

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 108 143**

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

②1 N° d'enregistrement national : **20 02521**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 01 D 5/14** (2019.12), **F 01 D 5/28**, **B 29 C 70/24**,
B 29 C 70/88

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Aube pour turbomachine comprenant une partie réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D.

②2 Date de dépôt : 13.03.20.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 17.09.21 Bulletin 21/37.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 01.04.22 Bulletin 22/13.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

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) : SULLET CHARLES-HENRI CLAUDE
JACKY, BULOT BENJAMIN et FIXY TEDDY.

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

⑦4 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

FR 3 108 143 - B1



Description

Titre de l'invention : Aube pour turbomachine comprenant une partie réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne aube pour turbomachine comprenant une partie réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] On connaît de l'état de la technique, notamment du document FR3040909, des aubes fabriquées dans un matériau composite comportant un renfort tissé en 3D noyé dans une résine, matériau qui présente l'avantage de présenter une bonne tenue mécanique pour une masse réduite. On qualifie généralement une telle pièce de renfort de « préforme fibreuse ». Pour obtenir une telle préforme, on entrelace des torons selon deux directions, la chaîne (correspondant à une direction radiale de l'aube) et la trame (correspondant à une direction axiale de l'aube). A cet égard, la figure 1 montre un exemple d'entrelacement de fibres dans un tel matériau composite.

[0003] Toutefois, lorsqu'une pièce réalisée dans un matériau composite tissé en composite tissé en 3D est d'épaisseur trop fine (de l'ordre de 1 à 2 millimètres), elle perd en tenue mécanique. Deux paramètres principaux expliquent ces difficultés :

- [0004] • L'épaisseur des torons : un toron est constitué de plusieurs milliers de fibres de carbone et a une épaisseur de l'ordre du millimètre.
- Le nombre de couches nécessaire pour assurer une bonne tenue mécanique : il est plus difficile d'obtenir des propriétés matériau optimales par un entrelacement de deux couches que par un entrelacement sur un nombre de couches plus important.

[0005] Le bord de fuite et le bord d'attaque d'une aube constituent des parties d'une aube pour lesquelles une épaisseur fine est désirable.

[0006] Il est également nécessaire que le bord d'attaque ou le bord de fuite d'une aube puisse résister à diverses sollicitations telles que les impacts d'oiseaux ou la répétition des cycles de vol.

Exposé de l'invention

[0007] Un but de la présente invention est d'obtenir une aube bénéficiant des avantages matériau composite tissé en 3D, et ayant un bord d'attaque à la fois d'épaisseur fine sans pour autant réduire sa tenue mécanique.

[0008] Il est donc proposé, selon un premier aspect, une aube pour turbomachine comprenant :

- une première partie réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D, la première partie définissant une première cavité,
- une deuxième partie réalisée dans un matériau autre qu'un composite comprenant des fibres tissées en 3D, la deuxième partie définissant une deuxième cavité en regard de la première cavité, la deuxième partie formant en outre un bord d'attaque ou de fuite de l'aube,
- une âme métallique s'étendant dans la première cavité et la deuxième cavité pour fixer la deuxième partie à la première partie.

[0009] Comme la deuxième partie n'est pas réalisée dans un matériau composite tissé en 3D, il est possible de faire en sorte que le bord d'attaque ou de fuite formé dans cette deuxième partie soit d'épaisseur fine sans pour autant perdre significativement en tenue mécanique.

[0010] Par ailleurs, l'âme métallique reçue dans la première cavité et dans la deuxième cavité permet de rigidifier la liaison de la deuxième partie à la première partie, et de limiter les concentrations de contraintes au niveau de l'interface entre la première partie et de la deuxième partie.

[0011] L'aube selon le premier aspect de l'invention peut comprendre les caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison lorsque cela est techniquement possible.

[0012] La deuxième partie est de préférence réalisée dans un polymère thermoformé, lequel présente l'avantage de présenter une bonne tenue mécanique à des épaisseurs fines, tout en étant léger.

[0013] De préférence, la deuxième partie présente une surface de liaison en regard de la première partie et opposée au bord d'attaque ou de fuite de l'aube formé par la deuxième partie, et dans lequel la deuxième cavité est borgne et débouche dans la surface de liaison.

[0014] De préférence, la première cavité est formée par déliaison de fibres de la première partie.

[0015] De préférence, l'âme métallique comprend deux surfaces opposées, au moins une des deux surfaces opposées comprenant des protubérances et des renforcements coopérant mécaniquement avec la première partie et avec la deuxième partie pour retenir l'âme métallique dans la première cavité et dans la deuxième cavité.

[0016] Il est également proposé, selon un deuxième aspect, un procédé de fabrication d'une aube pour turbomachine comprenant des étapes de :

- formation d'une première cavité dans une première partie réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D,
- formation d'une deuxième cavité dans une deuxième partie réalisée dans un matériau autre qu'un composite comprenant des fibres tissées en 3D, la deuxième partie définissant une deuxième cavité en regard de la première cavité, la deuxième

partie formant un bord d'attaque ou de fuite de l'aube,

- fixation de la deuxième partie à la première partie au moyen d'une âme métallique s'étendant dans la première cavité et la deuxième cavité.

[0017] Le procédé selon le deuxième aspect peut comprendre les caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison lorsque cela est techniquement possible.

[0018] De préférence, la première cavité est formée par déliaison de fibres de la première partie.

[0019] De préférence, le procédé comprend une insertion d'une première portion de l'âme métallique dans la première cavité de sorte qu'une deuxième portion de l'âme métallique fasse saillie hors de la première partie, puis un thermoformage de la deuxième partie de l'aube autour de la deuxième portion de l'âme métallique, à partir d'un polymère.

[0020] De préférence, le procédé comprend une formation de protubérances et de renforcements sur au moins une parmi deux surfaces opposées de l'âme métallique, de sorte que les protubérances et les renforcements coopèrent mécaniquement avec la première partie et avec la deuxième partie pour retenir l'âme métallique dans la première cavité et dans la deuxième cavité.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0021] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés.

[0022] [fig.1]

[0023] La figure 1, déjà discutée, illustre un entrelacement de fibres d'un matériau composite tissé en 3D connu.

[0024] [fig.2]

[0025] La figure 2 est une vue de côté d'une aube pour turbomachine selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0026] [fig.3]

[0027] La figure 3 est une vue en coupe transversale d'une première partie de l'aube pour turbomachine selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0028] [fig.4]

[0029] La figure 4 est une vue en coupe transversale d'une deuxième partie d'une aube pour turbomachine selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0030] [fig.5]

[0031] La figure 5 est une vue en coupe transversale partielle de l'aube pour turbomachine selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0032] [fig.6]

[0033] La figure 6 est une vue en coupe longitudinale de l'aube pour turbomachine selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0034] [fig.7]

[0035] La figure 7 est une vue partielle en coupe longitudinale d'une aube pour turbomachine selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0036] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0037] En référence à la figure 2, une aube 1 pour turbomachine présente un bord d'attaque 2 et un bord de fuite 4.

[0038] L'aube 1 comprend une première partie 6 s'étendant entre une base et un sommet de l'aube 1.

[0039] La première partie 6 présente une surface d'extrados 8 et une surface d'intrados 10 opposée au côté extrados (non visible sur la figure 2 mais visible sur la figure 3). Les surfaces d'intrados 8 et d'extrados 10 sont des surfaces libres.

[0040] La première partie 6 est réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D, conformément à l'introduction du présent texte. Un tel matériau est par exemple décrit plus en détail dans les documents WO 2012/001279 et FR3040909A1.

[0041] Les fibres comprennent par exemple des fibres de carbone et/ou des fibres de verre.

[0042] L'aube 1 comprend par ailleurs une deuxième partie 12 formant le bord de fuite 4 de l'aube 1.

[0043] La deuxième partie 12 est réalisée dans un matériau qui n'est pas un matériau composite tissé en 3D. La deuxième partie 12 peut être un matériau composite non tissé, ou un matériau non composite.

[0044] La deuxième partie 12 présente une surface d'extrados 14 et une surface d'intrados 16 opposée au côté extrados (non visible sur la figure 2 mais visible sur la figure 3). Les surfaces d'intrados 14 et d'extrados 16 sont des surfaces libres reliées par le bord de fuite 4 formé par la deuxième partie 12.

[0045] La deuxième partie 12 est de préférence réalisée dans un polymère thermoformé, lequel présente l'avantage de présenter une bonne tenue mécanique tout en étant léger.

[0046] L'aube 1 comprend également une troisième partie 18 formant le bord d'attaque 2 de l'aube 1. Cette troisième partie 18, connue en elle-même, est un renfort présentant typiquement la forme d'un clinquant métallique présentant un profil en V fixé à la première partie 6.

[0047] En référence à la figure 3, la première partie 6 définit une première cavité 20.

[0048] La première cavité 20 est une cavité borgne définie par une surface de fond 22 et deux surfaces latérales 24, 26 mutuellement en regard de la première partie 6.

[0049] La première cavité 20 présente une ouverture 28 débouchant dans une surface de

liaison 29 destinée à être en regard de la deuxième partie 12 de l'aube 1, l'ouverture 28 étant opposé au fond 22 par rapport à la cavité 20.

- [0050] La première cavité 20 est formée par déliaison de fibres de la première partie 6 en matériau composite tissé en 3D. Comme représenté sur la figure 3, les deux surfaces 24, 28 en regard sont formées dans deux rangées différentes de torons s'étendant dans la direction de chaîne.
- [0051] En référence à la figure 5, la deuxième partie 12 définit une deuxième cavité 30.
- [0052] La deuxième cavité 30 est une cavité borgne définie par une surface de fond 32 et deux surfaces latérales 34, 36 mutuellement en regard.
- [0053] La deuxième cavité 30 présente une ouverture 38 débouchant dans une surface de liaison 39 destinée à être en regard de la première partie 6 de l'aube 1. L'ouverture 38 de la deuxième cavité 30 (et surface de liaison 39 dans laquelle elle débouche) est opposée au bord de fuite 4 formé par la deuxième partie 12.
- [0054] La deuxième partie présente un profil effilé dont une portion extrême est d'épaisseur très fine au niveau du bord de fuite 4.
- [0055] En référence à la figure 6, les deux cavités 20 et 30 sont agencées en regard dans l'aube 1. Les deux ouvertures 28, 38 sont alignées l'une avec l'autre. Ces deux ouvertures sont par exemples de mêmes dimensions et sont alignées de sorte à coïncider.
- [0056] Les deux surfaces de liaison 29, 39 sont de préférence complémentaires l'une de l'autre. Ces deux surfaces 29, 39 sont par exemples planes.
- [0057] La surface d'extrados 14 de la deuxième partie 12 prolonge continûment la surface d'extrados 8 de la première partie 6.
- [0058] Similairement, la surface d'intrados 16 de la deuxième partie 12 prolonge continûment la surface d'intrados 10 de la première partie 6.
- [0059] Par ailleurs, l'aube 1 comprend en outre une âme métallique 40 s'étendant dans la première cavité 20 et la deuxième cavité pour fixer la deuxième partie 12 à la première partie 6.
- [0060] L'âme métallique est par exemple réalisée en titane, aluminium, acier ou autre selon le besoin de rigidité et légèreté attendu.
- [0061] L'âme métallique présente deux surfaces opposées 42, 44. La surface 42 est en contact avec les surfaces 24, 34, tandis que la surface 44 est en contact avec les surfaces 26 et 36.
- [0062] Au moins une des deux surfaces opposées 24, 34 comprend des protubérances et des renforcements coopérant mécaniquement avec la première partie 6 et avec la deuxième partie 12 (au niveau d'au moins une parmi les surfaces 24, 34, 26, 36) pour retenir l'âme métallique dans la première cavité 20 et dans la deuxième cavité 30.
- [0063] L'âme métallique peut présenter différentes formes. L'âme peut par exemple présenter un profil triangulaire ou en forme de croissant, comme représenté sur les

figures 4 et 5.

- [0064] Un procédé de fabrication de l'aube 1 comprend les étapes suivantes.
- [0065] La fabrication de l'âme métallique 40 comprend une étape de travail de l'état d'au moins une des surfaces opposées 42, 44 de l'âme métallique 40, typiquement les deux surfaces, de sorte à y former les protubérances et renforcements susmentionnés.
- [0066] Par ailleurs, la première partie 6 est fabriquée au moyen d'un procédé tissage de fibres connu de l'état de la technique. Ce procédé comprend par exemple une injection de résine (méthode RTM – Resin Transfer Moulding).
- [0067] La première cavité 20 est ensuite formée dans la première partie 6, par déliaison de certaines de ses fibres.
- [0068] L'âme métallique 40 est ensuite partiellement insérée dans la première cavité 20, de sorte qu'une première portion de l'âme métallique 40 soit en contact avec les deux surfaces latérales 24, 26 de la première cavité 20, et qu'une deuxième portion restante de l'âme métallique 40 fasse saillie hors de la première partie 6 par l'ouverture 28.
- [0069] Par exemple, il est fait en sorte que la première cavité 20 présente une profondeur égale à environ la moitié de la longueur de l'âme métallique 40, pour que la portion de l'âme confinée dans la première cavité 20 et la portion restante faisant saillie à l'extérieur de la première partie 6 soient de mêmes longueurs mesurées parallèlement une direction d'écoulement de fluide (depuis le bord d'attaque vers le bord de fuite).
- [0070] La deuxième partie 12 est ensuite formée autour de la portion de l'âme métallique 40 faisant saillie à l'extérieur de la première partie 6 au moyen d'une étape de thermoformage.
- [0071] Pour mettre en œuvre le thermoformage, l'ensemble formé par la première partie 6 et l'âme métallique 40 partiellement insérée dans la première cavité 20 sont placés dans un moule. Un polymère thermoformable dans un état visqueux est injecté dans le moule autour de la portion de l'âme métallique 40 faisant saillie hors de la première partie 6. Le polymère est ensuite chauffé de sorte à le rendre solide et ainsi former la deuxième partie 12.
- [0072] Eventuellement, la première partie 6 et la deuxième partie 12 sont usinées de sorte que la surface d'intrados 16 de la deuxième partie 12 prolonge continûment la surface d'intrados 10 de la première partie 6, et/ou que la surface d'extrados 14 de la deuxième partie 12 prolonge continûment la surface d'extrados 8 de la première partie 6.
- [0073] La troisième partie 18 formant le bord d'attaque 2 de l'aube 1 est rapportée à la première partie 6 au moyen d'un procédé connu de l'état de la technique.
- [0074] D'autres modes de réalisation de l'aube 1, non illustrés, sont envisageables.
- [0075] La deuxième partie 12 peut former non pas un bord de fuite mais un bord d'attaque d'une aube
- [0076] Par ailleurs, le bord de fuite 4 de la deuxième partie 12 illustrée en figure 2 ne

s'étend pas sur toute la hauteur de l'aube 1 mesurée entre sa base et son sommet. Il est toutefois possible que le bord de fuite 4 ou d'attaque formé dans la deuxième partie 12 s'étende sur toute la hauteur de l'aube 1, dans une direction radiale mesurée entre la base et le sommet de l'aube.

Revendications

- [Revendication 1] Aube (1) pour turbomachine comprenant :
- une première partie (6) réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D, la première partie (6) définissant une première cavité (20),
 - une deuxième partie (12) réalisée dans un matériau autre qu'un composite comprenant des fibres tissées en 3D, la deuxième partie (12) définissant une deuxième cavité (30) en regard de la première cavité (20), la deuxième partie (12) formant en outre un bord d'attaque ou de fuite (4) de l'aube (1),
 - une âme métallique (40) s'étendant dans la première cavité (20) et la deuxième cavité (30) pour fixer la deuxième partie (12) à la première partie (6).
- [Revendication 2] Aube (1) selon la revendication 1, dans lequel la deuxième partie (12) est réalisée dans un matériau polymère thermoformé.
- [Revendication 3] Aube (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la deuxième partie (12) présente une surface de liaison (39) en regard de la première partie (6) et opposée au bord d'attaque ou de fuite (4) de l'aube (1) formé par la deuxième partie (12), et dans lequel la deuxième cavité (30) est borgne et débouche dans la surface de liaison (39).
- [Revendication 4] Aube (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la première cavité (20) est formée par déliaison de fibres de la première partie (6).
- [Revendication 5] Aube (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'âme métallique (40) comprend deux surfaces opposées (42, 44), au moins une des deux surfaces opposées (42, 44) comprenant des protubérances et des renforcements coopérant mécaniquement avec la première partie (6) et avec la deuxième partie (12) pour retenir l'âme métallique dans la première cavité (20) et dans la deuxième cavité (30).
- [Revendication 6] Turbomachine comprend au moins une aube (1) selon l'une des revendications précédentes.
- [Revendication 7] Procédé de fabrication d'une aube (1) pour turbomachine comprenant des étapes de :
- formation d'une première cavité (20) dans une première partie (6) réalisée dans un matériau composite comprenant des fibres tissées en 3D,
 - formation d'une deuxième cavité (30) dans une deuxième partie (12)

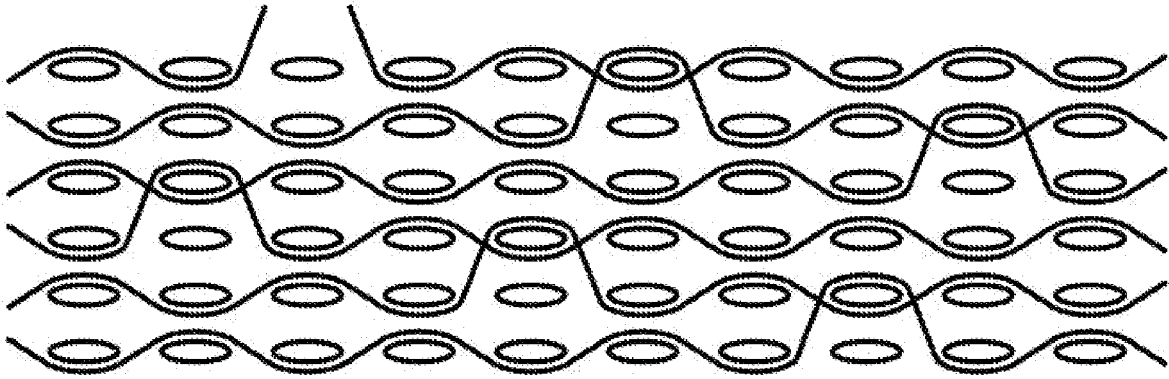
réalisée dans un matériau autre qu'un composite comprenant des fibres tissées en 3D, la deuxième partie (12) définissant une deuxième cavité (30) en regard de la première cavité (20), la deuxième partie (12) formant un bord d'attaque ou de fuite (4) de l'aube (1),
- fixation de la deuxième partie (12) à la première partie (6) au moyen d'une âme métallique (40) s'étendant dans la première cavité (20) et la deuxième cavité (30).

[Revendication 8] Procédé selon la revendication 7, dans lequel la première cavité (20) est formée par déliaison de fibres de la première partie (6).

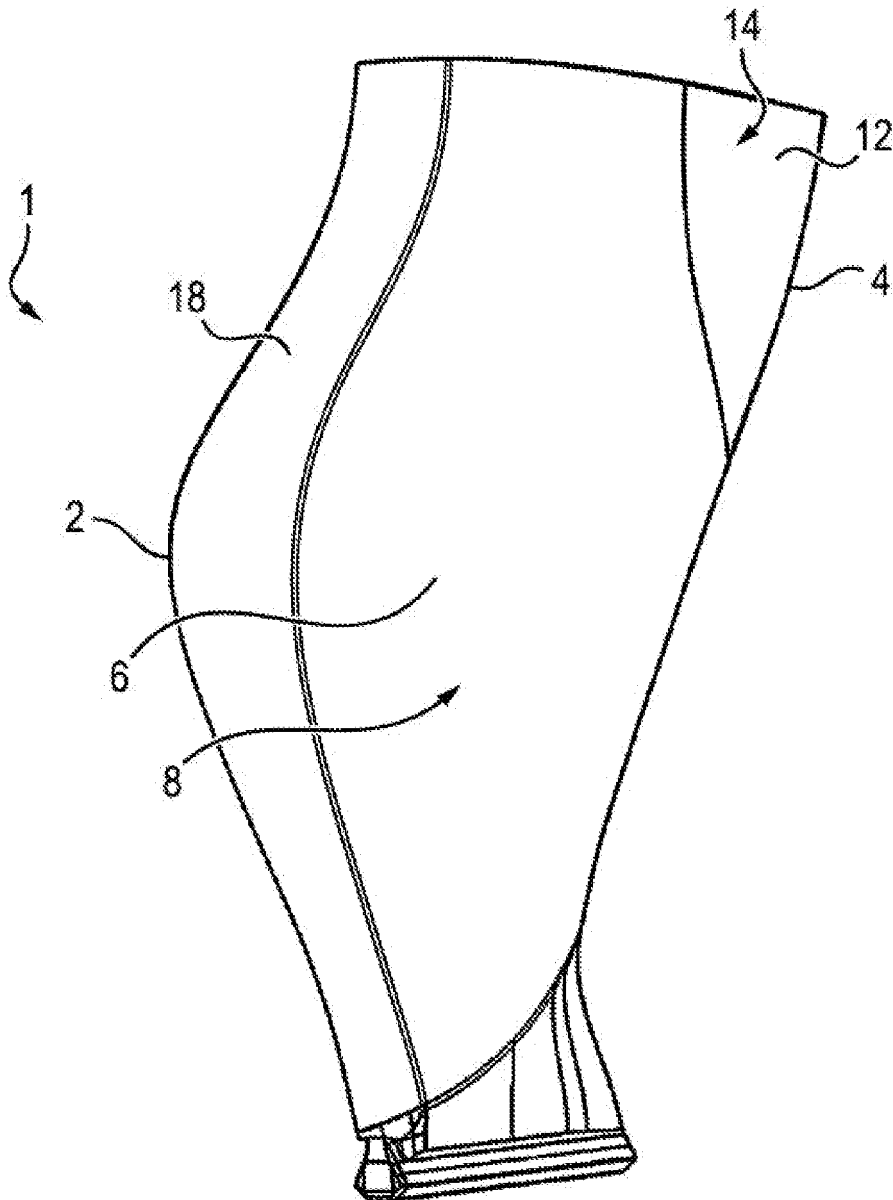
[Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 7 et 8, comprenant une insertion d'une première portion de l'âme métallique (40) dans la première cavité (20) de sorte qu'une deuxième portion de l'âme métallique (40) fasse saillie hors de la première partie (6), puis un thermoformage de la deuxième partie (12) de l'aube (1) autour de la deuxième portion de l'âme métallique (40), à partir d'un polymère.

[Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, comprenant une formation de protubérances et de renforcements (42, 44) sur au moins une parmi deux surfaces opposées (42, 44) de l'âme métallique (40), de sorte que les protubérances et les renforcements coopèrent mécaniquement avec la première partie (6) et avec la deuxième partie (12) pour retenir l'âme mécanique dans la première cavité (20) et dans la deuxième cavité (30).

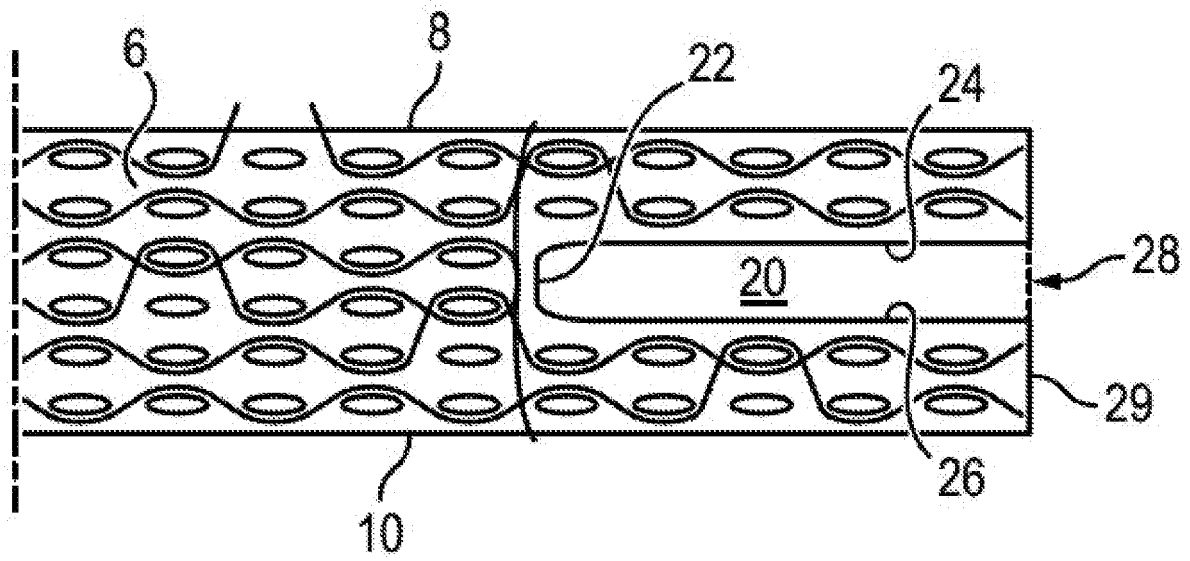
[Fig. 1]

FIG. 1
(art antérieur)

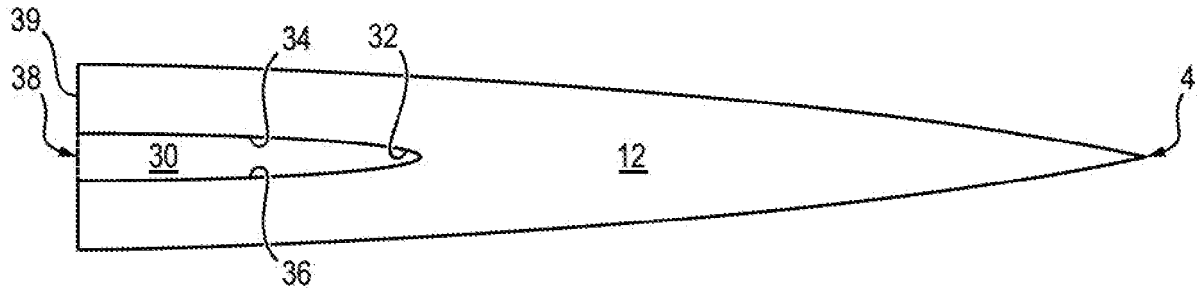
[Fig. 2]



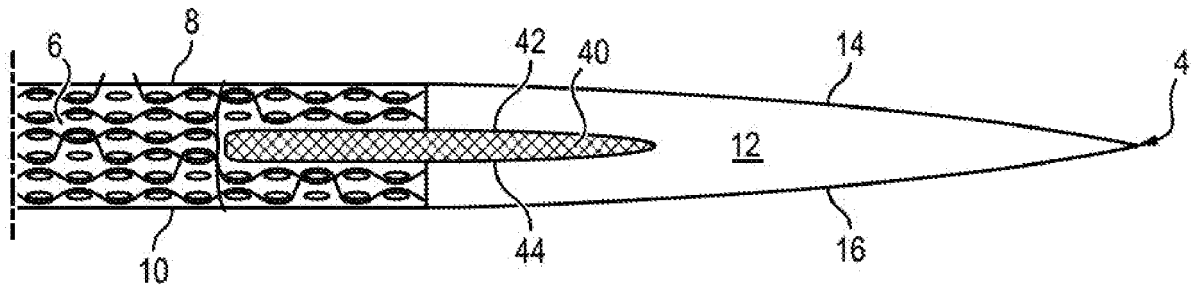
[Fig. 3]



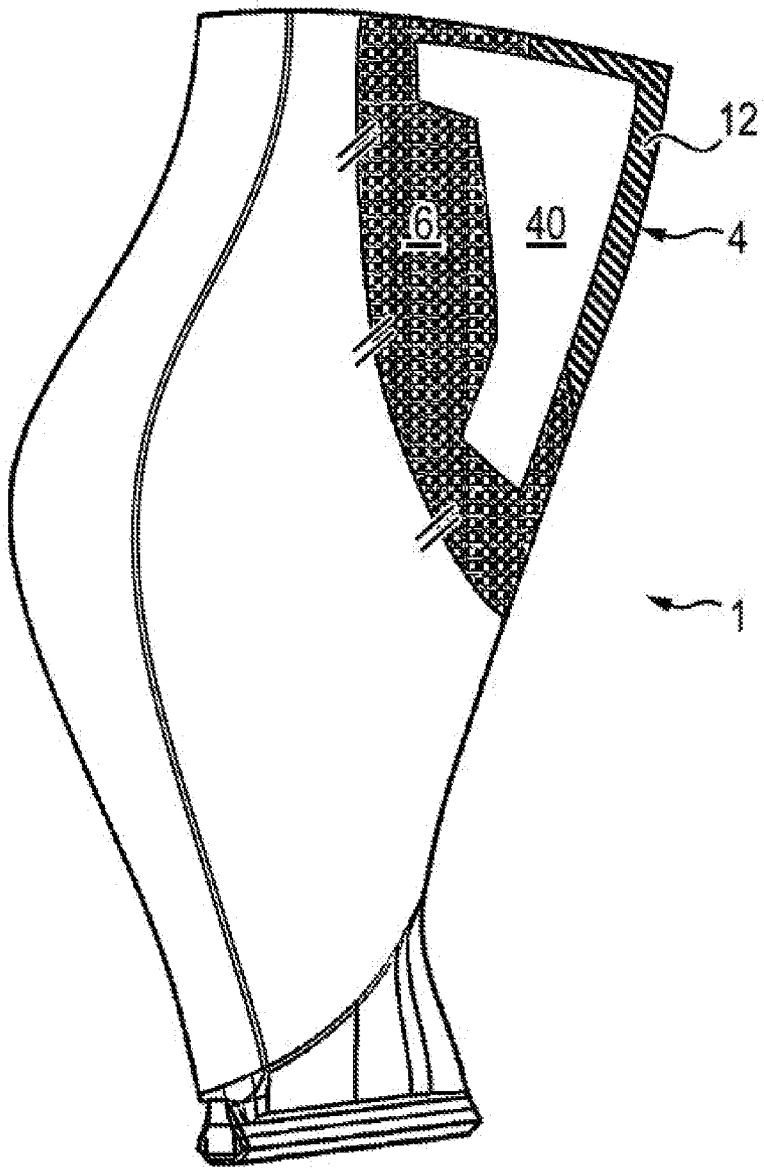
[Fig. 4]



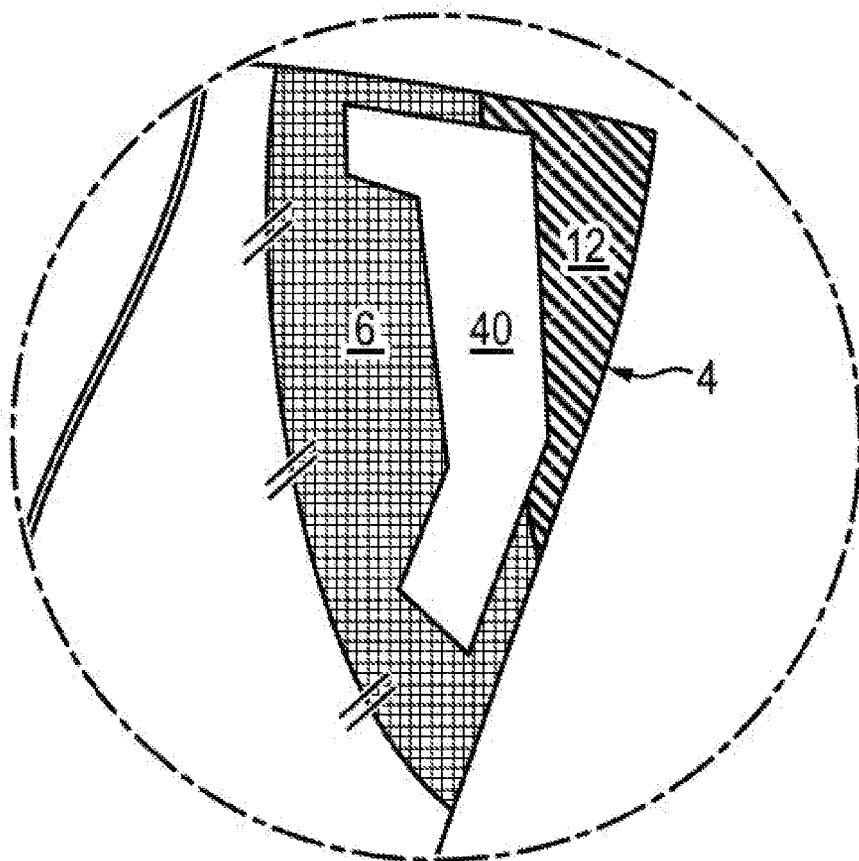
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

FR 3 085 414 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
[FR]) 6 mars 2020 (2020-03-06)

EP 3 205 826 A1 (GEN ELECTRIC [US])
16 août 2017 (2017-08-16)

FR 3 027 549 A1 (SNECMA [FR])
29 avril 2016 (2016-04-29)

EP 1 489 264 A1 (SIEMENS AG [DE])
22 décembre 2004 (2004-12-22)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT