S2
40
31
50
S3
30
30
30
S4
30
30
33
30
33
30
S5
32
S6

[Fig. 8]



[Fig. 9]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 926502
FR 2312562

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	WO 2022/263743 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 22 décembre 2022 (2022-12-22) * figure 4 * * page 1, ligne 5 - ligne 13 * * page 7, ligne 3 - page 8, ligne 7 * * page 9, ligne 16 - page 10, ligne 29 * * page 15, ligne 5 - ligne 20 * -----	1-11	B29C 70/24 B29C 70/48 B29C 70/54 F01D 5/14 F01D 5/28
X	EP 3 892 435 A1 (ROHR INC [US]) 13 octobre 2021 (2021-10-13)	8,10,11	
A	* figures 1B, 2, 3C, 6C * * alinéa [0001] * * alinéa [0029] - alinéa [0033] * * alinéa [0042] - alinéa [0051] * -----	1-7,9	
A	DE 43 17 061 C1 (FREUDENBERG CARL FA [DE]) 6 octobre 1994 (1994-10-06) * figure 1 * * revendication 1 * -----	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B29C F01D B29D B29L

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
27 mai 2024	Wellhausen, C

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2312562 FA 926502

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 27-05-2024
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
WO 2022263743 A1	22-12-2022	CN 117597221 A	23-02-2024
		EP 4355543 A1	24-04-2024
		FR 3124107 A1	23-12-2022
		WO 2022263743 A1	22-12-2022
EP 3892435 A1	13-10-2021	EP 3892435 A1	13-10-2021
		US 2021308967 A1	07-10-2021
		US 2024157662 A1	16-05-2024
DE 4317061 C1	06-10-1994	CA 2124096 A1	22-11-1994
		DE 4317061 C1	06-10-1994
		US 5415373 A	16-05-1995

EPO FORM P0465