(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 141 722***

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 11690**

(51) Int Cl[8] : ***F 01 D 5/28*** *(2023.01), F 01 D 9/02, B 29 C 70/48, B 29 L 31/08*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 09.11.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 10.05.24 Bulletin 24/19.

(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 SA* — FR et *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** IGLESIAS CANO, Celia, PEIFFER, Alexandra et LAUWICK, Lucas Antoine Christophe.

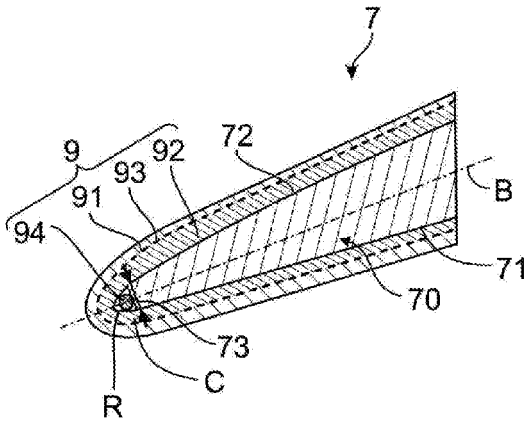
(73) **Titulaire(s) :** SAFRAN SA, SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

(74) **Mandataire(s) :** GEVERS & ORES.

(54) AUBE EN MATERIAU COMPOSITE ET SON PROCEDE DE FABRICATION.

(57) L'invention concerne une aube (7) en matériau formée par une préforme fibreuse noyée dans une résine et comprenant un bord d'attaque (73), un bord de fuite, un intrados (71) relié à un extrados (72) par le bord d'attaque (73) et le bord de fuite, et l'aube (7) comprenant un tapis chauffant (9) situé au moins au niveau dudit bord d'attaque (73), l'aube (7) comprend au moins une cavité (C) qui s'étend le long d'au moins une partie dudit bord d'attaque (73) et qui est configurée pour recevoir au moins un organe d'alimentation (94) du tapis chauffant (9).

Figure pour l'abrégé : Figure 6b



FR 3 141 722 - A1

Description

Titre de l'invention : AUBE EN MATERIAU COMPOSITE ET SON PROCEDE DE FABRICATION

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine des turbomachines, notamment d'aéronef, et vise en particulier une aube en matériau composite comportant un tapis de chauffage, et un procédé de fabrication d'une telle aube.

Arrière-plan technique

[0002] De manière bien connue, une turbomachine en particulier à double flux d'un aéronef comprend, d'amont en aval dans le sens d'écoulement des gaz, une soufflante, un compresseur basse pression, un compresseur haute pression, une chambre de combustion, une turbine haute pression et une turbine basse pression. La soufflante permet de générer un flux primaire (ou flux chaud) circulant dans une veine primaire traversant le moteur de la turbomachine, et un flux secondaire (ou flux froid circulant) dans une veine secondaire autour du moteur de la turbomachine. Le moteur (ou générateur de gaz) de la turbomachine est composé des compresseurs, des turbines et de la chambre de combustion.

[0003] Ces veines primaire et secondaire sont séparées par un carter inter-veine annulaire pourvu d'un bec de séparation. La soufflante comprend des aubes de soufflante (notamment mobiles) avec chacune une extrémité libre de manière à comprimer un flux d'air incident au moins dans la veine secondaire et, de préférence, également dans la veine primaire.

[0004] De manière classique, la veine secondaire comporte, en aval de la soufflante, un étage d'aubes de stator, connues également sous le terme d'aubes de redresseur ou aube de guidage de sortie pour la désignation anglaise de « Outlet Guide Vanes » (OGV). Une aube OGV a pour fonction de redresser le flux à la sortie d'une aube de soufflante dans le flux secondaire de la turbomachine. En particulier, les aubes OGV forment des rangées d'aubes fixes qui permettent de guider le flux traversant la turbomachine, selon une vitesse et un angle appropriés. Les aubes de soufflante et les aubes OGV sont régulièrement réparties autour de l'axe de rotation de la soufflante.

[0005] Une aube, qu'elle soit mobile ou fixe, présente typiquement une forme aérodynamique. L'aube comprend une face intrados et une face extrados reliée à la face intrados par un bord d'attaque et un bord de fuite. Pour réduire le poids de l'aube, l'aube peut être formée d'un matériau composite comprenant des fibres noyées dans une matrice polymérique.

[0006] La turbomachine peut être carénée ou non-carénée. Une turbomachine carénée

comprend un carter de rétention qui s'étend autour des aubes de la soufflante et des aubes OGV. La turbomachine non-carénée (connue sous la désignation anglais de « propfan » ou « open rotor ») présente une soufflante tournant moins rapidement qui est donc particulièrement sensible aux phénomènes d'accrétion de glace et de givre, dans certaines conditions de vol. Les aubes d'une turbomachine non-carénée comprennent un système de dégivrage ou d'antigivrage pour lutter contre ces phénomènes d'accrétion de glace et givre.

[0007] Cependant, l'intégration des fonctions de dégivrage (notamment un chauffage fort et non continu pour supprimer la glace accrétée sur les pièces) ou d'antigivrage (notamment un chauffage doux et continu pour empêcher l'accrétion de glace sur les pièces) sur des pièces composites n'est pas simple. En effet, le matériau composite n'est pas un bon conducteur thermique et nécessite une augmentation notable de puissance pour obtenir des effets similaires à un matériau bon conducteur thermique. De plus, le matériau composite peut présenter des limitations en termes de températures maximales en fonctionnement autour d'environ 120°C qui pourrait complexifier son intégration avec un système de dégivrage. Cet aspect rajouterai donc de la complexité (en terme par exemple d'encombrement, empilements supplémentaires, etc.) et peut nécessiter de devoir protéger et isoler la partie en matériau composite de l'aube.

[0008] Dans le cadre des aubes en matériau composite, il est connu d'ajouter une couche chauffante à la surface de l'aube, communément appelé « tapis chauffant » ou « tapis de chauffage ». Le tapis chauffant est en pratique composé de multiples couches, certaines couches conductrices et d'autres couches isolantes, afin de réchauffer la zone de l'aube par effet Joule.

[0009] Le tapis chauffant peut comporter un système électrique de chauffage (tel qu'un ou plusieurs câbles électriques) qui est disposé sur une surface de l'aube dans le prolongement du tapis chauffant (par exemple par collage) jusqu'au pied d'aube. Le système électrique du tapis chauffant peut être enveloppé avec une couche de protection qui peut être similaire au tapis chauffant.

[0010] Cependant, cette configuration peut présenter comme inconvénients d'avoir :

- une surépaisseur sur l'aube de forme plus irrégulière par rapport à l'aube finale envisagée ;
- une absence de protection contre l'érosion (les matériaux constituant le tapis chauffant pouvant être sensibles à l'érosion) ;
- une énergie électrique importante lorsque la fonction de dégivrage est active ou une énergie électrique moindre dans le cas de l'antigivrage.

[0011] Les aubes en matériau composite étant situées dans le flux secondaire, peuvent être soumises à de l'érosion et à des impacts par des corps étrangers (graviers d'une piste

de décollage/d'atterrissage, grêlons, oiseaux, etc.). Pour les protéger, il est connu d'ajouter une gaine de protection au niveau du bord d'attaque. La gaine de protection peut présenter une forme de dièdre comprenant une première ailette latérale et une seconde ailette latérale reliées par une portion centrale formant un nez. La portion centrale recouvre le bord d'attaque et la première ailette latérale s'étend sur la face intrados et la seconde ailette latérale s'étend sur la face extrados. La gaine de protection est typiquement un bouclier métallique. L'utilisation des couches de renforts en polymère thermodurcissable associé à un film en polymère thermoplastique est suggéré comme alternative aux clinquants métalliques.

[0012] Le métal du bouclier métallique étant bien meilleur conducteur thermique, celui-ci est mis à profit dans le dégivrage par l'ajout d'une couche supplémentaire (notamment d'éléments chauffants et d'isolant) entre le métal et le composite. Cependant, cette configuration en plusieurs strates peut présenter comme inconvénients d'avoir :

- une surépaisseur au niveau du bord d'attaque de l'aube pénalisant ses propriétés aérodynamiques,
- un risque de mauvaise adhérence multiplié par le nombre de couches, et augmentant ainsi le risque de mauvaise interface entre le composite et le métal, de façon à mettre à risque la tenue mécanique de la pièce en cas d'impact par un corps étranger ;
- difficulté à faire l'appairage de la gaine de protection (telle que le bouclier métallique) avec l'aube en matériau composite (puisqu'il n'y a pas de fond de cavité arrêté par le bord de la préforme de l'aube destiné à former le bord d'attaque) qui peut entraîner une mise au rebut prématurée de l'aube ;
- un risque de vieillissement prématuré de la colle entre le métal du bouclier métallique et le composite ;
- une complexité à produire de façon reproductive ;
- une complexité à produire cette portion de l'aube avec une surface lisse et aérodynamique (à savoir sans bourrelets ni marches ascendantes) ;
- une énergie électrique d'autant plus importante lorsque la fonction de dégivrage est active (ou une énergie électrique moindre dans le cas de l'antigivrage) qu'il faut en plus chauffer le bouclier métallique.

[0013] Dans ce contexte, il est intéressant de proposer une solution permettant de pallier au moins un des inconvénients précités, notamment en optimisant la géométrie d'une aube en matériau composite pour simplifier l'intégration des fonctions de dégivrage et/ou d'antigivrage.

Résumé de l'invention

[0014] La présente invention propose une solution simple, efficace et économique aux inconvénients précités de l'art antérieur.

[0015] À cet effet, l'invention concerne une aube en matériau composite formée par une préforme fibreuse noyée dans une résine et comprenant un bord d'attaque, un bord de fuite, et un intrados relié à un extrados par le bord d'attaque et le bord de fuite, et l'aube comportant un tapis chauffant situé au moins au niveau dudit bord d'attaque.

[0016] Selon l'invention, l'aube comprend au moins une cavité qui s'étend le long d'au moins une partie dudit bord d'attaque, ladite au moins une cavité étant configurée pour recevoir au moins un organe d'alimentation dudit tapis chauffant.

[0017] Ainsi, cette solution permet d'atteindre l'objectif susmentionné. De manière générale, l'invention permet de faciliter l'ajout et l'intégration des fonctions de dégivrage et/ou d'antigivrage dans une aube en matériau composite pour une protection optimale vis-à-vis des phénomènes d'accrétion de glace ou de givre sur l'aube en fonctionnement. Pour cela, au moins une cavité est ménagée au niveau du bord d'attaque de l'aube pour pouvoir y intégrer directement le ou les organes d'alimentation configurés pour être reliés au tapis chauffant de l'aube. Ce qui permet également de contrôler plus facilement et plus rapidement l'énergie nécessaire pour réaliser les fonctions de dégivrage et/ou d'antigivrage. En effet, l'organe d'alimentation est positionné dans la cavité et au plus près des parois de l'aube à ré-chauffer.

[0018] Cette cavité ménagée directement à l'intérieur de l'aube, en particulier au niveau du bord d'attaque de l'aube, permet d'éviter une surépaisseur au niveau du bord d'attaque qui pourrait pénaliser les propriétés aérodynamiques de l'aube en fonctionnement.

[0019] Par ailleurs, cette solution peut être adaptée facilement sur une aube avec une gaine de protection (telle qu'un bouclier métallique) au niveau du bord d'attaque.

[0020] Enfin, la nouvelle configuration de l'aube de l'invention est moins encombrante, plus simple à assembler et plus sûre à utiliser par exemple dans une turbomachine.

[0021] L'aube en matériau composite de l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

[0022] - le tapis chauffant est au moins en partie logé dans la cavité ;

[0023] - une surface interne des parois délimitant ladite au moins une cavité, est au moins en partie tapissée et recouverte par ledit tapis chauffant ;

[0024] - la cavité est située entre le bord d'attaque et le tapis chauffant ;

[0025] - le tapis chauffant comprend une couche isolante interne, une couche isolante externe, et au moins un élément chauffant intercalé entre les couches interne et externe et destiné à être relié audit organe d'alimentation ;

[0026] - ledit bord d'attaque est recouvert au moins en partie par une gaine de protection, cette gaine de protection recouvrant au moins en partie ledit tapis chauffant ;

[0027] - un nez de la gaine de protection présente une épaisseur E1 supérieure à des

épaisseurs E2, E3 respectives des ailettes latérales de la gaine de protection, lesdites épaisseurs E1, E2, E3 étant mesurées dans une section transversale à un axe A d'allongement de l'aube ;

[0028] - ladite cavité a une hauteur H2 mesurée le long d'un axe A d'allongement de l'aube, qui représente entre 40 et 100% d'une hauteur H1 de l'aube mesurée dans le même plan P_H ;

[0029] - ladite au moins une cavité a une épaisseur maximale E4 comprise entre 1 et 4 mm, ladite épaisseur E4 étant mesurée dans une section transversale à un axe A d'allongement de l'aube ;

[0030] - ladite au moins une cavité a une dimension L2 maximale mesurée dans un plan perpendiculaire P_L à un axe A d'allongement de l'aube, qui est comprise entre 3 et 16 mm ;

[0031] - ledit au moins un élément chauffant est choisi parmi une couche résistive chauffante, un câble résistif et un conduit de fluide chauffant ;

[0032] - au moins un organe d'alimentation est logé à l'intérieur de ladite au moins une cavité et est configuré pour alimenter en électricité ou en fluide ledit au moins un élément chauffant ;

[0033] - un matériau de remplissage, par exemple une colle, comble l'espace vide de ladite au moins une cavité contenant ledit organe d'alimentation ;

[0034] -- le tapis chauffant est composé de multiple couches, par exemple au moins une des couches est conductrice et d'autre(s) couche(s) est ou sont isolante(s).

[0035] La présente invention concerne également une turbomachine, en particulier d'aéronef, comportant au moins une aube en matériau composite selon l'une des particularités de l'invention.

[0036] L'aube peut être fixe et/ou mobile.

[0037] La turbomachine peut être un turboréacteur, turbopropulseur ou turbomoteur d'aéronef.

[0038] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une aube en matériau composite selon l'une des particularités de l'invention.

[0039] Le procédé de l'invention peut comprendre les étapes consistant à :

(a) réaliser une préforme fibreuse par tissage de fibres,

(b) agencer la préforme fibreuse dans un moule,

(c) insertion d'au moins un noyau soluble soit au niveau d'un bord de la préforme fibreuse destiné à former le bord d'attaque de l'aube, soit de manière à combler entièrement au moins un logement de la préforme fibreuse destiné à former ladite au moins une cavité,

(d) positionner le tapis chauffant au niveau du bord de la préforme fibreuse,

(e) positionner une gaine de protection au niveau du bord de la préforme fibreuse,

(f) injecter la résine dans le moule afin de noyer la préforme fibreuse dans cette résine, et de former l'aube,

(g) dissoudre ledit au moins un noyau soluble pour former ladite au moins une cavité.

[0040] Ces étapes (a) à (g) du procédé de fabrication peuvent être réalisées isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s).

[0041] Le procédé de fabrication de l'invention peut permettre de rapporter et de co-injecter au moins un noyau soluble au niveau du bord de la préforme fibreuse destiné à former le bord d'attaque de l'aube, de façon à ce que le retrait par dissolution ou solubilisation de ce noyau soluble forme la cavité de l'aube destinée à recevoir le ou les organes d'alimentation du tapis chauffant.

[0042] On entend par « co-injecter », une étape unique pour mouler plusieurs pièces (à savoir le noyau soluble et la préforme fibreuse) en injectant une résine de façon simultanée dans le procédé de fabrication.

[0043] On entend par « noyau soluble », un matériau non-fonctionnel destiné à être dissout pour former une cavité au sein de l'aube. Le retrait du noyau soluble ne dénature donc pas les fonctions de dégivrage et/ou d'antigivrage de l'aube.

[0044] Le procédé de l'invention permet ainsi de faciliter l'intégration des fonctions de dégivrage et/ou d'antigivrage dans l'aube pour une protection optimale de l'aube formée vis-à-vis des phénomènes d'accrétion de glace ou de givre.

[0045] Le procédé de fabrication de l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

[0046] - ledit au moins un noyau soluble est positionné au moins en partie à l'intérieur de la gaine de protection ;

[0047] - le tapis chauffant est positionnée au moins en partie sur ledit au moins un noyau soluble ;

[0048] - le tapis chauffant enveloppe au moins en partie ledit au moins un noyau soluble ;

[0049] - ledit tapis chauffant remplace la gaine de protection ;

[0050] - ledit tapis chauffant est inséré au moins en partie dans ladite au moins une cavité ;

[0051] - le procédé comprend en outre une étape (i) d'insertion et d'installation du ou des organes d'alimentation du tapis chauffant dans ladite au moins une cavité ;

[0052] - l'au moins un noyau soluble est réalisé par coulée d'un noyau soluble en céramique, par exemple un noyau avec des sels de zircone, à la forme de l'au moins une cavité ; ou par fabrication additive dans un matériau polymérique soluble ;

[0053] -- le procédé comprend une étape (h) d'usinage de l'aube ;

[0054] -- le procédé comprend une étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube ;

[0055] -- le tissage des fibres est réalisé en trois dimensions ;

[0056] -- l'au moins un noyau soluble est éliminé (par un procédé dépendant de sa nature),

par exemple l'au moins un noyau soluble en céramique est solubilisé et éliminé par un fluide sous pression, ou l'au moins un noyau soluble en matériau polymérique est dissous et éliminé dans un bain basique à une température d'environ 70°C.

[0057] Le procédé de fabrication de l'invention selon un premier exemple comprend les étapes successives suivantes :

l'étape (a) de réalisation de la préforme fibreuse par tissage de fibres,

l'étape (b) d'agencement de la préforme fibreuse dans le moule,

l'étape (c) d'insertion d'au moins un noyau soluble et l'étape (d) de positionnement du tapis chauffant qui peuvent être réalisées de façon simultanée,

l'étape (e) de positionnement de la gaine de protection par exemple au moins en partie au niveau du tapis chauffant (et peut être positionnée aussi au moins en partie au niveau du bord de la préforme fibreuse),

l'étape (f) d'injection de la résine dans le moule,

l'étape (g) de dissolution dudit au moins un noyau soluble,

l'étape (h) d'usinage de l'aube, et

l'étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube.

[0058] Dans ce premier exemple, la réalisation simultanée des étapes (c) et (d) peut être remplacée par la réalisation de l'étape (d) puis de l'étape (c). L'étape (h) et/ou l'étape (j) peut être optionnelle dans ce premier exemple.

[0059] Le procédé de fabrication de l'invention selon un second exemple comprend les étapes successives suivantes :

l'étape (a) de réalisation de la préforme fibreuse,

l'étape (b) d'agencement de la préforme fibreuse dans le moule,

l'étape (c) d'insertion d'au moins un noyau soluble,

l'étape (e) de positionnement de la gaine de protection par exemple au moins en partie au niveau dudit au moins un noyau soluble (et peut être positionnée aussi au moins en partie au niveau du bord de la préforme fibreuse),

l'étape (f) d'injection de la résine dans le moule,

l'étape (g) de dissolution dudit au moins un noyau soluble,

l'étape (h) d'usinage,

l'étape (i) d'insertion et d'installation du ou des organes d'alimentation, et

l'étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube.

[0060] L'étape (h) et/ou l'étape (j) peut être optionnelle dans ce second exemple.

[0061] Le procédé de fabrication de l'invention selon un troisième exemple comprend les étapes successives suivantes :

l'étape (a) de réalisation de la préforme fibreuse,

l'étape (b) d'agencement de la préforme fibreuse dans le moule,

l'étape (c) d'insertion d'au moins un noyau soluble,

l'étape (f) d'injection de la résine dans le moule,
l'étape (d) de positionnement du tapis chauffant par exemple au moins en partie au niveau dudit au moins un noyau soluble (et peut être positionnée aussi au moins en partie au niveau du bord de la préforme fibreuse),
l'étape (g) de dissolution dudit au moins un noyau soluble,
l'étape (h) d'usinage, et
l'étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube.

[0062] L'étape (h) et/ou l'étape (j) peut être optionnelle dans ce troisième exemple.

Brève description des figures

[0063] La présente invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description d'un exemple non limitatif qui suit, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0064] La [Fig.1] est une demi vue en coupe axiale représentant schématiquement une turbomachine d'aéronef ;

[0065] La [Fig.2] est une vue en perspective représentant schématiquement une aube mobile de turbomachine ;

[0066] La [Fig.3] est une vue en perspective représentant schématiquement une aube fixe de turbomachine ;

[0067] La [Fig.4a] est une vue partielle en coupe transversale passant par le plan B-B de la [Fig.2] ou de la [Fig.3], représentant schématiquement un premier mode de réalisation de l'aube comportant un tapis chauffant, un bouclier métallique et une cavité au niveau d'un bord d'attaque de l'aube ;

[0068] La [Fig.4b] est une vue partielle en coupe transversale de l'aube de la [Fig.4a], dans laquelle un organe d'alimentation du tapis chauffant est logé dans la cavité ;

[0069] La [Fig.5a] est une vue partielle en coupe transversale passant par le plan B-B de la [Fig.2] ou de la [Fig.3], représentant schématiquement un second mode de réalisation de l'aube comportant un tapis chauffant, un bouclier métallique et une cavité au niveau d'un bord d'attaque de l'aube ;

[0070] La [Fig.5b] est une vue partielle en coupe transversale de l'aube de la [Fig.5a], dans laquelle un organe d'alimentation du tapis chauffant est logé dans la cavité ;

[0071] La [Fig.6a] est une vue partielle en coupe transversale passant par le plan B-B de la [Fig.2] ou de la [Fig.3], représentant schématiquement un troisième mode de réalisation de l'aube comportant un tapis chauffant et une cavité au niveau d'un bord d'attaque de l'aube ;

[0072] La [Fig.6b] est une vue partielle en coupe transversale de l'aube de la [Fig.6a], dans laquelle un organe d'alimentation du tapis chauffant est logé dans la cavité ;

[0073] La [Fig.7] est un premier organigramme d'un procédé de fabrication générale de l'aube de l'invention ;

[0074] La [Fig.8] est une vue en coupe représentant schématiquement une étape du procédé de la [Fig.7], dans laquelle une préforme fibreuse et un noyau soluble sont agencés dans un moule ;

[0075] La [Fig.9a] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de fabrication de l'aube du premier mode de réalisation des figures 4a et 4b, dans laquelle un noyau soluble est au niveau d'un bord d'attaque de l'aube ;

[0076] La [Fig.9b] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de dissolution et retrait du noyau soluble de l'aube de la [Fig.9a], pour former la cavité ;

[0077] La [Fig.9c] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de positionnement d'un élément chauffant du tapis chauffant dans la cavité de l'aube de la [Fig.9b] ;

[0078] La [Fig.10a] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de fabrication de l'aube du second mode de réalisation des figures 5a et 5b, dans laquelle un noyau soluble est au niveau du bord d'attaque de l'aube ;

[0079] La [Fig.10b] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de dissolution et retrait du noyau soluble de l'aube de la [Fig.10a], pour former la cavité ;

[0080] La [Fig.10c] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de positionnement d'un élément chauffant et d'une couche isolante interne du tapis chauffant recouvrant la cavité et au moins une partie du bord d'attaque de l'aube de la [Fig.10b] ;

[0081] La [Fig.10d] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape d'installation de l'organe d'alimentation du tapis chauffant dans la cavité de l'aube de la [Fig.10c] ;

[0082] La [Fig.11a] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de fabrication de l'aube du troisième mode de réalisation des figures 6a et 6b, dans laquelle une couche isolante interne du tapis chauffant recouvre au moins une partie du bord d'attaque de l'aube et un noyau soluble au niveau de ce bord d'attaque ;

[0083] La [Fig.11b] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de positionnement d'un élément chauffant sur la couche isolante interne de l'aube de la [Fig.11a] ;

[0084] La [Fig.11c] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de positionnement d'une couche isolante externe du tapis

chauffant sur l'élément chauffant de l'aube de la [Fig.11b] ;

[0085] La [Fig.11d] est une vue partielle en coupe transversale représentant schématiquement une étape de dissolution et retrait du noyau soluble de l'aube de la [Fig.11c], pour former la cavité ;

[0086] La [Fig.12] est un second organigramme d'un premier exemple de réalisation du procédé de fabrication de la [Fig.7] ;

[0087] La [Fig.13] est un troisième organigramme d'un second exemple de réalisation du procédé de fabrication de la [Fig.7] ;

[0088] La [Fig.14] est un quatrième organigramme d'un troisième exemple de réalisation du procédé de fabrication de la [Fig.7].

[0089] Les éléments ayant les mêmes fonctions dans les différentes mises en œuvre ont les mêmes références dans les figures.

Description détaillée de l'invention

[0090] Par convention, dans la description ci-après, les termes « longitudinal » et « axial » qualifient l'orientation d'éléments structurels s'étendant selon la direction d'un axe longitudinal (tel que celui d'une turbomachine). Les termes « radial » ou « vertical » qualifient une orientation d'éléments structurels s'étendant selon une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal. Les termes « intérieur » et « extérieur », et « interne » et « externe » sont utilisés en référence à un positionnement par rapport à l'axe longitudinal. Ainsi, un élément structurel s'étendant selon l'axe longitudinal comporte une face intérieure tournée vers l'axe longitudinal et une surface extérieure, opposée à sa surface intérieure.

[0091] L'invention peut s'appliquer de façon non limitative à une turbomachine 10, en particulier d'aéronef.

[0092] La turbomachine 10 peut être carénée qui est par exemple représentée sur la [Fig.1]. La turbomachine 10 peut être un turboréacteur, turbomoteur ou turbopropulseur.

[0093] La turbomachine 10 s'étend autour d'un axe longitudinal X. Elle comprend d'amont en aval dans le sens d'écoulement des gaz F le long de l'axe longitudinal X, une soufflante 1, au moins un compresseur (tel qu'un compresseur basse pression 2 et/ou un compresseur haute pression 4), une chambre de combustion 5, au moins une turbine 6 (telle qu'une turbine haute pression et/ou une turbine basse pression) et une tuyère (non représentée).

[0094] Un rotor de la turbine basse pression est relié à la soufflante 1 et au rotor du compresseur basse pression 2 par un arbre basse pression (non représenté). Un rotor de la turbine haute pression est quant à lui relié au rotor du compresseur haute pression 4 par un arbre haute pression (non représenté).

[0095] La turbomachine 10 comprend par ailleurs un redresseur 3. Le redresseur 3 peut

comprendre au moins une rangée annulaire d'aubes OGV (notamment fixes). Les aubes OGV permettent de redresser le flux à la sortie d'un rotor situé en amont afin de fournir une poussée maximale à la sortie de la turbomachine 10. Sur l'exemple particulier de la [Fig.1], le redresseur 3 est situé en aval de la soufflante 1 et permet de redresser un flux secondaire F2.

[0096] La soufflante 1 comprend une rangée annulaire d'aubes de soufflante (notamment mobiles) s'étendant autour de l'axe X. La soufflante 1 permet l'aspiration d'un flux d'air se divisant en un flux primaire F1 et en flux secondaire F2. Le flux primaire F1 traverse une veine primaire de la turbomachine 10 tandis que le flux secondaire F2 est dirigé vers une veine secondaire entourant la veine primaire.

[0097] Le flux primaire F1 est comprimé au sein du compresseur basse pression 3 puis du compresseur haute pression 4. L'air comprimé est ensuite mélangé à un carburant et brulé au sein de la chambre de combustion 5. Les gaz formés par la combustion traversent la turbine haute pression et la turbine basse pression. Les gaz s'échappent enfin au travers de la tuyère dont la section permet l'accélération de ces gaz pour générer de la propulsion. Le flux secondaire F2 traverse le redresseur 3 qui accélère la vitesse de circulation du flux secondaire F2 pour générer de la propulsion.

[0098] La soufflante 1, le compresseur basse pression 2, le compresseur haute pression 4, la turbine haute pression, la turbine basse pression, et le redresseur 3 comprennent des aubes 7. Les aubes 7 peuvent être mobiles (par exemple l'aube de soufflante de la [Fig.2]) en rotation autour de l'axe longitudinal X, ou fixes (l'aube 7 OGV du redresseur 3 de la [Fig.3]) par rapport à l'axe X. Les aubes 7 s'étendent radialement par rapport à l'axe X.

[0099] Dans la description qui suit, l'invention sera décrite dans le cadre de son application à une aube 7 en matériau composite, notamment en référence aux figures 2 à 11d. Cette aube 7 peut être mobile de la soufflante 1 ([Fig.2]) ou fixe du redresseur 3 ([Fig.3]).

[0100] L'invention n'est toutefois pas limitée à une aube mobile de soufflante ou d'un redresseur d'une turbomachine carénée, et peut être appliquée de manière générale à d'autres types d'aubes réalisées en matériau composite, telles que des :

- aubes fixes et/ou mobiles des compresseurs basse pression 3 et haute pression 4, des turbines haute pression et basse pression de la turbomachine 10, et/ou
- aubes fixes et/ou mobiles d'une turbomachine non-carénée.

[0101] En référence aux figures 2 et 3, chaque aube 7 peut être formée par une préforme fibreuse noyée dans une résine. L'aube 7 s'étend, d'une part, suivant un axe d'allongement A (sensiblement vertical sur les figures 2 et 3), et d'autre part, suivant un axe longitudinal B (sensiblement horizontal sur les figures 2 et 3). Cet axe A est sensiblement perpendiculaire à l'axe B. L'axe A est sensiblement perpendiculaire ou

incliné à l'axe X de la turbomachine 10.

[0102] L'aube 7 comprend une face intrados 71 (désignée par la suite par intrados) et une face extrados 72 (désignée par la suite par extrados). L'intrados 71 et l'extrados 72 s'étendent transversalement entre un bord d'attaque 73 et un bord de fuite 74 de l'aube 7.

[0103] L'aube 7 peut comprendre une pale 70. La pale 70 peut avoir un profil aérodynamique pour former la partie aérodynamique de l'aube 7. Pour cela, la pale 70 peut présenter un profil incurvé d'épaisseur variable entre le bord d'attaque 73 et son bord de fuite 74 de l'aube 7.

[0104] Sur les exemples des figures 2 et 3, la pale 70 s'étend suivant l'axe A entre une première extrémité (notamment au niveau d'un sommet 75 de l'aube) et une seconde extrémité opposée à la première extrémité.

[0105] Dans le cas des aubes 7 mobiles de la [Fig.2], ces aubes 7 peuvent comprendre chacune en outre un pied 76. Le pied 76 est notamment relié à la seconde extrémité de la pale 70. Il est destiné à être fixé à un disque (non représenté) par exemple mobile en rotation autour de l'axe X. La seconde extrémité est quant à elle libre et configurée pour former un sommet 75 (ou une tête) d'aube 7.

[0106] Dans le cas des aubes 7 fixes de turbomachine carénée de la [Fig.3], ces aubes 7 peuvent comprendre chacune en outre une première plateforme 77a et une seconde plateforme 77b opposée. La première plateforme 77a est solidaire de la première extrémité de la pale 70 et la seconde plateforme 77b est solidaire de la seconde extrémité.

[0107] En variante (non illustrée), des aubes fixes de turbomachine non-carénée, la seconde extrémité de ces aubes comprend la seconde plateforme 77b et la première extrémité est libre.

[0108] La pale 70 peut avoir une première hauteur H1 mesurée sensiblement le long de l'axe A. Cette première hauteur H1 peut être comprise entre 0.25 et 1,50 mètre. De préférence, la première hauteur H1 est comprise entre 0.60 et 1,30 mètre.

[0109] La pale 70 peut avoir une première dimension L1 mesurée dans un plan P_L sensiblement perpendiculaire à l'axe A.

[0110] L'aube 7 (en particulier la pale 70) peut être réalisée en matériau composite. Le matériau composite peut comporter une matrice polymérique et un renfort fibreux noyé et densifié dans la matrice pour former une préforme fibreuse 700. Dit autrement, la préforme fibreuse 700 est noyée dans une résine. Par « préforme fibreuse », il est entendu une pièce intermédiaire de réalisation de l'aube 7 finale. Le matériau composite est par exemple un composite à matrice organique (CMO). La résine ou matrice (une fois la résine densifiée) est par exemple une résine polymérique thermoplastique ou thermodurcissable. Le matériau thermodurcissable est par exemple un

polymère époxyde. Le renfort fibreux comprend des fibres qui sont par exemple des fibres de carbone, de céramique telle que du carbure de silicium, de verre ou encore d'aramide.

[0111] Dans la présente demande, la pale 70 peut être assimilée à l'aube 7.

[0112] Par ailleurs, sur les exemples des figures 2, 3, 4a, 4b, 5a et 5b, l'aube 7 peut comprendre également une gaine de protection 8. La gaine de protection 8 permet de protéger l'aube contre les chocs extérieurs (graviers d'une piste de décollage/ d'atterrissage, grêlons, oiseaux, etc.) et contre l'érosion de l'aube.

[0113] On entend par « gaine de protection » dans la présente demande, un organe de forme variable (par exemple qui présente une forme en U ou en V en section transversale par rapport à l'axe A) qui recouvre au moins en partie le bord d'attaque 73 de l'aube 7.

[0114] La gaine de protection 8 peut être un renfort métallique, un bouclier métallique, un clinquant métallique ou tout autre forme permettant de recouvrir au moins en partie le bord d'attaque de l'aube.

[0115] Le matériau métallique de la gaine de protection 8 est par exemple du titane ou un alliage tel qu'un acier (par exemple un acier inoxydable) un alliage de nickel et de cobalt (NiCo). Cette gaine de protection 8 s'étend sur le bord d'attaque 73 de la pale. Avantageusement, la gaine de protection 8 peut s'étendre en hauteur (par rapport à l'axe A) et sur une portion en longueur (par rapport à l'axe B) de l'intrados 71 et de l'extrados 72 depuis le bord d'attaque 73 de l'aube 7. La gaine de protection 8 peut être fixé au bord d'attaque 73 par collage.

[0116] En référence aux figures 4a, 4b, 5a et 5b, la gaine de protection 8 présente une forme générale, en section transversale par rapport à l'axe A, en « V » ou « U ». La gaine de protection 8 peut comprendre deux ailettes latérales, respectivement, intrados 81 et extrados 82. L'ailette intrados 81 est reliée à l'ailette extrados 82 par une portion centrale appelée « nez » 83. Les ailettes latérales 81, 82 et le nez 83 sont monoblocs (c'est-à-dire venue de matière).

[0117] Avantageusement, l'épaisseur de la gaine de protection 8 est variable. Sur l'exemple des figures 4a, 4b, 6a et 6b, le nez a une première épaisseur E1 sensiblement égale aux second et troisième épaisseurs E2, E3 des ailettes latérales 81, 82. Sur l'exemple des figures 5a et 5b, la première épaisseur E1 est supérieure aux second et troisième épaisseurs E2, E3. On dit que le nez 83 est « plein ». Les épaisseurs E1, E2, E3 sont mesurées suivant une section transversale à l'axe A. Sur les exemples des figures, la première épaisseur E1 est mesurée le long d'une corde de l'aube qui s'étend du bord d'attaque 73 jusqu'au bord de fuite 74, alors que la seconde épaisseur E2 et la troisième épaisseur E3 sont mesurées entre les faces intrados 71 et extrados 72 de la pale.

[0118] Les ailettes latérales 81, 82 et le nez 83 définissent entre eux une cavité dans laquelle

le bord d'attaque 73 est agencé. Les ailettes latérales 81, 82 peuvent être effilées en direction du bord de fuite 74 de l'aube 7 (en particulier de la pale 70).

[0119] Afin de protéger les aubes 7 des phénomènes d'accrétion de glace ou de givre, chaque aube 7 peut comprendre au moins un tapis chauffant 9 permettant de réaliser les fonctions de dégivrage et/ou d'antigivrage. Plusieurs configurations de l'assemblage du tapis chauffant 9 sur le bord d'attaque 73 sont illustrées sur les figures 4a, 4b, 5a, 5b, 6a et 6b.

[0120] On entend par « dégivrage », un dispositif permettant de chauffer à forte température (notamment par rapport à la température de chauffage du dispositif antigivrage) et de façon non continue au moins en partie une zone localisée de l'aube pour supprimer la glace accrétée sur l'aube.

[0121] On entend par « antigivrage », un dispositif permettant de chauffer à faible température (notamment par rapport à la température de chauffage du dispositif de dégivrage) et de façon continuelle au moins en partie une zone localisée de l'aube pour empêcher l'accrétion de la glace sur l'aube.

[0122] Le tapis chauffant 9 peut être situé au moins au niveau du bord d'attaque 73. Le tapis chauffant 9 peut être formé d'une multicouches. La multicouches peut comprendre certaine(s) couche(s) conductrice(s) et d'autre(s) des couche(s) isolante(s) pour réchauffer par effet Joule au moins une partie d'une ou plusieurs zones localisées de l'aube 7.

[0123] Avantageusement, le tapis chauffant 9 peut comprendre au moins une couche isolante interne 92 et/ou au moins une couche isolante externe 91, et au moins un élément chauffant 93.

[0124] La couche isolante externe 91 peut être réalisée en élastomère. Cette couche isolante externe 91 permet une isolation électrique pour assurer une bonne résistance à l'abrasion, une bonne tenue aux fluides et une bonne tenue mécanique de l'aube. La couche isolante externe 91 peut être faiblement d'isolation thermique puisque cette couche externe au contact de la gaine de protection 8 devrait être chauffer pour son dégivrage.

[0125] Par exemple, la couche isolante externe 91 est un film en polyuréthane ou une peinture en polyuréthane.

[0126] La couche isolante interne 92 peut être réalisée en élastomère contenant du tissu de verre. Cette couche isolante interne 92 permet une isolation électrique et/ ou thermique pour améliorer la résistance de l'aube aux impacts de corps étrangers. L'isolation thermique par la couche isolante interne 92 permet de protéger le matériau composite de l'aube 7.

[0127] Par exemple, la couche isolante interne 92 comprend des fibres de carbone de façon à ce que cette couche interne soit électriquement isolante.

[0128] L'élément chauffant 93 peut être choisi parmi une couche résistive chauffante, un câble résistif et un conduit de fluide chauffant (par exemple un tuyau chauffant type Isobar®).

[0129] Sur les figures 4a à 6b, 10c, 10d et 11a à 11d, l'élément chauffant 93 est représenté en trait pointillé.

[0130] L'élément chauffant 93 peut être configuré pour être relié à un organe d'alimentation 94. Cet organe 94 peut être un câble électrique ou un conduit hydraulique pour permettre d'alimenter le tapis chauffant 9 en électricité ou en fluide, et chauffer l'aube 7.

[0131] Sur les figures 5a, 5b, 6a et 6b, l'élément chauffant 93 peut être intercalé entre les couches isolantes externe 91 et interne 92. Sur les figures 4a et 4b, l'élément chauffant 93 peut être entre le bord d'attaque 73 (en particulier au moins une cavité C) et la couche isolante interne 92. En variante ([Fig.9c]), l'élément chauffant 93 peut être entre le bord d'attaque 73 (en particulier l'au moins une cavité C) et la couche isolante externe 91.

[0132] L'une des particularités de l'invention réside dans le fait que l'aube 7 comprend au moins une cavité C. Cette cavité C s'étend le long (par rapport à l'axe A) d'au moins une partie du bord d'attaque 73 de l'aube 7. La cavité C est configurée notamment pour recevoir au moins un organe d'alimentation 94 du tapis chauffant 9.

[0133] On notera que l'aube 7 des figures 4a, 5a et 6a est dans un état intermédiaire avant son utilisation dans la turbomachine 10. L'aube 7 des figures 4b, 5b et 6b est dans un état final pour une utilisation dans la turbomachine 10, notamment lorsque le ou les organes d'alimentation 94 du tapis chauffant 9 sont logés dans la cavité C.

[0134] Les figures 4a et 4b illustrent un premier mode de réalisation de l'aube 7, telle que décrite en référence aux figures 2 et 3.

[0135] L'aube 7 du premier mode de réalisation comprend la gaine de protection 8 et le tapis chauffant 9 décrits ci-dessus.

[0136] La gaine de protection 8 de l'aube 7 du premier mode de réalisation présente des épaisseurs E1, E2, E3 constantes, en particulier la première épaisseur E1 du nez 83 est égale aux seconde E2 et troisième E3 épaisseurs des ailettes 81, 82.

[0137] La gaine de protection 8 recouvre au moins en partie le tapis chauffant 9. Sur l'exemple des figures 4a et 4b, le tapis chauffant 9 comprend donc la couche externe isolante 91 et l'élément chauffant 93, dans lequel la couche isolante externe 91 est disposée sur l'élément chauffante 93. En variante, le tapis chauffant 9 peut comprendre en outre la couche isolante interne 92, dans lequel l'élément chauffant 93 est intercalé entre les couches isolantes externe 91 et interne 92.

[0138] Le tapis chauffant 9 de l'aube 7 du premier mode de réalisation est notamment au moins en partie logé dans la cavité C. Sur l'exemple de la [Fig.4a], c'est l'élément

chauffant 93 qui est agencé à l'intérieur de la cavité C, et la couche isolante interne 92 recouvre l'élément chauffant 93 et au moins une partie de l'aube 7.

[0139] Avantageusement, les figures 4a et 4b illustrent qu'une surface interne des parois délimitant la cavité C (dans le cas présent, les parois sont notamment formées par au moins en partie la gaine de protection 8 et au moins en partie par le bord d'attaque 73) est tapissée et recouverte au moins en partie du tapis chauffant 9. En particulier, l'élément chauffant 93 tapisse et recouvre la surface interne des parois délimitant la cavité C.

[0140] La cavité C peut avoir une seconde hauteur H2 (non illustrée sur les figures) mesurée également le long de l'axe A. Cette seconde hauteur H2 peut représenter entre 30 et 100% de la première hauteur H1 de la pale. A titre d'exemple, la seconde hauteur H2 de la cavité C représente 50% de la première hauteur H1 de la pale pour réaliser une fonction de dégivrage, et la seconde hauteur H2 représente 100% de la première hauteur H1 pour réaliser une fonction antigivrage.

[0141] Avantageusement, lorsque la seconde hauteur H2 représente 100% de la première hauteur H1 pour une fonction de dégivrage et/ou antigivrage, la cavité C peut déboucher sur chacune des première et seconde extrémités du bord d'attaque 73. Dans ce cas, les trous apparentes de la cavité sont remplis et obturés, par exemple par collage d'un pli de verre, pour notamment empêcher l'entrée d'eau.

[0142] La cavité C peut présenter une quatrième épaisseur E4 mesurée suivant une section transversale à l'axe A. Sur l'exemple des figures 4a et 4b, la quatrième épaisseur E4 est mesurée entre l'intrados 71 et l'extrados 72 de l'aube 7. Cette quatrième épaisseur E4 maximale peut être comprise entre 1,00 et 8.00 mm. De préférence, la quatrième épaisseur E4 maximale est d'environ 2 mm.

[0143] La cavité C peut avoir une seconde dimension L2, telle qu'une largeur, mesurée dans le plan P_L. Sur l'exemple des figures, la seconde dimension L2 est mesurée le long de la corde de la pale. La seconde dimension L2 maximale de la cavité C peut est comprise entre 3,00 et 16,00 mm. De préférence, la seconde dimension L2 maximale est comprise entre 3,00 et 6,00 mm, par exemple L2 est d'environ 4,00 mm.

[0144] En référence à la [Fig.4b], l'aube 7 du premier mode de réalisation comprend en outre l'organe d'alimentation 94 qui est logé à l'intérieur de la cavité C. Cet organe 94 est notamment relié à l'élément chauffant 93 du tapis chauffant 9.

[0145] L'intégralité de la surface de la cavité C peut être remplie par le ou les organes 94 et/ou le tapis chauffant 9, sans espace vide. En pratique, la cavité C peut être dimensionnée pour permettre uniquement l'acheminement du ou des organes 94 et/ou du tapis chauffant 9, pour limiter toute perte d'espace. Lorsque de l'espace vide reste dans la cavité C, cette espace vide peut être rebouchée, notamment lors du parachèvement et des finitions de l'aube, par un matériau de remplissage R. Ce qui permet de protéger

l'organe 94, le tapis chauffant 9 et le bord d'attaque 73 de l'aube 7 contre le remplissage de corps étrangers ou de l'eau dans cette cavité C. Le matériau de remplissage R illustré sur la [Fig.4b] peut être une colle, par exemple une colle réticulant à température ambiante (telle que la colle Henkel EA9396) pour éviter notamment de complexifier le procédé de fabrication avec l'ajout d'un cycle de réticulation en autoclave additionnel.

[0146] Selon une variante non illustrée sur les figures, l'aube 7 peut comprendre plusieurs cavités C formant des compartiments de chauffe. Chacun de ces compartiments de chauffe peut être activé et/ou désactivé par un opérateur (ou par un système automatisé ou semi-automatisé, selon les phases du vol et des mesures pouvant être effectuées dans l'environnement de la turbomachine par des capteurs) de façon indépendamment pour pouvoir chauffer plus ou moins fort selon les zones de l'aube et en fonction des différentes conditions de vol de la turbomachine. Chacune des cavités C (ou compartiments de chauffe) sont limitées radialement (par rapport à l'axe A) l'une de l'autre par un séparateur. Ce séparateur peut être réalisé dans un ou plusieurs matériaux fusible et/ou non fusible (tel que la résine utilisée lors du procédé de fabrication de l'aube) ou par tissage à l'intérieur de la préforme fibreuse avec plusieurs cavités (par exemple en réalisant des déliaisons des fils de chaîne et une augmentation de l'épaisseur de tissage de fils de trame au niveau des déliaisons pour former des séparateurs sous forme de raidisseurs tissés en tridimensionnel).

[0147] Les figures 5a et 5b illustrent un second mode de réalisation de l'aube 7.

[0148] Le second mode de réalisation de l'aube 7 diffère de l'aube 7 du premier mode de réalisation par la gaine de protection 8 et le tapis chauffant 9.

[0149] La gaine de protection 8 de l'aube 7 du second mode de réalisation présente des épaisseurs E1, E2, E3 variables, en particulier la première épaisseur E1 du nez 83 est supérieure aux seconde et troisième épaisseurs des ailettes 81, 82. La gaine de protection 8 recouvre également le tapis chauffant 9. Le tapis chauffant 9 comprend donc les couches isolantes externe 91 et interne 92, et l'élément chauffant 93.

[0150] Dans cet exemple des figures 5a et 5b et de façon non-limitative, le tapis chauffant 9 (et notamment l'élément chauffant 93) recouvre au moins en partie la cavité C et les faces intrados 71 et extrados 72 de l'aube 7.

[0151] La cavité C de l'aube 7 du second mode de réalisation est située entre le tapis chauffant 9 et le bord d'attaque 73. En effet, contrairement au premier mode de réalisation, les figures 5a et 5b illustrent que l'élément chauffant 93 (qui est intercalé entre les couches isolantes externe 91 et interne 92) recouvre la cavité C et au moins une partie du bord d'attaque 73 de l'aube.

[0152] Les figures 6a et 6b illustrent un troisième mode de réalisation de l'aube 7.

[0153] Le troisième mode de réalisation de l'aube 7 diffère de l'aube 7 des premier et

second modes de réalisation par l'absence de la gaine de protection 8. Par ailleurs, le tapis chauffant 9 (notamment l'élément chauffant 93) du troisième mode de réalisation est agencé de manière similaire à celui de l'aube 7 du second mode de réalisation.

[0154] Avantageusement, la quatrième épaisseur E4 de la cavité C dans le troisième mode de réalisation peut être plus petite que celle dans les premier et second modes de réalisation. Ce qui permet notamment d'améliorer la tenue du bord d'attaque de la pale à l'ingestion. La seconde dimension L2 est notamment comprise entre 3,00 et 6,00 mm, par exemple L2 est d'environ 4,00 mm.

[0155] Tel que décrit ci-dessus, le tapis chauffant 9 comprend donc les couches isolantes externe 91 et interne 92, et l'élément chauffant 93, dans lequel l'élément chauffant 93 est intercalé entre les couches isolantes externe 91 et interne 92. Sur les exemples des figures 6a et 6b, le tapis chauffant 9 (notamment l'élément chauffant 93) recouvre au moins en partie la cavité C et au moins une partie du bord d'attaque 73.

[0156] La cavité C du troisième mode de réalisation est donc située entre le tapis chauffant 9 et le bord d'attaque.

[0157] L'aube 7 de l'invention peut être fabriquée par un procédé de type moulage par transfert de résine connu sous l'acronyme RTM pour « Resin Transfer Molding » en langue anglaise.

[0158] De manière générale, le procédé comprend les étapes suivantes :

(a) réalisation de la préforme fibreuse 700 par tissage de fibres,

(b) agencement de la préforme fibreuse 700 dans un moule M,

(c) insertion d'au moins un noyau soluble N soit au niveau d'un bord 773 de la préforme fibreuse 700 destiné à former le bord d'attaque 73 de l'aube 7, soit de manière à combler entièrement au moins un logement de la préforme fibreuse 700 destiné à former l'au moins une cavité C,

(d) positionnement du tapis chauffant 9 au niveau du bord 773 de la préforme fibreuse 700,

(e) positionnement de la gaine de protection 8 au niveau du bord 773 de la préforme fibreuse 700,

(f) injection de la résine dans le moule M afin de noyer la préforme fibreuse 700 dans cette résine, et de former l'aube 7,

(g) dissolution du au moins un noyau soluble N pour former l'au moins une cavité C.

[0159] Ce procédé général de l'invention est illustré sur la [Fig.7]. L'ordre des étapes (a) à (g) peut varier, et une ou plusieurs de ces étapes peuvent ne pas être réalisées. L'étape (e) peut être optionnelle par exemple dans une configuration où l'aube 7 finale à réaliser ne comprend pas de gaine de protection 8. Le procédé de fabrication de l'aube peut comprendre une étape (i) d'insertion et d'installation du ou des organes d'alimentation 94 du tapis chauffant 9 dans l'au moins une cavité C.

[0160] La préforme fibreuse 700 peut être tissée en une seule pièce (c'est-à-dire venue de matière). Le tissage de fibres peut être réalisé en trois dimensions (3D). A titre d'exemple le tissage 3D de la préforme 700 peut être obtenu au moyen d'un métier à tisser de type Jacquard sur lequel on a disposé un faisceau de fils de chaînes reliés par des fils de trame.

[0161] Avantageusement, la préforme fibreuse 700 (par exemple la préforme fibreuse tissée à l'étape (a)) peut comprendre au moins un logement (non illustré sur les figures) destiné pour recevoir l'au moins un noyau soluble N. Dans une autre variante, la préforme fibreuse 700 peut ne pas comprendre de logement(s) destiné(s) à recevoir l'au moins un noyau soluble N. Dans ce cas, le noyau soluble N peut être simple ajouté sur le bord 773 de la préforme fibreuse ([Fig.8]).

[0162] Le ou les noyaux solubles N peuvent être réalisés par plusieurs techniques en fonction des matériaux (du noyau soluble, de l'aube, etc.), des tolérances de fabrication à respecter, du coût industriel cible de la pièce à réaliser, etc.

[0163] Selon une première variante de réalisation, le noyau soluble N peut être produit par coulée d'un noyau soluble en céramique à la forme de la cavité C à réaliser. Ce noyau soluble en céramique peut être comprendre des sels de zircone.

[0164] A l'étape (g), le noyau N de la première variante peut être solubilisé (et/ou retiré) par un fluide (par exemple de l'eau) sous pression. En particulier, le noyau N est retiré par des trous débouchant dans la cavité C, afin de pouvoir introduire de l'eau par l'un des trous et faire sortie cette eau par l'autre des trous. Par exemple, ces trous peuvent être effectués dans les plateformes 77a, 77b de l'aube 7.

[0165] Selon une seconde variante de réalisation, le noyau soluble N peut être produit par fabrication additive dans un matériau polymérique soluble. Avantageusement, le matériau polymérique soluble peut présenter une température de transition vitreuse qui est inférieure à une température d'injection de la résine. Par exemple, le matériau polymérique soluble peut être un noyau en ST-130™ réalisé par un dépôt/impression de filament fondu.

[0166] A l'étape (g), le noyau N de la seconde variante peut être dissout (et/ou retiré) dans un bain basique à une température d'environ 70°C, par exemple pendant 72 heures. Les paramètres de dissolution du noyau N peut varier en fonction de la dimension et géométrie de l'aube.

[0167] L'étape (c) est par exemple illustrée sur la [Fig.8]. Dans cet exemple, le moule M est formé de deux coques comportant les empreintes de la forme de la préforme fibreuse 700 et du noyau soluble N à réaliser par co-injection.

[0168] Le noyau soluble N peut avoir la forme générale en « U » ou en « V » (en section transversale) d'un bord d'attaque d'aube. Le noyau soluble N s'étend longitudinalement suivant l'axe A de l'aube à réaliser.

[0169] A titre d'exemple, le noyau soluble N est placé manuellement en amont du bord 773 de la préforme fibreuse. L'insertion du ou des noyaux solubles peut être réalisée par un outillage adapté.

[0170] Selon le procédé de l'invention, le noyau soluble N peut être positionné au moins en partie à l'intérieur de la gaine de protection 8. Cette configuration est décrite ci-dessous par exemple en référence aux figures 9a et 10a.

[0171] Le tapis chauffant 9 peut être positionné suivant différente façon dans le procédé de l'invention.

[0172] Par exemple, le tapis chauffant 9 peut être positionné au moins en partie sur le noyau soluble N. Cette configuration est décrite ci-dessous par exemple en référence aux figures 9a, 10a et 11a à 11b.

[0173] La tapis chauffant 9 peut envelopper au moins en partie le noyau soluble N. Cette configuration est décrite ci-dessus par exemple en référence aux figures 9a et 10a.

[0174] Le tapis chauffant 9 peut être inséré au moins en partie dans la cavité C. Cette configuration est décrite ci-dessous par exemple en référence à la [Fig.9c].

[0175] Enfin, le tapis chauffant 9 peut remplacer la gaine de protection 8. Cette configuration est décrite ci-dessous par exemple en référence aux figures 11a à 11d.

[0176] La gaine de protection 8 peut être collé sur le bord 773 de la préforme fibreuse 700.

[0177] L'aube 7 peut être réalisée avec la gaine de protection 8 (figures 12 et 13) ou sans la gaine de protection 8 ([Fig.14]).

[0178] Le procédé de l'invention peut permettre de réaliser l'aube 7 avec le bord d'attaque 73 renforcé par la gaine de protection 8.

[0179] A titre d'exemple, les figures 9a, 9b et 9c illustrent un exemple de la réalisation de l'aube 7 du premier mode de réalisation.

[0180] Sur l'exemple de la [Fig.9a], le noyau soluble N est positionné au moins en partie dans la gaine de protection 8. Plus particulièrement, le tapis chauffant 9 (notamment la couche isolante 91) recouvre au moins en partie le noyau soluble N et la gaine de protection 8 recouvre au moins en partie ce tapis chauffant 9 dans la [Fig.9a].

[0181] La [Fig.9a] peut permettre de montrer que le noyau soluble N, la gaine de protection 8 et la préforme fibreuse 700 peuvent être co-injectés pour former le bord 773 du bord d'attaque 73 avec la couche isolante externe 91 du tapis chauffant 9 recouvrant au moins en partie le noyau soluble N et au moins une partie du bord 773 du bord d'attaque 73. La couche isolante externe 91 est intercalée entre la gaine de protection8 et le bord 773 du bord d'attaque 73 avec le noyau soluble N. Le noyau soluble N permet de former la cavité C lorsque le noyau N est dissout, et permet également de maintenir la gaine de protection 8 pour éviter sa déformation lors du collage de cette gaine 8 et l'injection de la résine.

[0182] La [Fig.9b] montre que le noyau soluble N est retiré pour former la cavité C le long

d'au moins une partie du bord 773 du bord d'attaque 73. La cavité C s'étend longitudinalement suivant l'axe A.

[0183] La [Fig.9c] illustre l'insertion de l'élément chauffant 93 du tapis chauffant 9 à l'intérieur de la cavité C. Ainsi, le tapis chauffant 9 (notamment l'élément chauffant 93) peut être au moins en partie inséré dans la cavité C.

[0184] A titre d'exemple, les figures 10a, 10b, 10c et 10d illustrent un exemple de réalisation de l'aube 7 du second mode de réalisation.

[0185] Sur l'exemple de la [Fig.10a], le noyau soluble N est positionné au moins en partie dans la gaine de protection 8. Plus particulièrement, le tapis chauffant 9 (notamment la couche isolante interne 91) recouvre au moins en partie le noyau soluble N et la gaine de protection 8 recouvre au moins en partie ce tapis chauffant 9 dans la [Fig.10a].

[0186] La [Fig.10a] peut permettre de montrer que le noyau soluble N, la gaine de protection 8 et la préforme fibreuse 700 peuvent être co-injectés pour former le bord 773 du bord d'attaque 73 avec la couche isolante externe 91 recouvrant au moins en partie le noyau soluble N et au moins une partie du bord 773 du bord d'attaque 73. Contrairement au premier mode de réalisation, la gaine 8 du second mode de réalisation est plus rigide et moins à risque de se déformer lors des opérations de collage et d'injection. Ceci est dû notamment à l'épaisseur du nez 83 supérieure à celles des ailettes 81, 82. Cependant, la pièce est sensible au bon positionnement géométrique pour garantir les performances aérodynamiques de l'aube. Le noyau soluble N remédie à cette problématique en permettant de mieux positionner la gaine de protection 8 autour de la préforme fibreuse 700.

[0187] La [Fig.10b] montre que le noyau soluble N est retiré pour former la cavité C le long d'au moins une partie du bord 773 du bord d'attaque 73.

[0188] La [Fig.10c] montre l'agencement de la cavité C entre le tapis chauffant 9 et le bord 773 du bord d'attaque 73, dans lequel l'élément chauffant 93 est intercalé entre les couches isolantes externe 91 et interne 92.

[0189] La [Fig.10d] illustre l'étape (i) dans laquelle l'organe 94 est installé dans la cavité C.

[0190] Le procédé de l'invention peut permettre aussi de réaliser l'aube 7 avec le bord d'attaque 73 sans la gaine de protection 8.

[0191] A titre d'exemple, les figures 11a, 11b, 11c et 11d illustrent un exemple de la réalisation de l'aube 7 du troisième mode de réalisation.

[0192] La [Fig.11a] montre la couche isolante interne 92 placée autour du noyau soluble et au moins une partie du bord 773 du bord d'attaque 73. Puis, l'élément chauffant 93 est disposé sur la couche isolante interne 92 ([Fig.11b]) et enfin la couche isolante externe 91 recouvre l'élément chauffant 93 ([Fig.11c]).

[0193] La [Fig.11d] montre que le noyau soluble N est retiré pour former la cavité C le long d'au moins une partie du bord 773 du bord d'attaque 73. Dans cette configuration de la

[Fig.11d], le tapis chauffant 9 remplace la gaine de protection 8 dans l'aube 7 par exemple des figures 9c et 10c.

[0194] Tel qu'illustré sur la [Fig.7], le procédé de fabrication de l'aube 7 peut comprendre une étape (h) d'usinage de l'aube 7. Dans l'exemple de la [Fig.7] et de façon non limitative, l'étape (h) est réalisée après l'étape (g). Cette étape (h) peut être réalisée, par exemple une fois ou plusieurs fois, à tout moment du procédé de fabrication de l'aube 7.

[0195] Le procédé de fabrication de l'aube 7 peut comprendre une étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube 7. A titre d'exemple, à l'étape (j), l'espace vide de la cavité C peut être comblé par le matériau de remplissage R.

[0196] Les figures 12 à 14 illustrent trois exemples spécifiques de réalisation de l'aube 7 de l'invention.

[0197] Le procédé de fabrication selon les trois exemples des [Fig.12] à 14 comprennent au moins certaines des étapes (a) à (j) décrites ci-dessus notamment en référence aux figures 7 à 11d.

[0198] Plus particulièrement, le procédé du premier exemple comprend successivement les étapes suivantes :

l'étape (a) de réalisation de la préforme fibreuse 700 par tissage de fibres,

l'étape (b) d'agencement de la préforme fibreuse 700 dans le moule M,

les étapes (c) d'insertion d'au moins un noyau soluble N et (d) de positionnement du tapis chauffant 9 qui peuvent être réalisées de façon simultanée,

l'étape (e) de positionnement de la gaine de protection 8 par exemple au moins en partie au niveau du tapis chauffant 9 (et peut être positionnée aussi au moins en partie au niveau du bord 773 de la préforme fibreuse 700),

l'étape (f) d'injection de la résine dans le moule M,

l'étape (g) de dissolution du au moins un noyau soluble N,

l'étape (h) d'usinage de l'aube 7, et

l'étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube 7.

[0199] La réalisation simultanée des étapes (c) et (d) peut être remplacée par la réalisation de l'étape (d) puis de l'étape (c) dans ce premier exemple de procédé. L'étape (h) et/ou l'étape (j) peut être optionnelle dans ce premier exemple.

[0200] Le procédé de fabrication selon le second exemple comprend les étapes successives suivantes :

l'étape (a) de réalisation de la préforme fibreuse 700,

l'étape (b) d'agencement de la préforme fibreuse 700 dans le moule M,

l'étape (c) d'insertion d'au moins un noyau soluble N,

l'étape (e) de positionnement de la gaine de protection 8 par exemple au moins en partie au niveau de l'au moins un noyau soluble N (et peut être positionnée aussi au

moins en partie au niveau du bord 773 de la préforme fibreuse 700),
l'étape (f) d'injection de la résine dans le moule M,
l'étape (g) de dissolution de l'au moins un noyau soluble N,
l'étape (h) d'usinage de l'aube 7,
l'étape (i) d'insertion et d'installation du ou des organes d'alimentation 94, et
l'étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube 7.
L'étape (h) et/ou l'étape (j) peut être optionnelle dans ce second exemple.

[0201] Le procédé de fabrication selon le troisième exemple comprend les étapes successives suivantes :

l'étape (a) de réalisation de la préforme fibreuse 700,
l'étape (b) d'agencement de la préforme fibreuse 700 dans le moule M,
l'étape (c) d'insertion d'au moins un noyau soluble N,
l'étape (f) d'injection de la résine dans le moule,
l'étape (d) de positionnement du tapis chauffant 9 par exemple au moins en partie au niveau de l'au moins un noyau soluble N (et aussi au moins en partie au niveau du bord 773 de la préforme fibreuse 700),
l'étape (g) de dissolution de l'au moins un noyau soluble N,
l'étape (h) d'usinage de l'aube 7, et
l'étape (j) de parachèvement et finition finaux de l'aube 7.

[0202] L'étape (h) et/ou l'étape (j) peut être optionnelle dans ce troisième exemple.

[0203] Ce troisième exemple du procédé de fabrication permet notamment de réaliser l'aube 7 sans gaine de protection 8. De ce fait, l'étape (e) n'est pas réalisée. Dit autrement, le tapis chauffant 9 remplace la gaine de protection 8.

Revendications

[Revendication 1] Aube (7) en matériau composite formée par une préforme fibreuse (700) noyée dans une résine et comprenant un bord d'attaque (73), un bord de fuite (74), et un intrados (71) relié à un extrados (72) par le bord d'attaque (73) et le bord de fuite (74), et l'aube (7) comportant un tapis chauffant (9) situé au moins au niveau dudit bord d'attaque (73), caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une cavité (C) qui s'étend le long d'au moins une partie dudit bord d'attaque (73) et qui est configurée pour recevoir au moins un organe d'alimentation (94) dudit tapis chauffant (9).

[Revendication 2] Aube selon la revendication 1, caractérisée en ce que le tapis chauffant (9) est au moins en partie logé dans la cavité (C).

[Revendication 3] Aube selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'une surface interne des parois délimitant ladite au moins une cavité, est au moins en partie tapissée et recouverte par ledit tapis chauffant (9).

[Revendication 4] Aube selon la revendication 1, caractérisée en ce que la cavité (C) est située entre le bord d'attaque (73) et le tapis chauffant (9).

[Revendication 5] Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le tapis chauffant (9) comprend une couche isolante interne (92), une couche isolante externe (91), et au moins un élément chauffant (93) intercalé entre les couches interne et externe (91, 92) et destiné à être relié audit organe (94).

[Revendication 6] Aube selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit au moins un élément chauffant (93) est choisi parmi une couche résistive chauffante, un câble résistif et un conduit de fluide chauffant.

[Revendication 7] Aube selon la revendication 5 ou 6, caractérisée en ce que ledit au moins un organe d'alimentation (94) est logé à l'intérieur de ladite au moins une cavité (C) et est configuré pour alimenter en électricité ou en fluide ledit au moins un élément chauffant (93).

[Revendication 8] Aube selon la revendication 7, caractérisée en ce qu'un matériau de remplissage (R), par exemple une colle, comble l'espace vide de ladite au moins une cavité (C) contenant ledit organe d'alimentation (94).

[Revendication 9] Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ledit bord d'attaque (73) est recouvert au moins en partie par une gaine de protection (8), cette gaine de protection (8) recouvrant au moins en partie ledit tapis chauffant (9).

[Revendication 10] Aube selon la revendication 9, caractérisée en ce que la gaine de

protection (8) comprend deux ailettes latérales (81, 82) reliées entre elles par un nez (83) de la gaine de protection (8), ledit nez (83) présentant une épaisseur (E1) supérieure à des épaisseurs (E2, E3) respectives des ailettes latérales (81, 82), lesdites épaisseurs (E1, E2, E3) étant mesurées dans une section transversale à un axe (A) d'allongement de l'aube.

[Revendication 11] Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite cavité (C) a une hauteur (H2) mesurée le long d'un axe (A) d'allongement de l'aube (7), qui représente entre 40 et 100% d'une hauteur (H1) de l'aube (7) mesurée dans le même plan (P_H).

[Revendication 12] Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite au moins une cavité (C) a une épaisseur maximale (E4) comprise entre 1 et 4 mm, ladite épaisseur (E4) étant mesurée dans une section transversale à un axe (A) d'allongement de l'aube.

[Revendication 13] Aube selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite au moins une cavité (C) a une dimension (L2) maximale mesurée dans un plan perpendiculaire (P_L) à un axe (A) d'allongement de l'aube, qui est comprise entre 3 et 16 mm.

[Revendication 14] Procédé de fabrication d'une aube (7) en matériau composite selon l'une quelconque des revendications précédentes, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

(a) réaliser une préforme fibreuse (700) par tissage de fibres,

(b) agencer la préforme fibreuse (700) dans un moule (M),

(c) insérer au moins un noyau soluble (N) soit au niveau d'un bord (773) de la préforme fibreuse (700) destiné à former le bord d'attaque (73) de l'aube (7), soit de manière à combler entièrement au moins un logement de la préforme fibreuse (700) destiné à former ladite au moins une cavité (C),

(d) positionner le tapis chauffant (9) au niveau du bord (773) de la préforme fibreuse (700),

(e) positionner de façon optionnelle une gaine de protection (8) au niveau du bord (773) de la préforme fibreuse (700),

(f) injecter la résine dans le moule (M) afin de noyer la préforme fibreuse (700) dans cette résine, et de former l'aube (7),

(g) dissoudre ledit au moins un noyau soluble (N) pour former ladite au moins une cavité (C).

[Revendication 15] Procédé de fabrication selon la revendication 14, caractérisé en ce que

ledit au moins un noyau soluble (N) est positionné au moins en partie à l'intérieur de la gaine de protection (8).

[Revendication 16] Procédé de fabrication selon la revendication 14 ou 15, caractérisé en ce que le tapis chauffant (9) est positionnée au moins en partie sur ledit au moins un noyau soluble (N).

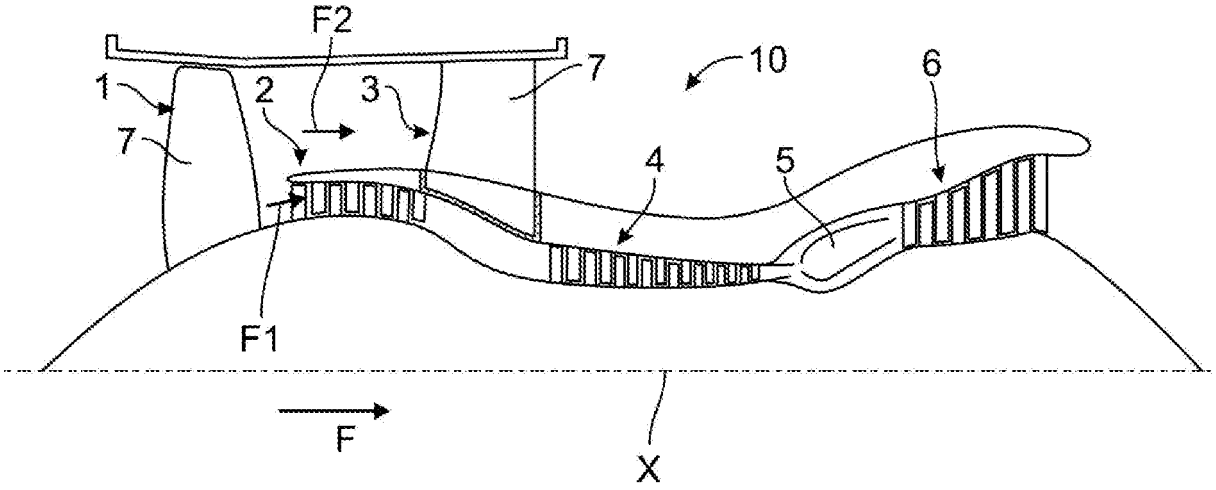
[Revendication 17] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé en ce que le tapis chauffant (9) enveloppe au moins en partie ledit au moins un noyau soluble (N).

[Revendication 18] Procédé de fabrication selon la revendication 14, caractérisé en ce que ledit tapis chauffant (9) est inséré au moins en partie dans ladite au moins une cavité (C).

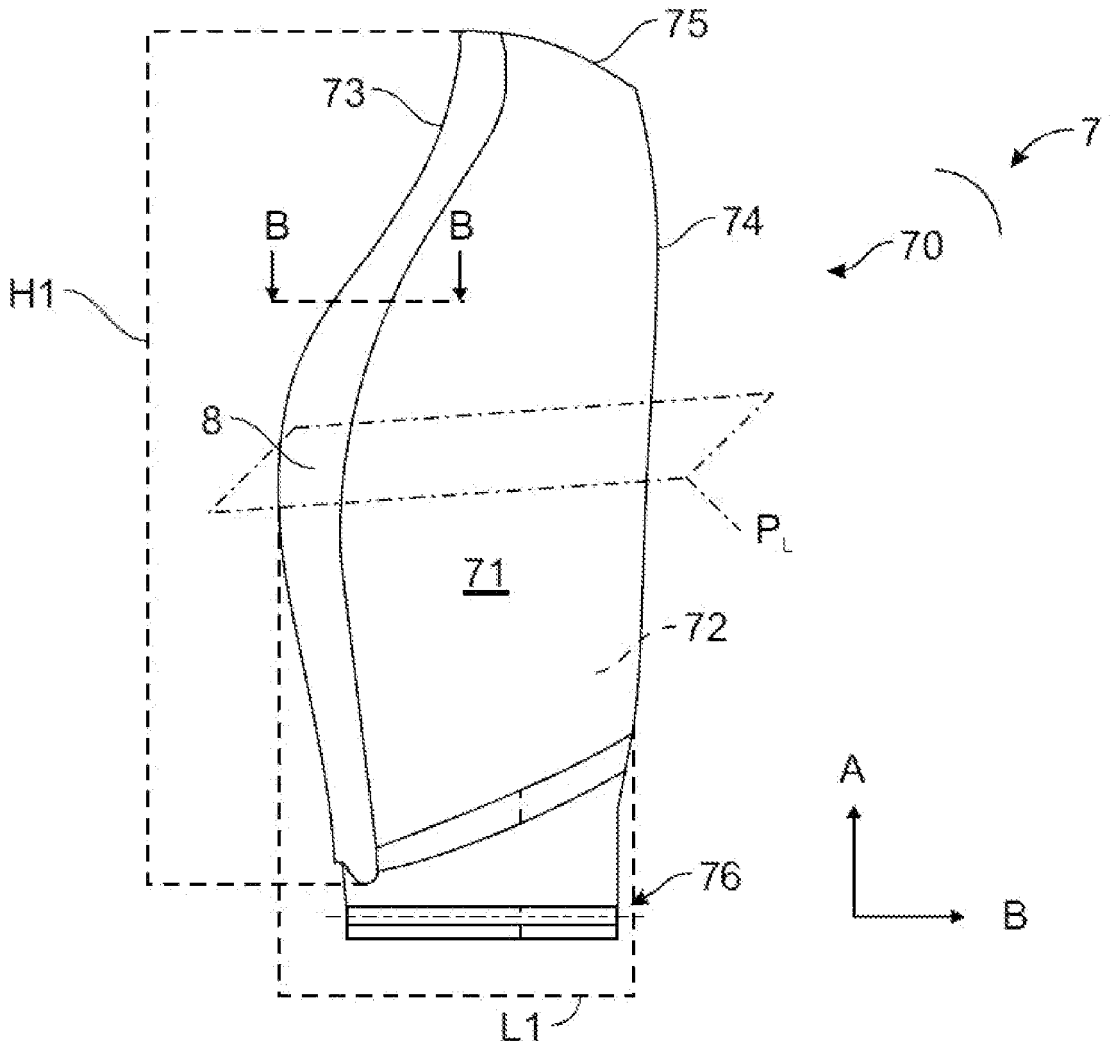
[Revendication 19] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 14 à 18, caractérisé en ce que le procédé comprend en outre une étape (i) d'insertion et d'installation du ou des organes d'alimentation (94) du tapis chauffant (9) dans ladite au moins une cavité (C).

[Revendication 20] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 14 à 19, caractérisé en ce que l'au moins un noyau soluble (N) est réalisé par coulée d'un noyau soluble en céramique, par exemple un noyau avec des sels de zircone, à la forme de l'au moins une cavité (C) ; ou par fabrication additive dans un matériau polymérique soluble.

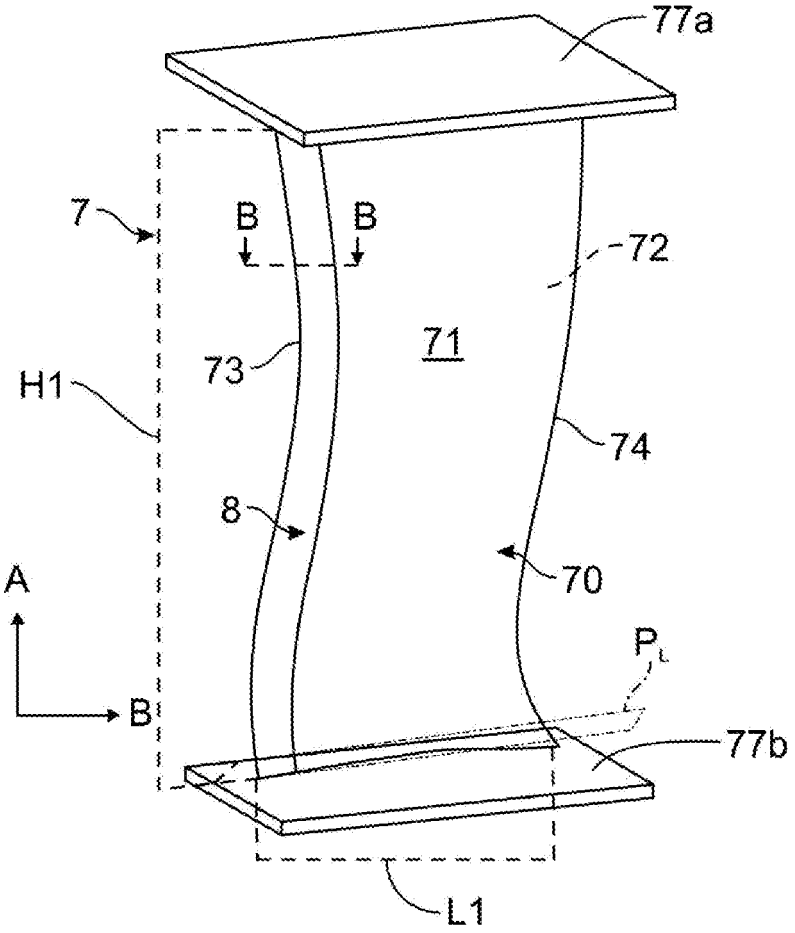
[Fig. 1]



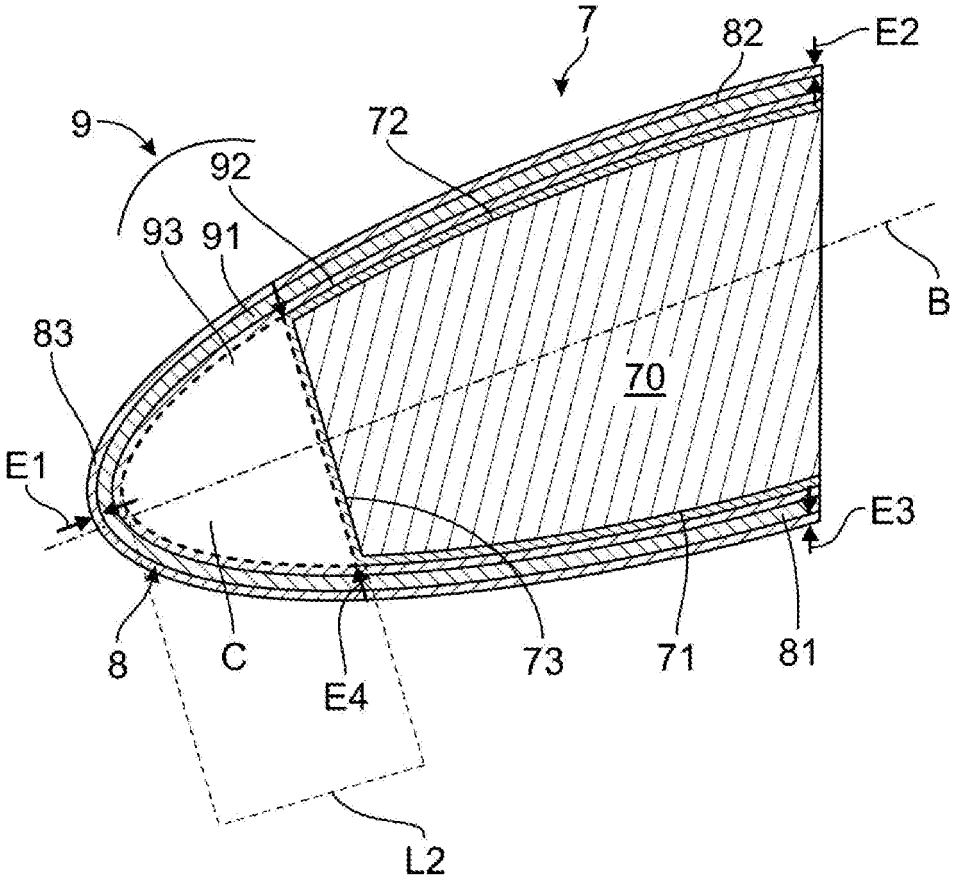
[Fig. 2]



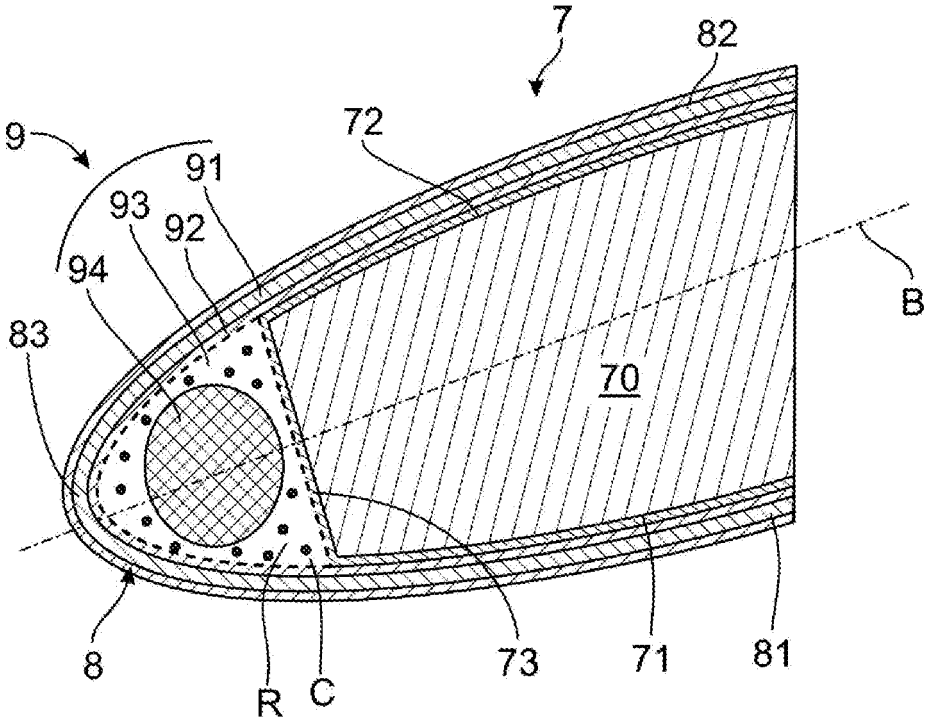
[Fig. 3]


77a
7
B
B
72
71
73
H1
74
8
70
A
B
P_L
77b
L1

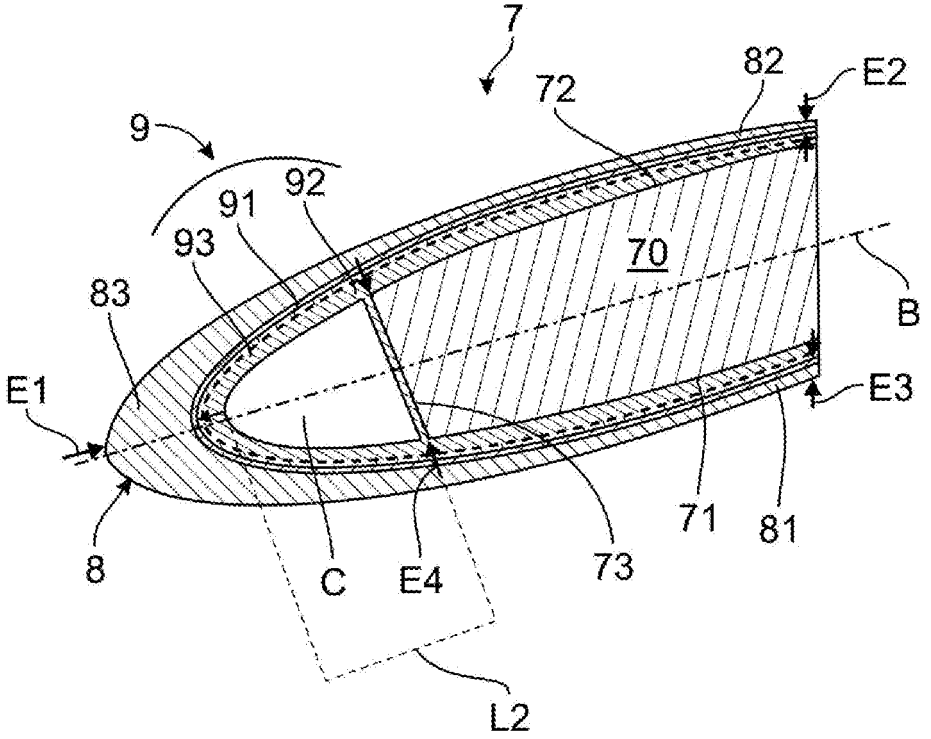
[Fig. 4a]


7
82
E2
9
72
92
93
91
B
83
70
E1
E3
8
C
E4
73
71
81
L2

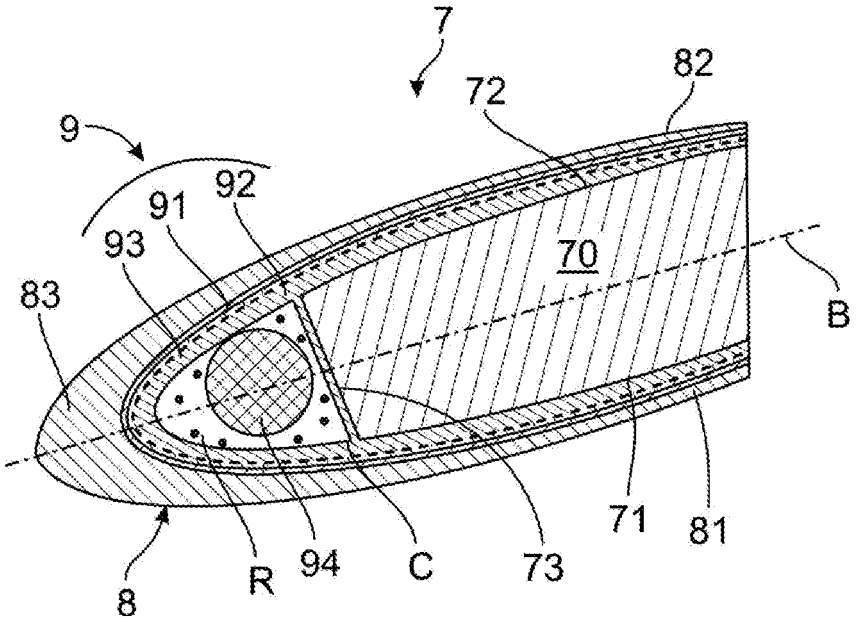
[Fig. 4b]


7
82
9
72
91
93
92
94
B
83
70
8
R
C
73
71
81

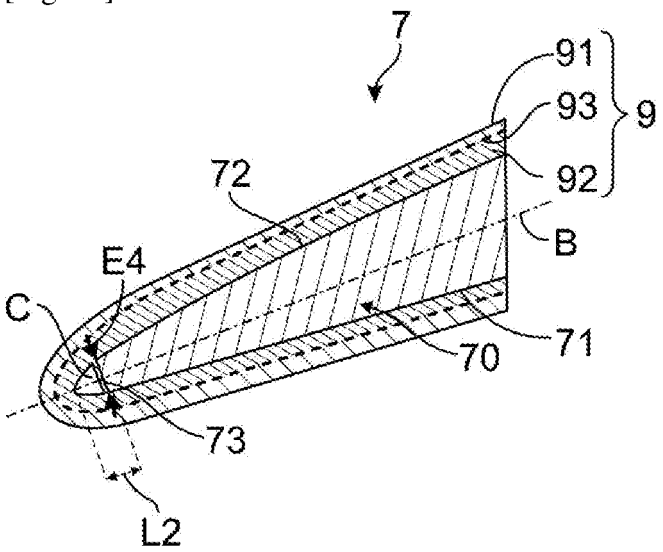
[Fig. 5a]


7
82
E2
72
9
92
91
93
70
B
83
E1
E3
8
C
E4
73
71
81
L2

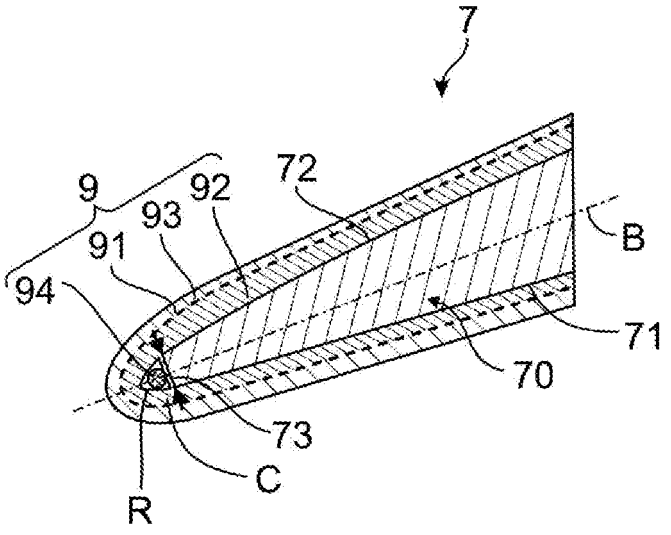
[Fig. 5b]



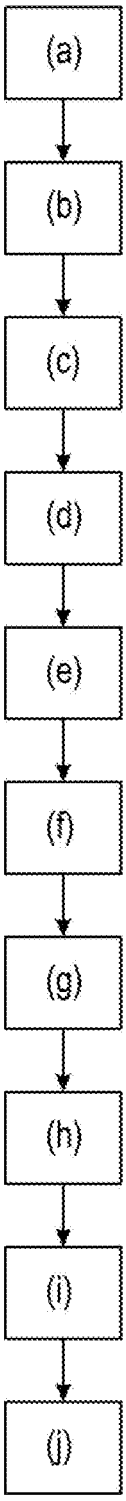
[Fig. 6a]



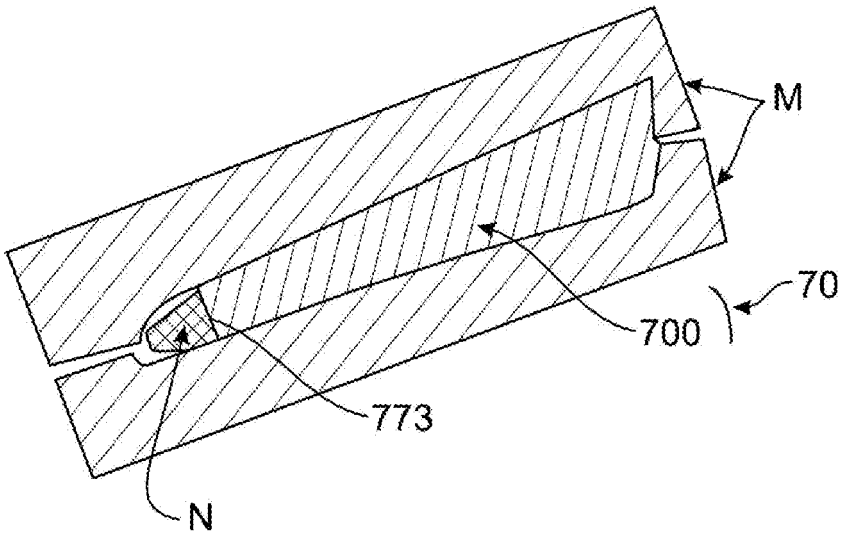
[Fig. 6b]



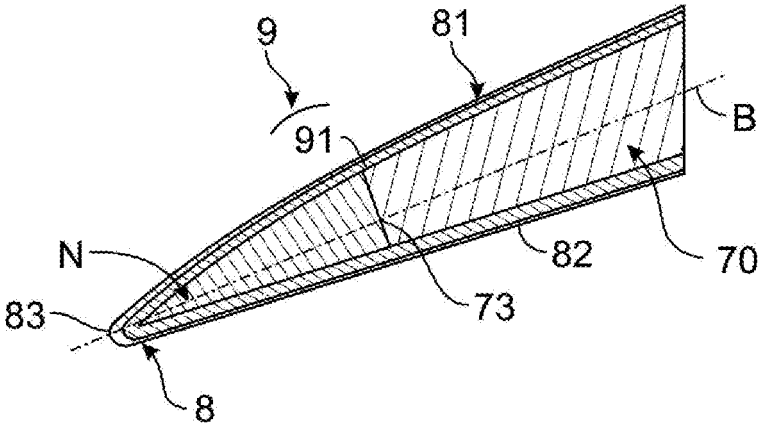
[Fig. 7]



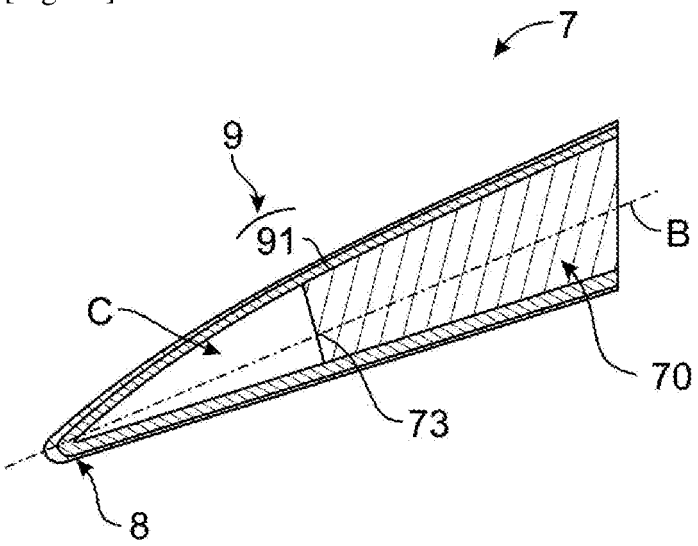
[Fig. 8]



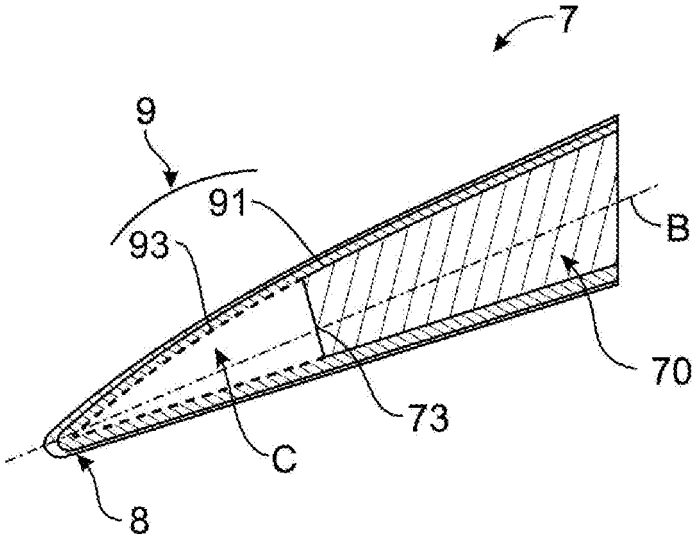
[Fig. 9a]



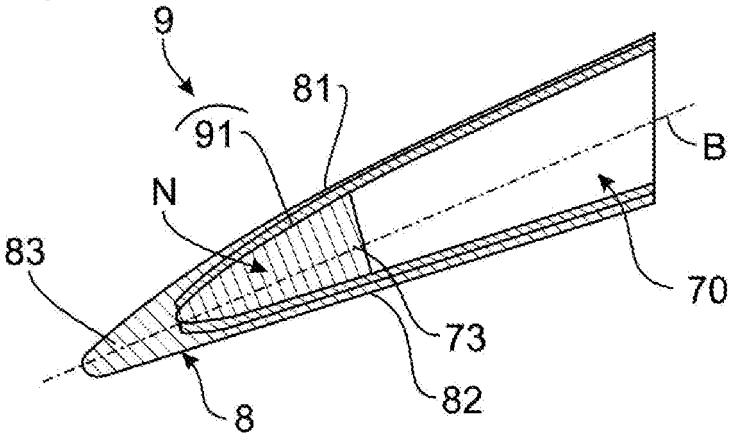
[Fig. 9b]



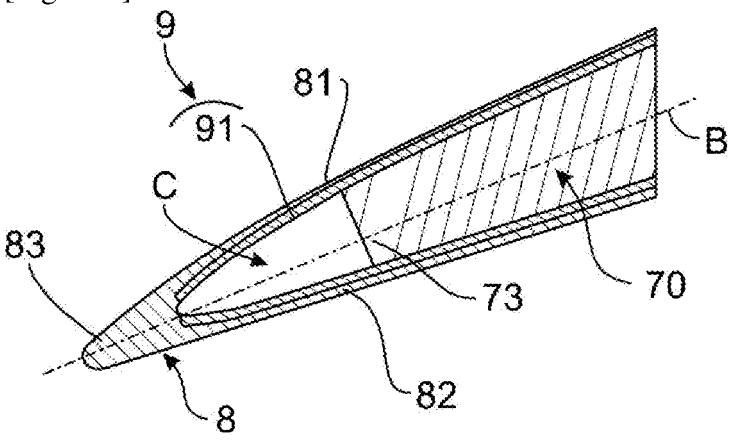
[Fig. 9c]



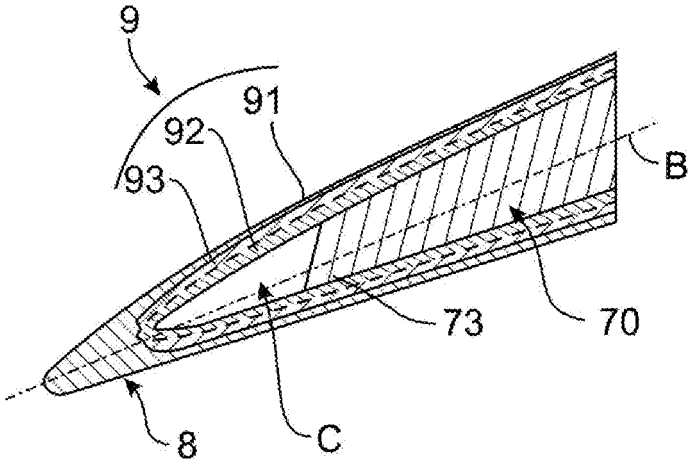
[Fig. 10a]



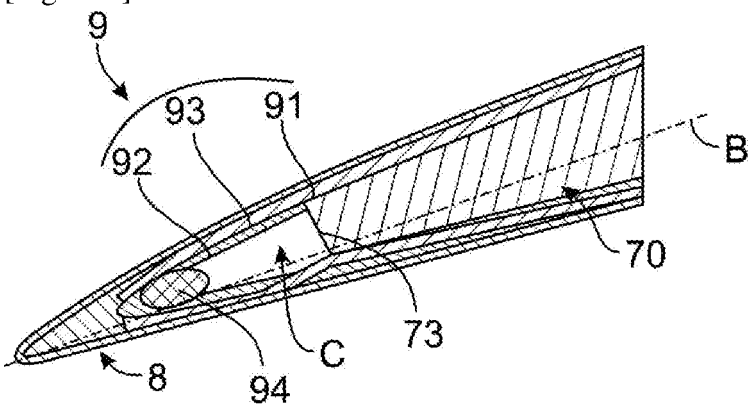
[Fig. 10b]



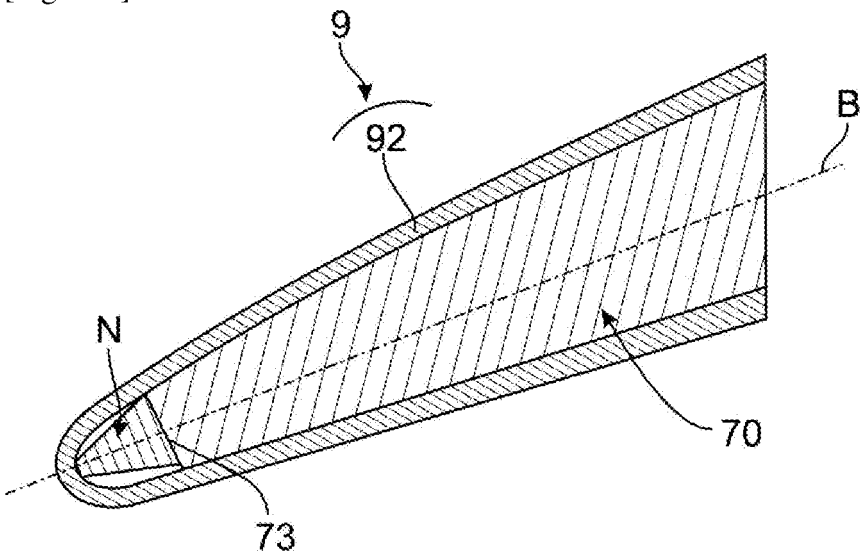
[Fig. 10c]



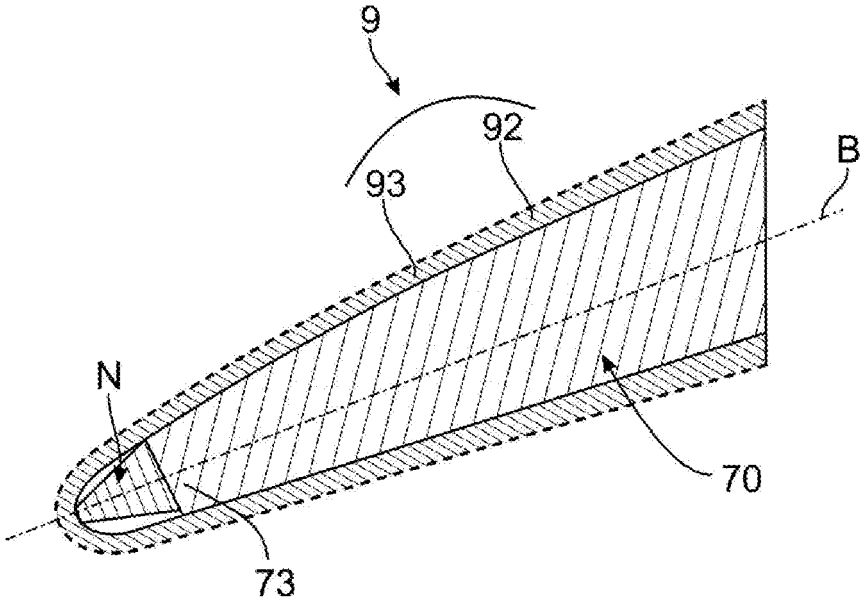
[Fig. 10d]



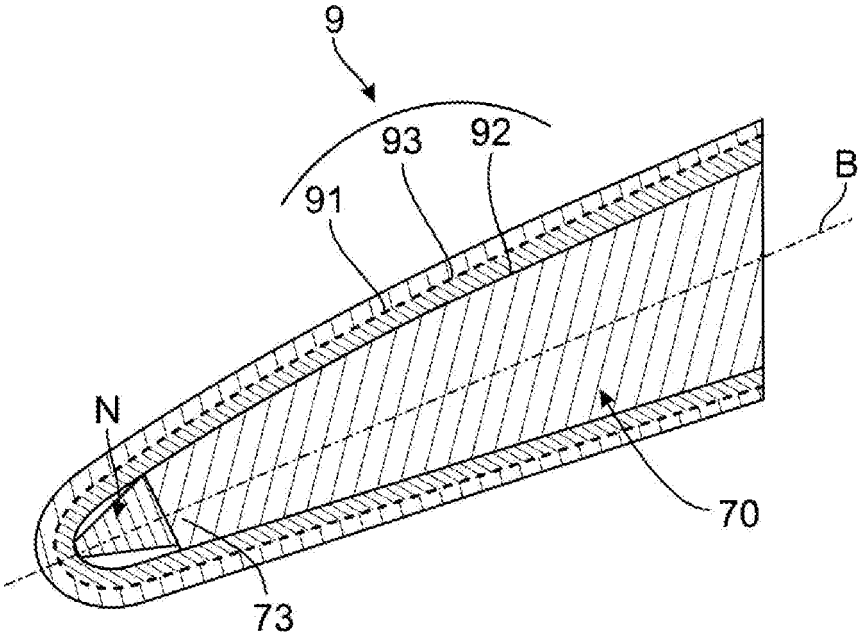
[Fig. 11a]



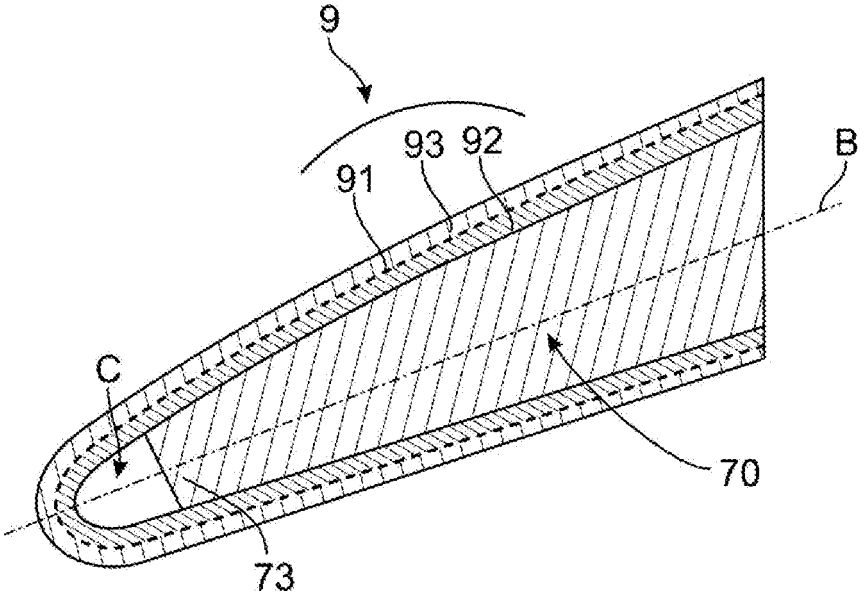
[Fig. 11b]



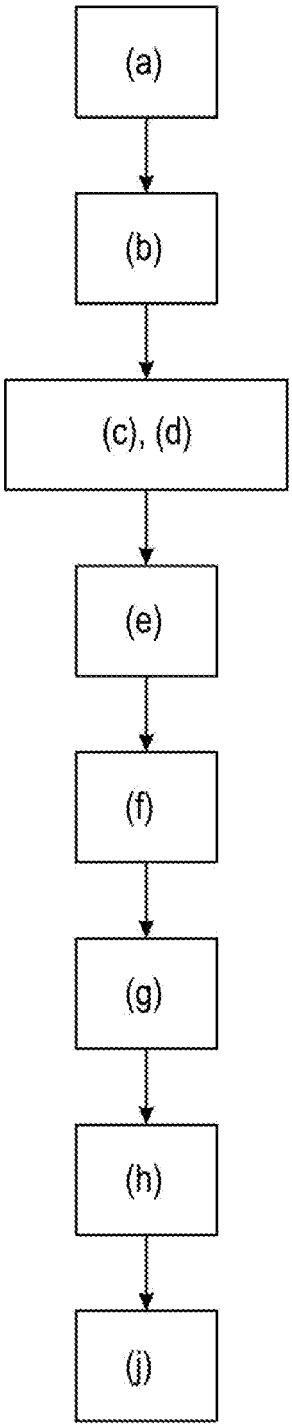
[Fig. 11c]



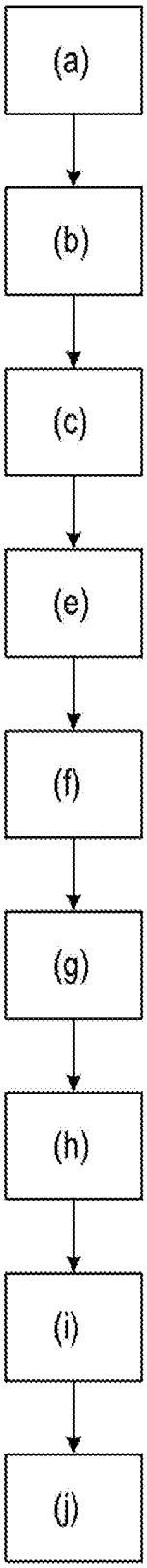
[Fig. 11d]



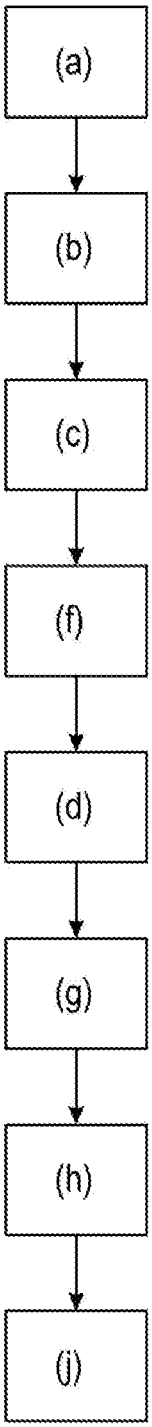
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE PARTIEL

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

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement national

FA 913270
FR 2211690

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	US 2009/242703 A1 (ALEXANDER PHILLIP [US] ET AL) 1 octobre 2009 (2009-10-01) * figures * -----	1-9, 11-13 10	F01D5/28 F01D9/02 B29C70/48 B29L31/08
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01D F02C B29C

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
11 mai 2023	Raspo, Fabrice

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES

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 (P04C35)

ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B

Numéro de la demande

FA 913270
FR 2211690

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-13

Provision d'une protection anti-érosion à épaisseur variable pour le bord d'attaque d'une aube en matériau composite comprenant un tapis chauffant et une cavité pour organe d'alimentation.

---

2. revendications: 14-20

Procédé de fabrication d'une aube en matériau composite comprenant un tapis chauffant et une cavité pour organe d'alimentation, mettant en oeuvre un noyau soluble à dissoudre en fin de fabrication

---

La première invention a été recherchée.

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2211690 FA 913270

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 **11-05-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009242703 A1	01-10-2009	AUCUN	

EPO FORM P0465