SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1024829 B1

(47) Date de délivrance : 17/07/2018

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 17/07/2018

(21) Numéro de demande : BE2016/5938

(22) Date de dépôt : 15/12/2016

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 25/02

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.
4041, HERSTAL (MILMORT)
Belgique

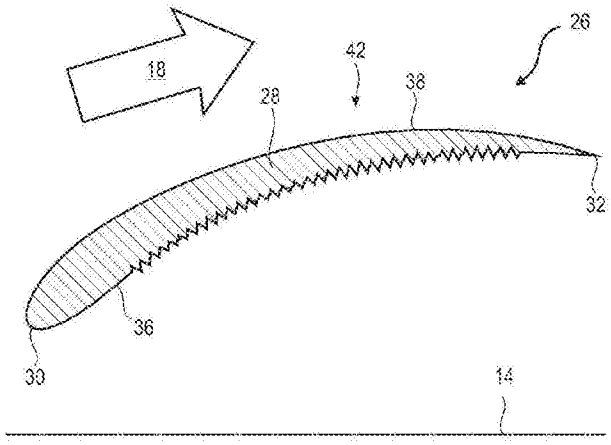
(72) Inventeur(s) :

DE VRIENDT Olivier
4690 BASSENGE
Belgique

(54) AUBE RUGUEUSE POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

(57) L'invention a pour objet une aube glaciophobe (26) de turbomachine, notamment pour compresseur basse pression de turboréacteur. L'aube (26) comprend un bord d'attaque (30), un bord de fuite (32), une surface intrados (36) et une surface extrados (38) qui s'étendent du bord d'attaque (30) au bord de fuite (32) ; une première zone (40) avec une rugosité Ra1 ; une deuxième zone (42) avec une rugosité Ra2; le rapport Ra1/Ra2 est supérieur ou égal à 2. Au sein d'une même rangée d'aubes glaciophobes, les zones sont disposées sur les faces de manière à ce que les premières zones soient deux à deux en regard l'une de l'autre.

FIG. 3



BREVET D'INVENTION BELGE

SPF Economie, PME, Classes Moyennes & Energie

Office de la Propriété intellectuelle

Numéro de publication : 1024829
Numéro de dépôt : BE2016/5938

Classification Internationale : F01D 25/02
Date de délivrance : 17/07/2018

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle ;

Vu la loi du 28 mars 1984 sur les brevets d'invention, l'article 22, pour les demandes de brevet introduites avant le 22 septembre 2014 ;

Vu le Titre Ier “Brevets d’invention” du Livre XI du Code de droit économique, l'article XI.24, pour les demandes de brevet introduites à partir du 22 septembre 2014 ;

Vu l'arrêté royal du 2 décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, l'article 28 ;

Vu la demande de brevet d'invention reçue par l'Office de la Propriété intellectuelle en date du 15/12/2016.

Considérant que pour les demandes de brevet tombant dans le champ d'application du Titre Ier, du Livre XI du Code de Droit économique (ci-après CDE), conformément à l'article XI. 19, §4, alinéa 2, du CDE, si la demande de brevet a fait l'objet d'un rapport de recherche mentionnant un défaut d'unité d'invention au sens du §1er de l'article XI.19 précité et dans le cas où le demandeur n'effectue ni une limitation de sa demande ni un dépôt d'une demande divisionnaire conformément aux résultats du rapport de recherche, le brevet délivré sera limité aux revendications pour lesquelles le rapport de recherche a été établi.

Arrête :

Article premier. - Il est délivré à

SAFRAN AERO BOOSTERS S.A., Route de Liers 121, 4041 HERSTAL (MILMORT) Belgique;

représenté par

LECOMTE Didier, P.O. Box 1623, 1016, LUXEMBOURG;

un brevet d'invention belge d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles visées à l’article XI.48, §1 du Code de droit économique, pour : AUBE RUGUEUSE POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE.

INVENTEUR(S) :

DE VRIENDT Olivier, Rue du Brouck 21, 4690, BASSENGE;

PRIORITE(S) :

DIVISION :

divisé de la demande de base :

date de dépôt de la demande de base :

Article 2. – Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du (des) demandeur(s).

Bruxelles, le 17/07/2018,

Par délégation spéciale :

Description

AUBE RUGUEUSE POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

Domaine technique

L'invention concerne le phénomène de givrage d'une aube de turbomachine. Plus précisément, l'invention traite de la rugosité d'une aube glaciophobe de turbomachine. L'invention a également trait à une turbomachine axiale, notamment un turboréacteur d'avion ou un turbopropulseur d'aéronef.

Technique antérieure

Les propriétés d'une surface, notamment sa rugosité et son matériau, influent sur le dépôt et l'accrochage de l'humidité. Ceci s'applique également à une couche de givre sur une aube du turboréacteur en vol. En se développant, la couche de givre devient une plaque de glace épaisse, modifiant les contours des profils aérodynamiques de l'aube impactée. Dès lors, son rôle de déviation d'un flux dans le turboréacteur est perturbé. En outre, ces plaques de glace finissent par se détacher en de véritables blocs massifs, susceptibles d'endommager le reste du turboréacteur en aval.

Le document US20110147219A1 divulgue une aube d'entrée de compresseur pour turboréacteur. L'aube montre une couche surfacique avec une microstructure poreuse avec un revêtement PTFE. Une telle couche permet de limiter la présence et la formation de glace sur l'aube en question. Toutefois, la sécurité de fonctionnement du compresseur reste pénalisée par le risque d'accumulation de glace puisque ce phénomène demeure incontrôlé.

Résumé de l'invention

Problème technique

L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif de préserver la sécurité d'une turbomachine face au phénomène de givrage. L'invention a également pour objectif de proposer une solution simple, résistante, légère,

économique, fiable, facile à produire, commode d'entretien, d'inspection aisée, et améliorant le rendement.

Solution technique

L'invention a pour objet une aube de turbomachine, notamment pour compresseur de turbomachine, l'aube comprenant : un bord d'attaque, un bord de fuite, une surface intrados et une surface extrados qui s'étendent du bord d'attaque au bord de fuite ; une première zone avec une rugosité Ra1; une deuxième zone avec une rugosité Ra2; remarquable en ce que le rapport Ra1/Ra2 est supérieur ou égal à : 2,00.

Selon des modes avantageux de l'invention, l'aube peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- La rugosité Ra1 et la rugosité Ra2 sont des nanorugosités.
- Le rapport Ra1/Ra2 est supérieur ou égal à : 4, ou 8, ou 20.
- La rugosité Ra1 est inférieure ou égale à 0,100µm, ou à 0,050µm, ou à 0,025µm.
- La première zone comprend une microrugosité Ra3, la deuxième zone présentant une microrugosité Ra4, le rapport Ra3/Ra4 étant compris entre 0,2 et 5, ou entre 0,5 et 2.
- La microrugosité Ra3 est inférieure ou égale à : 0,60µm, ou 0,10µm.
- La microrugosité Ra4 est supérieure ou égale à 5µm, ou 10µm, ou 15µm.
- La microrugosité Ra4 est inférieure ou égale à : 0,60µm, ou 0,10µm.
- La première zone forme la surface intrados et la deuxième zone forme la surface extrados, ou la première zone forme la surface extrados et la deuxième zone forme la surface intrados.
- La première zone et la deuxième zone sont toutes deux disposées sur la surface intrados ou sur la surface extrados de l'aube.
- La première zone est à distance axialement du bord d'attaque et/ou du bord de fuite.
- La première zone est une zone amont et la deuxième zone étant une zone aval.

- La première zone et/ou la deuxième zone occupent entre 50% et 100% de leur surface, éventuellement entre 95% et 75% de leur surface, notamment leur surface respective.
- La première zone et/ou la deuxième zone s'étend sur la majorité ou sur sensiblement toute la hauteur de l'aube.
- La première zone est une zone glaciophobe.
- L'aube comprend un revêtement Cr-Ni formant la première zone et/ou la deuxième zone.
- L'aube comprend un alliage métallique tel un alliage d'aluminium et/ou un alliage de titane.
- La première zone et la deuxième zone sont des zones opposées selon l'épaisseur de l'aube.
- La ou chaque zone glaciophobe présente une contrainte de cisaillement limite avec la glace inférieure ou égale à : 500 kPa, ou 150 kPa, ou 15,6 kPa. La contrainte de cisaillement limite peut être une contrainte d'adhésion maximale entre la surface glaciophobe et la glace où cette dernière se détache.

L'invention a également pour objet un ensemble incluant au moins deux aubes d'une rangée d'aubes, les deux aubes ménageant entre elle un passage, chaque aube présente une première surface avec une rugosité Ra1; une deuxième surface avec une rugosité Ra2 inférieure à la rugosité Ra1 ; les premières surfaces des aubes étant en regard l'une de l'autre, ou les deuxièmes surfaces étant en regard l'une de l'autre ; et/ou les premières surfaces délimitent le passage, ou les deuxièmes surfaces délimitent le passage.

L'invention a également pour objet une turbomachine, notamment un turboréacteur, comprenant au moins une rangée annulaire d'aubes glaciophobes, remarquable en ce qu'au moins une ou chaque aube glaciophobe est conforme à l'invention, optionnellement les aubes glaciophobes sont identiques.

Selon un mode avantageux de l'invention, la au moins une rangée annulaire comprend des premières aubes glaciophobes avec une première zone en surface extrados et une deuxième zone en surface intrados ; et des deuxièmes

aubes glaciophobes avec une première zone en surface intrados et une deuxième zone en surface extrados ; les premières aubes et les deuxièmes aubes étant placées par alternance dans leur rangée annulaire.

Selon un mode avantageux de l'invention, la turbomachine comprend un compresseur, notamment un compresseur basse pression, le compresseur comprenant une rangée amont et des rangées aval, les aubes de la rangée amont et/ou d'au moins une rangée aval étant conformes à l'invention.

Selon un mode avantageux de l'invention, le compresseur comprend un bec de séparation dans lequel est disposée la rangée amont.

De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Chaque objet de l'invention est combinable aux autres objets, et les objets de l'invention sont également combinables aux modes de réalisation de la description, qui en plus sont combinables entre eux, selon toutes les combinaisons techniques possibles.

Avantages apportés

L'invention permet de préserver l'écoulement au travers d'une rangée annulaire d'aubes puisqu'elle garantit l'ouverture de passages entre certaines aubes. Dans la mesure où la rugosité influe sur l'apparition de givre, l'invention peut tolérer une présence de givre concentrée sur une première zone car une deuxième zone de rugosité différente restera libre de givre plus longtemps, et le passage au contact de cette même deuxième zone restera ouvert.

En outre, le phénomène de givrage implique un échange d'énergie lorsque l'eau se solidifie. L'aube peut recevoir de l'énergie via sa première face lorsque l'eau y gèle. Cet échange de chaleur modifie la température de l'aube si bien que sa deuxième zone s'éloigne des conditions critiques de givrage.

Le présent avantages peuvent être atteints de plusieurs manières, soit en augmentant localement la rugosité par rapport à une valeur nominale conventionnelle ; ou au contraire en diminuant cette rugosité localisée. Le recours à des nanorugosités spécifiques permet également d'atteindre l'objectif souhaité. L'invention tend également à préserver l'extrados des décrochages de flux.

L'invention permet également de limiter la présence de givre en adaptant la première zone contre l'accroche du givre ou de l'eau. Une gouttelette qui rencontre la première zone reste liquide puis glisse dessus malgré des conditions givrantes. Dès lors, la sécurité de fonctionnement du turboréacteur est préservée ; tout comme le rendement.

Brève description des dessins

La figure 1 représente une turbomachine axiale selon l'invention.
La figure 2 est un schéma d'un compresseur de turbomachine selon l'invention.
La figure 3 illustre un profil d'aube selon l'invention.
La figure 4 présente un détail de surface d'aube selon l'invention.
La figure 5 montre deux aubes d'une rangée selon l'invention.

Description des modes de réalisation

Dans la description qui va suivre, les termes interne et externe renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation d'une turbomachine axiale. La direction axiale correspond à la direction le long de l'axe de rotation de la turbomachine. La direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'amont et l'aval sont en référence au sens d'écoulement principal du flux dans la turbomachine. La rugosité Ra correspond à l'écart moyen arithmétique par rapport à la ligne moyenne.

La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale. Il s'agit dans ce cas précis d'un turboréacteur double-flux. Le turboréacteur 2 comprend un premier niveau de compression, dit compresseur basse-pression 4, un deuxième niveau de compression, dit compresseur haute-pression 6, une chambre de combustion 8 et un ou plusieurs niveaux de turbines 10. En fonctionnement, la puissance mécanique de la turbine 10 transmise via l'arbre central jusqu'au rotor 12 met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6. Ces derniers comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stators. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 8.

Un ventilateur d'entrée communément désigné fan ou soufflante 16 est couplé au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 traversant les différents niveaux sus mentionnés de la turbomachine, et en un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine.

La soufflante peut être du type non carénée, par exemple à double rotor contrarotatifs, éventuellement en aval. Le flux secondaire peut être accéléré de sorte à générer une réaction de poussée. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont des flux annulaires coaxiaux et emmanchés l'un dans l'autre.

La figure 2 est une vue en coupe d'un compresseur d'une turbomachine axiale telle que celle de la figure 1. Le compresseur peut être un compresseur basse-pression 4. On peut y observer une partie de la soufflante 16 et le bec de séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées d'aubes rotoriques 24, en l'occurrence trois. Il peut être un tambour monobloc aubagé, ou comprendre des aubes à fixation par queue d'aronde.

Le compresseur basse pression 4 comprend plusieurs redresseurs, en l'occurrence quatre, qui contiennent chacun une rangée d'aubes statoriques 26. Les redresseurs sont associés au fan 16 ou à une rangée d'aubes rotoriques pour redresser le flux d'air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression, notamment en pression statique.

Au sein d'une même rangée, les aubes sont régulièrement espacées les unes des autres, et présentent une même orientation angulaire dans le flux. Avantageusement, les aubes d'une même rangée sont identiques. Optionnellement, l'espacement entre les aubes peut varier localement tout comme leurs orientations angulaires. Certaines aubes peuvent différer du reste des aubes de leur rangée. Le carter peut être formé de plusieurs anneaux, ou de demi-coquilles.

Au moins une rangée d'aubes (24 ; 26) du compresseur comprend des aubes glaciophobes. La rangée en question peut être la rangée en amont, donc en entrée et dans le bec de séparation 22 du compresseur 4. Ou encore, la rangée peut être placée en aval du compresseur 4. Eventuellement, la majorité ou

toutes les rangées d'aubes du compresseur comprennent des aubes glaciophobes.

La figure 3 esquisse un profil aérodynamique 28 représentatif d'une aube telles que celles décrites en figure 2. La présente aube est une aube statorique 26, toutefois il pourrait également s'agir d'une aube rotorique. Les reliefs tracés en intrados de l'aube ne sont pas à l'échelle, ils servent à évoquer une rugosité accentuée.

L'aube 26 montre un empilement de profils aérodynamiques 28 généralement similaires. Ces profils 28 évoluent suivant la hauteur de l'aube de manière à l'allonger, et à moduler l'angle de calage. L'aube présente un bord d'attaque 30 ainsi qu'un bord de fuite 32. Sa surface intrados 36 comme sa surface extrados 38 s'étendent du bord d'attaque 30 au bord de fuite 32 en encadrant le profil 28. En outre, l'aube 26 montre une première zone 40 accompagnée d'une deuxième zone 42, qui possèdent respectivement une rugosité Ra1 et une rugosité Ra2. Ces Rugosités Ra1 et Ra2 sont différentes. Ces zones sont adaptées pour être en contact du flux primaire 18. Elles forment l'enveloppe aérodynamique de l'aube.

Par exemple, la rugosité Ra1 peut être supérieure à la rugosité Ra2, par exemple au moins : 2 ou 5 ou 10 ou 20 ou 30 ou 100 fois supérieure. A titre d'exemple, la rugosité Ra1 est égale à 10µm, et la rugosité Ra2 est égale à 1,20µm et le rapport Ra1/Ra2 est de l'ordre de 8. La première zone 40 peut être en surface intrados 36, et la deuxième zone 42 peut être en surface extrados 38. L'inverse est envisagé.

Les rugosités Ra1 et Ra2 considérées peuvent être des nanorugosités. Leurs rugosités peuvent être inférieures à 1,00µm. Selon un autre exemple envisagé, la rugosité Ra1 est égale à 0,6µm, et la rugosité Ra2 est de 0,025µm si bien que le quotient Ra1/Ra2 vaut 24. La nanorugosité peut être calculée en effectuant une opération de filtrage électronique et/ou informatique, par exemple un filtrage passe bas, et/ou en ne prenant pas en compte la microrugosité. La détermination de la nanorugosité peut s'effectuer en ne prenant en compte que les reliefs d'amplitudes et/ou de longueurs d'onde inférieures à 1µm, ou à 0,6µm, ou à 0,1µm.

La première zone 40 peut s'étendre sur la majorité de la longueur de l'aube 26, la longueur étant mesurée selon l'axe de rotation 14 ; et/ou s'étendre sur la majorité de la hauteur radiale de l'aube 40. La première zone 40 peut couvrir entre 80% et 85% de la surface intrados de l'aube 26. Toutefois, la première zone 40 peut rester en retrait axial du bord d'attaque 30 et/ou du bord de fuite 32. Chaque retrait peut représenter entre 5% et 25%, ou entre 10% et 15% de la longueur axiale de l'aube 26. Ainsi, l'écoulement au niveau du bord d'attaque 30 et/ou du bord de fuite 32 est préservé, si bien que le rendement moteur l'est également.

Selon une variante, la première zone est placée au-dessus radialement de la deuxième zone. Les zones peuvent alors être sur une même surface, intrados ou extrados, de l'aube. Ou encore, la première zone peut être une zone amont, et la deuxième zone peut être une zone aval. Leur séparation peut être oblique à l'axe d'empilement des profils 28 de l'aube 26 ; les zones (40 ; 42) peuvent être des trapèzes imbriqués.

La première zone 40 peut être une zone glaciophobe, notamment en raison de sa géométrie, nanométrique et/ou microscopique, et de la rugosité Ra qui en découle. Le choix du matériau permet également d'atteindre cette particularité, notamment grâce à du hexaméthyldisiloxane polymérisé, ou à un revêtement chrome-nickel. Ce dernier pourra être conformé par laser afin d'y graver des nanoreliefs. Différentes nanopoudres peuvent être employées.

La première zone glaciophobe présente une contrainte de cisaillement limite avec la glace qui est au moins quinze fois inférieure à la contrainte de cisaillement limite avec la glace de la deuxième zone 42. Donc, la glace adhère quinze fois mieux sur la deuxième zone 42 que sur la zone glaciophobe 40 – la première zone 40.

Une zone glaciophobe présente des propriétés physiques limitant la présence de givre ; notamment en limitant la solidification de gouttelettes d'eau s'y condensant, en repoussant les gouttelettes d'eau, et en présentant une adhésion glace/aube réduite. Soulignons en complément que le processus de formation du givre est également influencé par les turbulences produites par le bord d'attaque de l'aube. En effet, le bord d'attaque est un lieu de décélération et d'accélération du flux, ce qui influe notamment sur sa pression.

Selon une autre possibilité, la première zone est placée en surface extrados 42, et la deuxième zone est placée en surface intrados 40. Par exemple, la rugosité Ra1 peut être de 10µm, et la rugosité Ra2 peut être de 0,10µm.

Placer la surface glaciophobe en extrados permet de mieux contrôler les phénomènes de décrochage. Le pompage du compresseur est évité en cas de givrage.

La figure 4 est un agrandissement de la première zone 40 où apparait la texture de l'aube 26.

La première zone 40 et la deuxième zone peuvent comprendre des microrugosités Ra3 et Ra4 respectivement ; qui se superposent aux nanorugosités. Ainsi, ces zones présentent des rugosités composites en ce sens que des reliefs nanométriques 44 (tracés en trait plein) se superposent aux reliefs micrométriques 46 (tracés en trait mixte). Les reliefs micrométriques 46 forment alors la trame sinusoïdale supportant les reliefs nanométriques 44. Ces derniers présentent des dents et des creux définis par rapport à la ligne des reliefs micrométriques 46. Les reliefs micrométriques 46 et les reliefs nanométriques 44 sont ici d'échelles, et éventuellement de formes, purement figuratives.

Lorsqu'un filtre supprime mathématiquement la microrugosité Ra3, la nanorugosité Ra1 ressort comme si la microrugosité Ra3 était nulle. Physiquement, cela correspondrait à des reliefs micrométriques 46 plats. Leur ligne pointillée serait plate.

La figure 5 représente un ensemble d'aubes glaciophobes (26A, 26B) d'une rangée annulaire d'aubes, les rangées pouvant correspondre à celle décrites en relation avec les figures 1 et 2. Chaque aube peut être selon les figures 1 à 4. Les aubes délimitent entre elles des passages (48A ; 48B) qui traversent leur rangée. L'axe de rotation 14 est indiqué en guise de repère.

Les aubes (26A, 26B) sont de deux types . Elles ménagent entre elles des passages (48A ; 48B) également de deux types. Chaque aube est bordée par deux passages (48A ; 48B) qui se rejoignent aux bords d'attaque 30 et aux bords de fuite 32. Les passages (48A ; 48B) permettent la traversée axiale de la rangée d'aubes correspondante par le flux primaire 18.

Il est remarquable que deux deuxièmes zones 42 sont en regard l'une de l'autre en étant portées par deux aubes. Elles peuvent présenter des rugosités Ra2 et/ou Ra4 égales. Ainsi, elles délimitent un même passage 48A. Par analogie, deux premières zones 40 sont en regard au travers d'un même passage 48B, et peuvent présenter des rugosités Ra1 et/ou Ra3 égales.

Ainsi, chaque passage (48A ; 48B) est délimité par des zones de même type ; soit des premières zones 40 ou des deuxièmes zones 42. Toute la rangée annulaire d'aubes 26 correspondante peut reproduire ce motif alterné.

Ainsi, les passages (48A ; 48B) traversant axialement la rangée forment une alternance de premiers passages 48A et de deuxièmes passages 48B; qui sont respectivement en contact de deuxièmes zones 42 et de premières zones 40 respectivement. Ainsi, les deux types d'aubes (26A, 26B) forment une alternance sur leur rangée annulaire.

En variante, les aubes de la rangée d'aubes glaciophobes sont identiques.

Revendications

1. Aube (24 ; 26) de turbomachine (2), notamment pour compresseur (4) de turbomachine, l'aube comprenant :
   - un bord d'attaque (30),
   - un bord de fuite (32),
   - une surface intrados (36) et une surface extrados (38) qui s'étendent du bord d'attaque (30) au bord de fuite (32);
   - une première zone (40) avec une rugosité Ra1;
   - une deuxième zone (42) avec une rugosité Ra2;
   caractérisée en ce que
   le rapport Ra1/Ra2 est supérieur ou égal à : 2,00.

2. Aube (24 ; 26) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la rugosité Ra1 et la rugosité Ra2 sont des nanorugosités.

3. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisée en ce que le rapport Ra1/Ra2 est supérieur ou égal à : 4, ou 8, ou 20.

4. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la rugosité Ra1 est inférieure ou égale à 0,100µm, ou à 0,050µm, ou à 0,025µm.

5. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la première zone (40) comprend une microrugosité Ra3, la deuxième zone (42) présentant une microrugosité Ra4, le rapport Ra3/Ra4 étant compris entre 0,2 et 5, ou entre 0,5 et 2.

6. Aube (24 ; 26) selon la revendication 5, caractérisée en ce que la microrugosité Ra3 est inférieure ou égale à : 0,60µm, ou 0,10µm.

7. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisée en ce que la microrugosité Ra4 est supérieure ou égale à 5µm, ou 10µm, ou 15µm.

8. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisée en ce que la microrugosité Ra4 est inférieure ou égale à : 0,60µm, ou 0,10µm.

9. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la première zone (40) forme la surface intrados (36) et la deuxième zone (42) forme la surface extrados (38), ou la première zone (40) forme la surface extrados (38) et la deuxième zone (42) forme la surface intrados (36).

10. Aube selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la première zone et la deuxième zone sont toutes deux disposées sur la surface intrados ou sur la surface extrados de l'aube.

11. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la première zone (40) est à distance axialement du bord d'attaque (30) et/ou du bord de fuite (32).

12. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que la première zone est une zone amont et la deuxième zone étant une zone aval.

13. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la première zone (40) et/ou la deuxième zone (42) occupent entre 50% et 100% de leur surface, éventuellement entre 95% et 75% de leur surface, notamment de leur surface respective.

14. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisée en ce que la première zone (40) et/ou la deuxième zone (42) s'étend sur la majorité ou sur sensiblement toute la hauteur de l'aube.

15. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisée en ce que la première zone (40) est une zone glaciophobe.

16. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce qu'elle comprend un revêtement Cr-Ni formant la première zone (40) et/ou la deuxième zone (42).

17. Turbomachine (2), notamment un turboréacteur, comprenant au moins une rangée annulaire d'aubes glaciophobes, caractérisée en ce qu'au moins

une ou chaque aube glaciophobe (24 ; 26) est conforme à l'une des revendications 1 à 16, optionnellement les aubes glaciophobes sont identiques.

18. Turbomachine (2) selon la revendication 17, caractérisée en ce que la au moins une rangée annulaire comprend des premières aubes glaciophobes (26B) avec une première zone (40) en surface extrados (38) et une deuxième zone (42) en surface intrados (36) ; et des deuxièmes aubes glaciophobes (26A) avec une première zone (40) en surface intrados (36) et une deuxième zone (42) en surface extrados (38) ; les premières aubes (26B) et les deuxièmes aubes (26A) étant placées par alternance dans leur rangée annulaire.

19. Turbomachine (2) selon l'une des revendications 17 à 18, caractérisée en ce qu'elle comprend un compresseur, notamment un compresseur basse pression (4), le compresseur comprenant une rangée amont et des rangées aval, les aubes de la rangée amont et/ou d'au moins une rangée aval étant conformes à l'une des revendications 1 à 16.

20. Turbomachine (2) selon l'une des revendications 17 à 19, caractérisée en ce que le compresseur (4) comprend un bec de séparation (22) dans lequel est disposée la rangée amont.

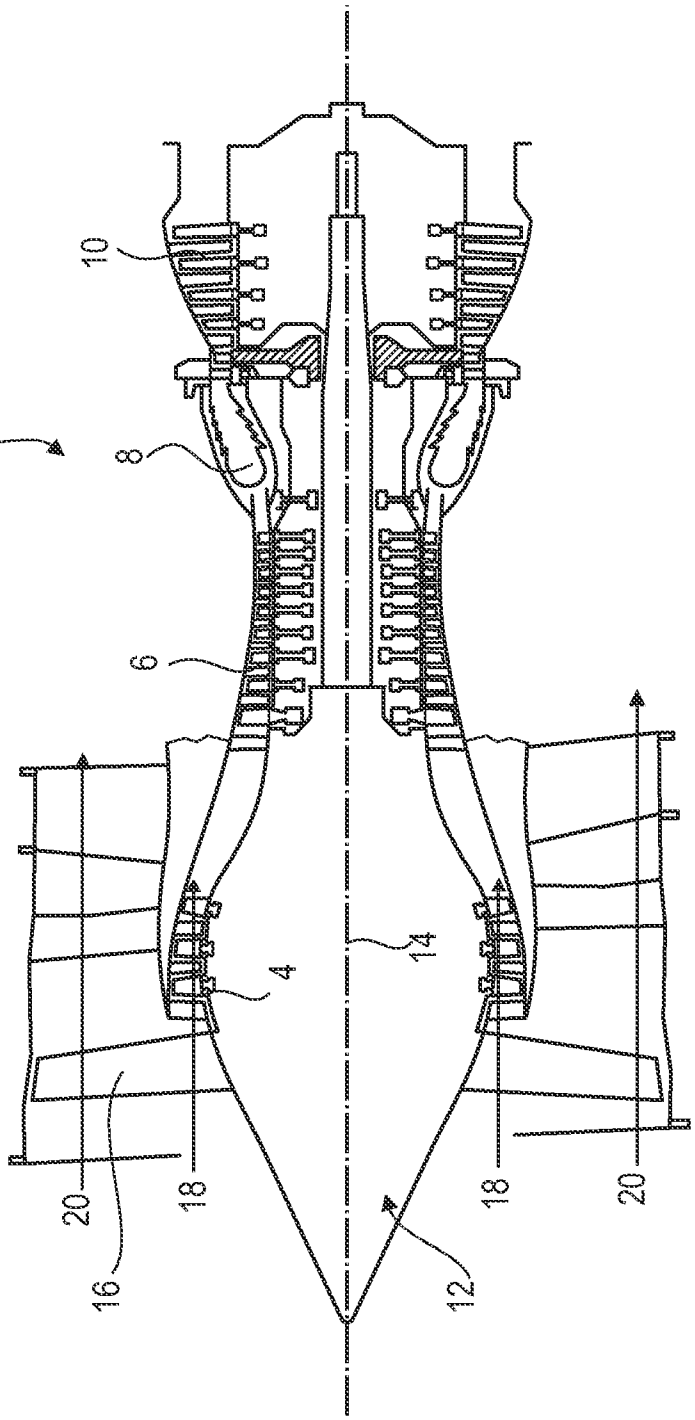


FIG. 1

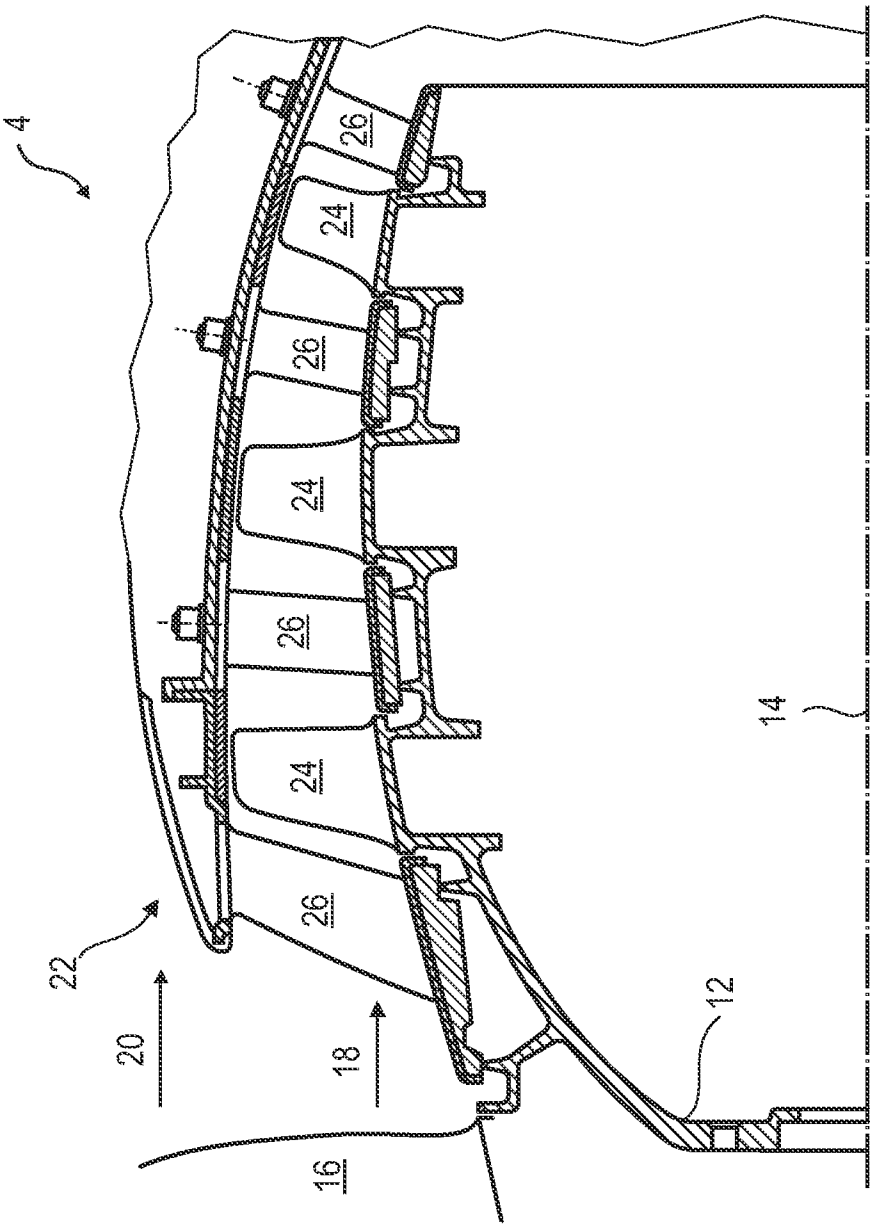


FIG. 2

FIG. 3

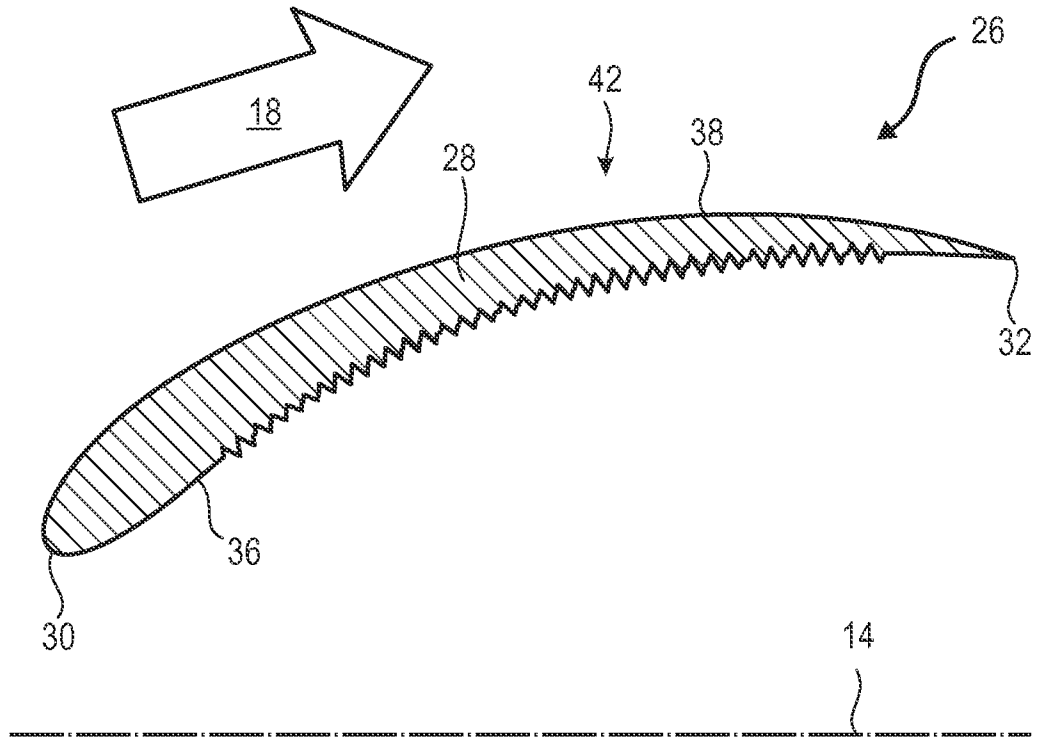
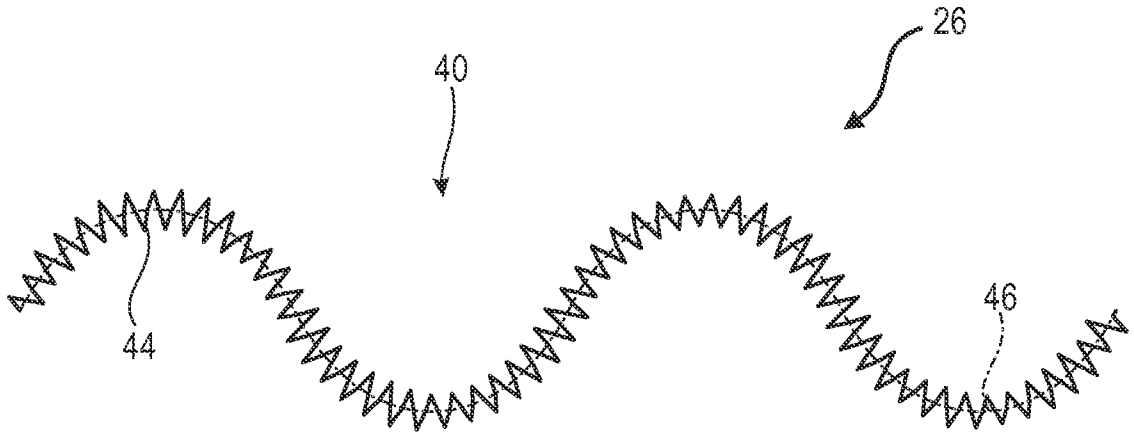


FIG. 4



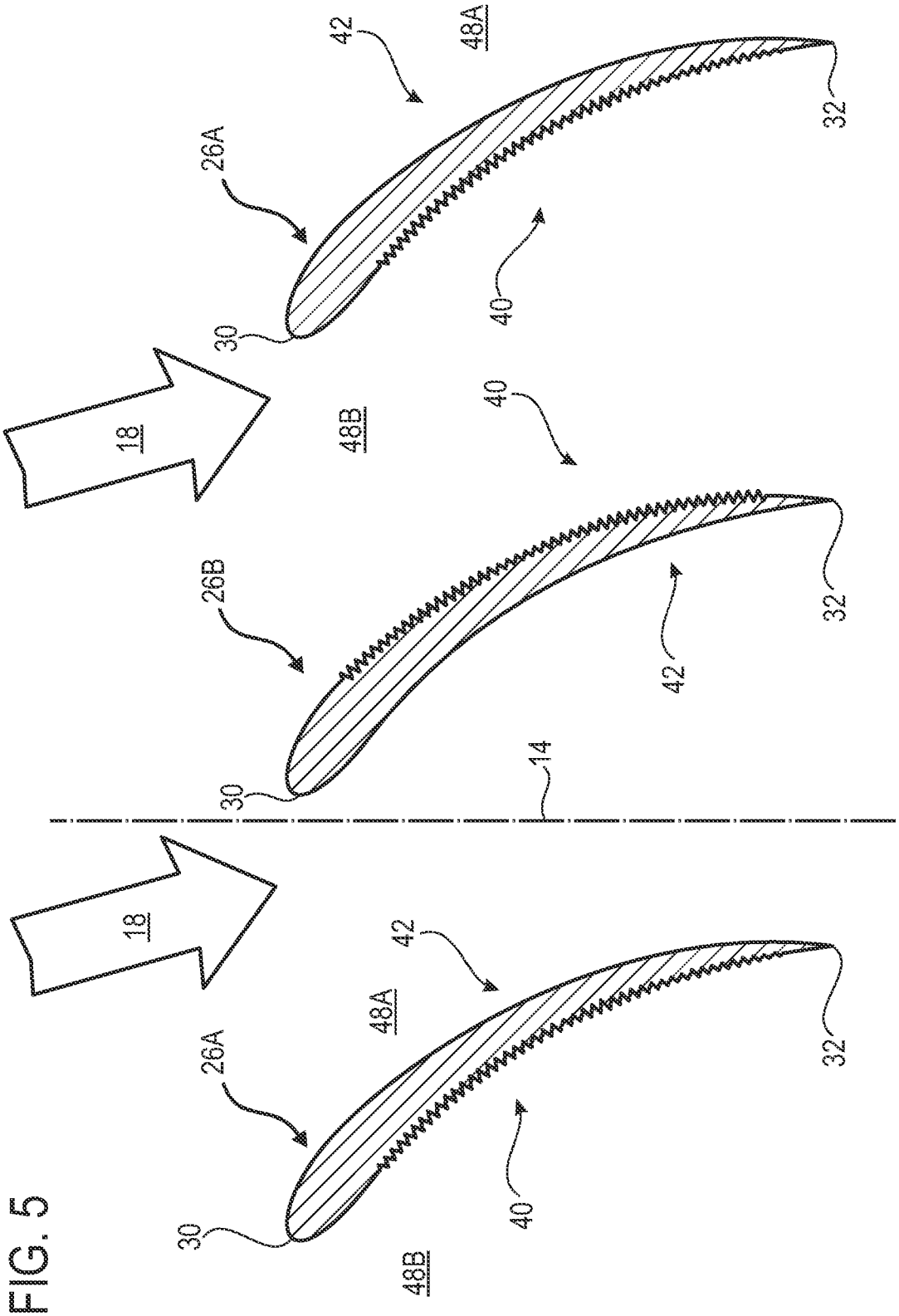


FIG. 5

Abrégé

AUBE RUGUEUSE POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

L'invention a pour objet une aube glaciophobe (26) de turbomachine, notamment pour compresseur basse pression de turboréacteur. L'aube (26) comprend un bord d'attaque (30), un bord de fuite (32), une surface intrados (36) et une surface extrados (38) qui s'étendent du bord d'attaque (30) au bord de fuite (32) ; une première zone (40) avec une rugosité Ra1; une deuxième zone (42) avec une rugosité Ra2; le rapport Ra1/Ra2 est supérieur ou égal à 2. Au sein d'une même rangée d'aubes glaciophobes, les zones sont disposées sur les faces de manière à ce que les premières zones soient deux à deux en regard l'une de l'autre.

(figure 3)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Numero de la demande nationale

BO 11385
BE 201605938

RAPPORT DE RECHERCHE

établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2
de la loi belge sur les brevets d'invention
du 28 mars 1984

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2013/236322 A1 (SCHMIDT WAYDE R [US] ET AL) 12 septembre 2013 (2013-09-12) * alinéa [0052] - alinéa [0053]; figure 4 * -----	1-20	INV. F01D25/02 ADD. F01D5/28
X	EP 1 750 018 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 7 février 2007 (2007-02-07) * figure 10 * -----	1-20	
X	US 2013/032646 A1 (DHIMAN RAJEEV [US] ET AL) 7 février 2013 (2013-02-07) * figure 10 * -----	1-20	
X	EP 2 985 420 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 février 2016 (2016-02-17) * figures * -----	1-20	
X	EP 1 844 863 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 17 octobre 2007 (2007-10-17) * figure 10 * -----	1-20	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

F01D

1

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
28 août 2017	Raspo, Fabrice

CATEGORIE 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO. BO 11385
BE 201605938

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-08-2017

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2013236322	A1	12-09-2013	EP 2823174	A1	14-01-2015
			SG 11201405223R	A	30-10-2014
			US 2013236322	A1	12-09-2013
			WO 2013133997	A1	12-09-2013
EP 1750018	A2	07-02-2007	EP 1750018	A2	07-02-2007
			JP 2007130747	A	31-05-2007
US 2013032646	A1	07-02-2013	BR 112014002627	A2	01-03-2017
			CA 2847545	A1	07-02-2013
			EP 2739564	A1	11-06-2014
			JP 2014531326	A	27-11-2014
			US 2013032646	A1	07-02-2013
			US 2014291420	A1	02-10-2014
			US 2017151575	A1	01-06-2017
			WO 2013019257	A1	07-02-2013
EP 2985420	A1	17-02-2016	DE 102014215082	A1	04-02-2016
			EP 2985420	A1	17-02-2016
EP 1844863	A1	17-10-2007	AUCUN		

EPO FORM P0465

OPINION ÉCRITE

Dossier N°	Date du dépot *(jour/mois/année)*	Date de priorité *(jour/mois/année)*	Demande n°
BO11385	15.12.2016		BE201605938

Classification internationale des brevets (CIB)
INV. F01D25/02 ADD. F01D5/28

Déposant
SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☐ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☐ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Examinateur
Raspo, Fabrice

Demande n°
BE201605938

OPINION ÉCRITE

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.

2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :

   a. Nature de l'élément:

   ☐ un listage de la ou des séquences

   ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences

   b. Type de support:

   ☐ sur papier

   ☐ sous forme électronique

   c. Moment du dépôt ou de la remise:

   ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée

   ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique

   ☐ remis ultérieurement

3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.

4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-20
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-20
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-20
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Il est fait référence aux documents suivants :

D1 US 2013/236322 A1 (SCHMIDT WAYDE R [US] ET AL) 12 septembre 2013 (2013-09-12)

D2 EP 1 750 018 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 7 février 2007 (2007-02-07)

D3 US 2013/032646 A1 (DHIMAN RAJEEV [US] ET AL) 7 février 2013 (2013-02-07)

D4 EP 2 985 420 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 février 2016 (2016-02-17)

D5 EP 1 844 863 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 17 octobre 2007 (2007-10-17)

La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'étant pas nouveau.

Chacun des documents D1-D5 divulgue une aube de turbomachine, l'aube comprenant un bord d'attaque, un bord de fuite, une surface intrados et une surface extrados qui s'étendent du bord d'attaque au bord de fuite, une première zone avec une première rugosité une deuxième zone avec une second rugosité telle que le rapport de la première à la deuxième rugosité est supérieur ou égal à 2.

En particulier, les caractéristiques techniques principales de la revendication sont décrites de la façon suivante dans l'état de l'art antérieur cité:

D1: première nano rugosité (70), deuxième rugosité (pratiquement négligeable 68), voir figure 1;

D2: première nano rugosité (820), deuxième rugosité (pratiquement négligeable au fond de la rainure 800), voir figure 10;

D2: première micro rugosité (les hauts flancs 800), deuxième nano rugosité (superposée sous la forme 820), voir figure 10;

D3: première micro rugosité (1002), deuxième nano rugosité (voir Ln), voir figure 10;

D4: première rugosité (3,4), deuxième rugosité (1), voir figure 1;

D5: première rugosité (1020), deuxième rugosité (reste de l'aube), voir figure 10;

La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'impliquant pas d'activité inventive.

La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication n'impliquant pas d'activité inventive.

D1, qui peut être considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue une aube de turbomachine, l'aube comprenant un bord d'attaque, un bord de fuite, une surface intrados et une surface extrados qui s'étendent du bord d'attaque au bord de fuite, une première zone avec une première rugosité une deuxième zone avec une second rugosité (voir figure 4)

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de cette aube connue en ce que le rapport de la première à la deuxième rugosité est supérieur ou égal à 2.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme d'adapter localement au besoin réel l'hydrophobie ou glaciophobie d'une surface.

La solution proposée dans la revendication 1 de la présente demande ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive pour les motifs suivants.

L'adaptation des rugosités relatives des surfaces respectives divulguées en figure 4 serait considérée par l'homme du métier comme une procédure de développement ordinaire.

Les revendications dépendantes 2-20 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.