

## BREVET D'INVENTION

Date de priorité :

Classification internationale : F01D 5/14, F01D 5/28, F04D 29/32

Numéro de dépôt : BE2015/5121

Date de dépôt : 05/03/2015

Titulaire :

Techspace Aero S.A.  
4041, Milmort/Herstal  
Belgique

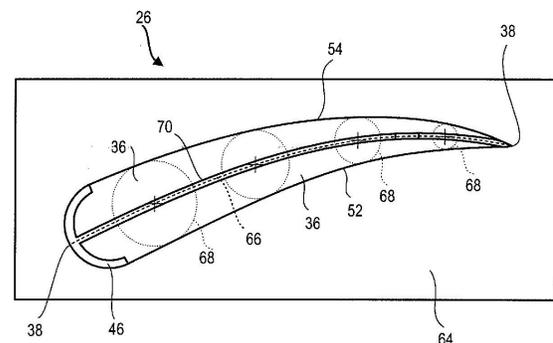
Inventeur :

Cortequisse Jean-françois  
3870 Heers  
Belgique

### AUBE COMPOSITE DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

L'invention a trait à une aube composite (26) de compresseur basse pression de turbomachine axiale. L'aube (26) comprend une plateforme (30), une pale aérodynamique (34) avec un bord d'attaque (38) et un bord de fuite (40). La pale (34) s'étend dans le flux primaire de la turbomachine. La pale (34) comporte un corps (36) s'étendant du bord d'attaque (38) au bord de fuite (40) et un renfort (42) du bord d'attaque de la pale. Le renfort (42) comprend une feuille de renfort (70) qui s'étend du bord d'attaque (38) au bord de fuite (40) et qui est disposée dans l'épaisseur du corps (36) de sorte à le renforcer. En outre le renfort comprend une coquille (46) formant le bord d'attaque (38) et qui est monobloc avec la feuille (70). La feuille (70) est une tôle en titane, et le corps (36) comporte un matériau composite à matrice organique chargée avec des fibres. Cette configuration améliore la rigidité, la

FIG 5



résistance à la corrosion tout en allégeant l'aube (26).

## Description

### AUBE COMPOSITE DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

#### Domaine technique

L'invention a trait au domaine des aubes de turbomachines pour aéronef. Plus  
5 précisément, l'invention traite des aubes composites avec une structure de renfort.  
L'invention a également trait à une turbomachine axiale avec une aube selon  
l'invention.

#### Technique antérieure

Les compresseurs et les turbines d'une turbomachine axiale comprennent chacun  
10 plusieurs rangées annulaires d'aubes rotoriques. Ces dernières permettant  
d'accélérer, de ralentir, de redresser ou bien dévier un flux d'air annulaire. Ces  
actions permettent de comprimer le flux, ou d'en récupérer une énergie motrice.  
Les aubes doivent être légères pour réduire la masse de la turbomachine, en  
particulier dans le domaine aéronautique. L'allègement est également synonyme  
15 de réduction d'inertie du rotor.

L'optimisation de la masse d'une aube doit néanmoins respecter des critères de  
résistance mécanique et de résistance thermique. Une aube doit résister à des  
vibrations et éventuellement à des ingestions dans la turbomachine. En sus, les  
aubes rotoriques sont confrontées aux efforts centrifuges. Pour réaliser des aubes  
20 sur-mesure qui répondent aux exigences précitées, il est connu de concevoir des  
aubes dotées de renforts

Le document EP 1 450 006 A1 divulgue une aube de compresseur de  
turboréacteur d'aéronef. L'aube présente un corps et un renfort pour son bord  
d'attaque. Le corps est réalisé en un matériau composite chargé en fibres, tandis  
25 que le renfort est en métal. Le renfort rapporté est partiellement ancré dans l'aube,  
ce qui permet de protéger l'aube contre l'érosion au niveau de son bord d'attaque.  
Cependant, la résistance aux impacts et la rigidité globale d'une telle aube restent  
limitées. La présence de peaux sur les surfaces externes alourdi l'aube.

## 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 d'améliorer la rigidité d'une aube de turbomachine. L'invention a également pour objectif d'optimiser la résistance, la masse, le coût, la géométrie d'une aube de turbomachine.

### Solution technique

De manière générale, l'invention propose une aube avec une nappe de renfort, ou feuille ; avec deux blocs, ou portions de corps, de part et d'autre de la feuille ; la nappe forme le bord de fuite et le bord d'attaque de l'aube en étant épaissie sur ce dernier bord, les blocs forment la surface intrados et la surface extrados de l'aube.

L'invention a pour objet une aube composite de turbomachine, notamment de compresseur de turbomachine axiale, l'aube comprenant : une pale destinée à s'étendre radialement dans un flux de la turbomachine, la pale comportant un bord d'attaque, un bord de fuite et un corps placé entre le bord d'attaque et le bord de fuite ; et un renfort formant le bord d'attaque de la pale ; remarquable en ce que le renfort du bord d'attaque comprend une feuille de renfort qui s'étend du bord d'attaque au bord de fuite et qui est disposée dans l'épaisseur du corps de sorte à le traverser.

Selon un mode avantageux de l'invention, la pale comprend une surface intrados et une surface extrados qui s'étendent du bord d'attaque au bord de fuite, la feuille balayant la majorité, préférentiellement essentiellement toute la surface intrados et toute la surface extrados de l'aube, éventuellement le corps forme au moins partiellement la surface intrados et/ou la surface extrados de la pale.

Selon un mode avantageux de l'invention, le renfort comprend une portion amont, notamment une coquille de protection, formant le bord d'attaque de l'aube, la feuille et ladite portion amont étant joints, préférentiellement la feuille et ladite portion amont sont venues de matière.

Selon un mode avantageux de l'invention, la portion amont forme une couche de matière d'épaisseur majoritairement constante, éventuellement la feuille s'étend davantage en aval que le corps.

Selon un mode avantageux de l'invention, la feuille comprend un matériau granuleux, préférentiellement le renfort est réalisé par fabrication additive, éventuellement à base de poudre.

5 Selon un mode avantageux de l'invention, la feuille est métallique, elle peut comprendre du titane ; et le corps est réalisé en un matériau polymère, éventuellement chargé en fibres.

Selon un mode avantageux de l'invention, le renfort forme un insert au moins partiellement disposé dans le corps, la feuille séparant le corps en deux parties, le renfort comprend des ouvertures formées dans la feuille, préférentiellement les  
10 parties du corps présentent une continuité de matière via les ouvertures.

Selon un mode avantageux de l'invention, le corps recouvre les deux faces de la feuille, préférentiellement sur la majorité de la surface de chaque face de feuille.

Selon un mode avantageux de l'invention, la feuille est une tôle qui divise le corps, et la feuille s'étend sur toute la hauteur radiale du bord d'attaque et/ou toute la  
15 hauteur radiale du bord de fuite de l'aube.

Selon un mode avantageux de l'invention, le corps présente un empilement radial de profils aérodynamiques avec des lignes de cambrure moyennes, au moins une ou chaque ligne de cambrure moyenne étant disposée dans l'épaisseur de la feuille, et/ou au moins une ou chaque ligne de cambrure moyenne étant parallèle  
20 à la feuille.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'aube comprend une plateforme de fixation délimitant radialement le renfort, la plateforme et le renfort étant venus de matière, éventuellement la plateforme comprend une plaque avec un rebord de sorte à délimiter un espace à l'intérieur de la plateforme.

25 Selon un mode avantageux de l'invention, l'aube comprend une languette de fixation, éventuellement disposée radialement à l'opposé de la plateforme de fixation, la languette de fixation prolonge radialement la feuille et comprend des moyens de fixation, tel un orifice de fixation, destiné à coopérer avec une virole interne statorique.

30 Selon un mode avantageux de l'invention, la plateforme comprend des nervures de renfort en surépaisseur de la plaque de la plateforme et qui s'étendent jusqu'au niveau de la feuille, et/ou une structure en treillis tridimensionnel renforçant la plateforme, et/ou un bloc massif destiné à être soudé à un support.

Selon un mode avantageux de l'invention, la plateforme comprend un prolongement de la feuille, la plaque de la plateforme séparant la feuille du prolongement, le prolongement étant entouré par le rebord de la plaque, éventuellement la plateforme comprend un axe de fixation joint au prolongement  
5 de la feuille, ou l'axe de fixation est à distance radialement du prolongement de la feuille.

Selon un mode avantageux de l'invention, le corps épouse chaque surface des faces de la feuille, éventuellement sur toutes les surfaces des faces de la feuille.

Selon un mode avantageux de l'invention, la feuille présente essentiellement une  
10 épaisseur constante, sur la majorité ou sur essentiellement toute son épaisseur.

Selon un mode avantageux de l'invention, la feuille forme le bord de fuite de l'aube, éventuellement sur toute sa hauteur radiale.

Selon un mode avantageux de l'invention, la feuille est cambrée, et/ou vrillée, et/ou bombée.

15 Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaisseur de la feuille est inférieure à la moitié de l'épaisseur moyenne de la pale de l'aube.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaisseur de la feuille et/ou l'épaisseur de la coquille est/sont inférieure(s) ou égale(s) à 1 mm, préférentiellement inférieure(s) ou égale(s) à 0,50 mm, plus préférentiellement inférieure(s) ou  
20 égale(s) à 0,25 mm, éventuellement inférieure(s) ou égale(s) à 0,10 mm.

Selon un mode avantageux de l'invention, les parties du corps forment la majorité de la surface intrados et de la surface extrados.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaisseur maximale de la portion amont du renfort est supérieure ou égale à l'épaisseur moyenne du corps ou de  
25 l'une des parties du corps.

Selon un mode avantageux de l'invention, le renfort et le corps forment un bloc de matière plein.

Selon un mode avantageux de l'invention, le renfort, notamment sa partie amont et/ou la coquille, s'étend du côté intrados et du côté extrados de l'aube.

30 Selon un mode avantageux de l'invention, la surface d'au moins une ou de chaque face de la feuille est généralement lisse.

Selon un mode avantageux de l'invention, le renfort et le corps sont réalisés en deux matériaux différents, préférentiellement le matériau du corps présente une

densité inférieure à celle du matériau du renfort, plus préférentiellement au moins deux fois moins denses.

L'invention a également pour objet une turbomachine comprenant au moins une aube, remarquable en ce que la au moins une aube est conforme à l'invention,  
5 préférentiellement ladite aube est une aube de redresseur de compresseur basse pression.

#### Avantages apportés

L'invention permet d'augmenter la rigidité de l'aube grâce à la présence de la feuille de renfort. Sa présence permet de former une aube composite avec deux  
10 matériaux différents ; de sorte à apporter à la fois de la rigidité et de la légèreté. Ainsi, les profils aérodynamiques de l'aube risquent moins de s'arquer ou de s'aplatir sous l'effet de l'écoulement du fluide. La feuille et le corps peuvent être réalisés en deux matériaux différents de sorte à amortir les vibrations.

Bien entendu, le traitement du bord d'attaque limite l'érosion, mais il permet  
15 également de rigidifier la feuille en y formant une cornière de renfort de sorte à éviter les flexions vers l'intrados ou l'extrados. Réciproquement, la feuille évite que la portion amont ne se déforme vers l'aval. Ainsi, la feuille et la portion amont se renforcent mutuellement. Leur jonction perpendiculaire optimise ce renfort. Le renfort joue un rôle de structure ; d'âme de renfort.

20 En plus d'alléger la feuille, les orifices de la feuille augmentent la cohésion du corps puisqu'il traverse ces orifices. L'alignement des orifices permet de préserver la rigidité de la feuille en ménageant des zones de renfort.

#### **Brève description des dessins**

La figure 1 représente une turbomachine axiale selon l'invention.

25 La figure 2 est un schéma d'un compresseur de turbomachine selon l'invention.

La figure 3 illustre une aube selon l'invention.

La figure 4 illustre une plateforme d'aube selon l'invention.

La figure 5 esquisse une coupe de l'aube suivant l'axe 5-5 tracé sur la figure 3 selon l'invention.

30 **Description des modes de réalisation**

Dans la description qui va suivre, les termes intérieur ou interne et extérieur ou 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.

5 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  
10 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 stator. 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  
15 l'entrée de la chambre de combustion 8. Des moyens de démultiplication peuvent augmenter la vitesse de rotation transmise aux compresseurs.

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 un flux secondaire 20  
20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine. 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, ils sont canalisés par le carter de la turbomachine. A cet effet, le carter présente des parois cylindriques ou viroles qui  
25 peuvent être internes et externes.

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 le bec de séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées d'aubes rotoriques 24,  
30 en l'occurrence trois.

Le compresseur 4 comprend plusieurs redresseurs, en l'occurrence quatre, qui contiennent chacun une rangée annulaire d'aubes statoriques 26. Les redresseurs

sont associés au fan ou à une rangée d'aubes rotoriques 24 pour redresser le flux d'air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression statique.

Les aubes statoriques 26 s'étendent essentiellement radialement depuis un carter extérieur 28, et peuvent y être fixées à l'aide de leurs plateformes de fixation 30  
5 qui sont plaquées contre la paroi externe du carter 28. A cet effet, les plateformes de fixation 30 peuvent comprendre un axe de fixation 32 ou un bloc de matière destiné à être soudé au carter 28 ou à une virole externe. Les axes de fixation 32 peuvent être liés par un lockbolt ou un écrou.

La figure 3 représente une aube selon l'invention, telle une aube du compresseur  
10 représenté sur la figure 2. L'aube est observée latéralement ; selon la direction circonférentielle. L'aube qui est ici représentée est une aube statorique 26, il pourrait également s'agir d'une aube rotorique, par exemple soudée sur un tambour. L'aube pourrait être une aube de turbine.

L'aube 26 comprend une pale 34 destinée à s'étendre radialement dans le flux  
15 annulaire primaire 18 de la turbomachine. La pale 34 comporte un corps 36 avec un bord d'attaque 38 et un bord de fuite 40, une surface intrados et une surface extrados ; ces surfaces s'étendant du bord d'attaque 38 au bord de fuite 40. La surface intrados est incurvée pour dévier le flux 18, afin de l'accélérer ou de le ralentir.

La pale 34 comporte en outre un renfort 42 au moins partiellement disposé dans le  
20 corps 36 de sorte à le renforcer. A cet effet, le renfort 42 présente une feuille 70 insérée dans l'épaisseur du corps 36 en le traversant d'amont en aval. La feuille 70 s'étend du bord d'attaque 38 au bord de fuite 40 de l'aube 26, par exemple sur toute la hauteur radiale de la pale 34 de l'aube. La feuille 70 peut s'étendre au  
25 droit de toute la surface intrados et de toute la surface extrados de l'aube 26. La feuille 70 peut comprendre des ouvertures 44 réparties sur sa surface. Les ouvertures 44 sont traversées par le corps 36 pour améliorer la cohésion entre la feuille et le corps.

En amont, le renfort 42 peut comprendre une portion amont 46 formant le bord  
30 d'attaque 38. La portion amont 46 est prolongée en aval par la feuille 70. La feuille 70 peut former le bord de fuite 40 de l'aube, et s'étendre plus en aval que le corps 36. Le renfort 42 peut être venu de matière.

L'aube 26 peut comprendre une plateforme de fixation 30, par exemple en forme de plaque. La plateforme 30 délimite radialement la pale 34, et permet de délimiter radialement le flux primaire 18. La plateforme 30 peut être prolongée par un ou plusieurs axe(s) de fixation 32.

- 5 L'aube 26 peut présenter une languette de fixation 48, éventuellement avec un moyen de fixation 50. La languette 48 peut permettre d'y ancrer une virole, par exemple une virole interne essentiellement reliée au stator d'une turbomachine grâce à sa rangée d'aubes 26 associée. La languette 48 peut présenter un orifice 50 pour y insérer un moyen de rétention telle une plaquette de rétention, un
- 10 cerclage.

Le renfort 42 peut être réalisé en un matériau granuleux, et est avantageusement monobloc, par exemple venu de matière. Le renfort 42 peut être réalisé par frittage, ou selon un procédé de fabrication additive par couches afin d'améliorer la résistance mécanique tout en offrant une grande liberté de conception et une

15 homogénéité de sa matière. Le renfort 42 peut également être produit en soudant des éléments, ou par fonderie. L'aube 26 peut être réalisée en surmoulant une résine sur le renfort 42 de sorte à y former le corps.

Le renfort 42 peut être réalisé à partir de poudre métallique telle une poudre titane pour offrir une résilience face aux impacts. Il pourrait également être produit en

20 céramique pour augmenter la rigidité et la résistance à la température. Le corps 36 peut comprendre un matériau polymère, tel un composite à matrice organique chargée en fibres, et/ou un matériau céramique, et/ou un matériau métallique. Le corps 36 peut comprendre du PEI, du PEEK.

La figure 4 représente la plateforme 30 de l'aube 26 représentée figure 3, la

25 plateforme 30 étant représentée depuis l'extérieur. La pale est représentée via sa surface intrados 52 et sa surface extrados 54 qui sont tracées en pointillés.

La plateforme comprend une plaque avec un rebord 56. Le rebord 56 forme une partie en saillie sur le tour de la plaque. Il entoure un espace creux de la plateforme 30 délimité d'un côté par la plaque. La plateforme 30 peut comprendre

30 un prolongement radial 58 de la feuille et/ou de la portion amont disposé dans l'espace creux, la plaque de la plateforme 30 étant intercalée entre la feuille et le prolongement 58. Ce prolongement 58 apporte un surplus de matière renforçant l'aube 26 à la jonction entre le renfort et la plateforme 30.

La plateforme 30 peut comprendre une structure de rigidification dans sa zone creuse. La structure peut comprendre des nervures 60 et/ou un treillis tridimensionnel 62. Un tel treillis 62 peut comprendre des tiges orientées selon au moins trois directions pour former un repère tridimensionnel. Les nervures 60, tout  
5 comme le treillis 62, peuvent s'étendre depuis le prolongement radial 58 vers le rebord 56 de la plateforme 30, ils peuvent être en contact de l'axe de fixation 32. La structure de rigidification peut s'étendre dans tout l'espace creux de la plateforme 30.

Certaines nervures 60 peuvent s'étendre depuis le bord d'attaque 38 et/ou depuis  
10 le bord de fuite 40 de sorte à relier le rebord amont 56 et le rebord aval 56 de la plateforme 30 via le prolongement radial 58.

La figure 5 ébauche une coupe de l'aube suivant l'axe 5-5 tracé sur la figure 3. La coupe est observée vers l'extérieur, la plaque 64 de la plateforme 30 étant visible. La pale 34 de l'aube 26 comporte un empilement radial de profils  
15 aérodynamiques, les propriétés décrites en relation avec la présente figure peuvent être observées sur la majorité des profils aérodynamiques de l'aube 26, ou sur sensiblement tous les profils aérodynamiques de l'aube. L'intrados 52 est concave et l'extrados 54 est convexe. La ligne de cambrure moyenne 66 est courbée.

Par ligne de cambrure moyenne 66 on peut entendre la ligne formée, sur un  
20 même profil d'aube, par les points qui sont situés à mi-distance entre l'extrados 54 et l'intrados 52 telle que mesurée perpendiculairement à cette même ligne. Ou encore, le profil de l'aube 26 peut être représenté à l'aide de cercles 68 qui sont inscrits dans le profil de l'aube, qui touchent l'intrados 52 et l'extrados 54. La ligne  
25 qui passe par tous les centres des cercles 68 peut être considérée comme la ligne de cambrure moyenne 66.

La portion amont 46 peut s'étendre vers l'intrados 52 et vers l'extrados 54 de l'aube 26. Son épaisseur peut être égale à l'épaisseur maximale de la pale. La portion amont 46 peut être une portion surfacique, tel un plaquage sur la portion  
30 de bord d'attaque 38 de la pale. La portion amont 46 peut être une coquille 46 qui forme un bouclier contre l'érosion et contre les ingestions. La portion amont 46 peut recouvrir le corps 36, éventuellement chacune de ses portions. Ou encore, la

portion amont 46 peut être une tige de matière formant un épaississement, un bourrelet, sur le bord amont de la feuille 70.

La portion amont 46 peut former une cornière ou une gouttière tel un demi-tube.

La portion amont 46 peut recouvrir les deux faces de la feuille 70. Elle délimite une zone dans laquelle la feuille 70 se lie à la portion amont 46 au droit du bord d'attaque 38. De la matière du corps 36 peut être logée entre la feuille 70 et une aile de la portion amont 46.

La feuille 70 forme une couche intercalaire entre les parties du corps 36. Elle est en contact du corps 36. Elle peut séparer le corps 36 en deux parties généralement égales. Sur la majorité de la longueur d'au moins un profil de l'aube 26, la feuille 70 présente une zone où les épaisseurs des parties de corps sont égales. La ligne de cambrure moyenne 66 peut être disposée dans l'épaisseur de la feuille 70, éventuellement au milieu. Eventuellement, les faces de la feuille 70 sont parallèles à la ligne de cambrure moyenne 66. Optionnellement, les propriétés décrites ci-avant s'observent sur la majorité de la longueur de la feuille 70 ou sur toute sa longueur.

La feuille 70 peut présenter une épaisseur constante, éventuellement sur généralement toute sa surface. L'épaisseur de la feuille peut être comprise entre 0,05 mm et 2,00 mm, préférentiellement comprise entre 0,10 mm et 0,50 mm. La feuille 70 peut présenter une épaisseur constante là où elle est recouverte par le corps 36. Ses surfaces propres, autour des ouvertures peuvent être essentiellement lisses et/ou plates. Elle peut former une tôle qui est voilée et/ou vrillée, et/ou localement bombée. Ses faces intrados et extrados épousent les portions du corps 36.

25

## Revendications

1. Aube (24 ; 26) composite de turbomachine (2), notamment de compresseur (4 ; 6) de turbomachine axiale (2), l'aube (24 ; 26) comprenant :
  - une pale (34) destinée à s'étendre radialement dans un flux (18) de la turbomachine (2), la pale (34) comportant un bord d'attaque (38), un bord de fuite (40) et un corps (36) placé entre le bord d'attaque (38) et le bord de fuite (40) ; et
  - un renfort (42) formant le bord d'attaque (38) de la pale ;caractérisée en ce que  
le renfort (42) du bord d'attaque comprend une feuille de renfort (70) qui s'étend du bord d'attaque (38) au bord de fuite (40) et qui est disposée dans l'épaisseur du corps (36) de sorte à le traverser.
2. Aube (24 ; 26) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la pale (34) comprend une surface intrados (52) et une surface extradados (54) qui s'étendent du bord d'attaque (38) au bord de fuite (40), la feuille (70) balayant la majorité, préférentiellement essentiellement toute la surface intrados (52) et toute la surface extradados (54) de l'aube (24 ; 26), éventuellement le corps forme au moins partiellement la surface intrados et/ou la surface extradados de la pale.
3. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisée en ce que le renfort (42) comprend une portion amont (46), notamment une coquille de protection (46), formant le bord d'attaque (38) de l'aube (24 ; 26), la feuille (70) et ladite portion amont (46) étant joints, préférentiellement la feuille (70) et ladite portion amont (46) sont venues de matière.
4. Aube (24 ; 26) selon la revendication 3, caractérisée en ce que la portion amont (46) forme une couche de matière d'épaisseur majoritairement constante, éventuellement la feuille (70) s'étend davantage en aval que le corps (36).
5. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la feuille (70) comprend un matériau granuleux, préférentiellement le renfort (42) est réalisé par fabrication additive, éventuellement à base de poudre.

6. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la feuille (70) est métallique, elle peut comprendre du titane ; et le corps (36) est réalisé en un matériau polymère, éventuellement chargé en fibres.
7. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le renfort (42) forme un insert au moins partiellement disposé dans le corps (36), la feuille (70) séparant le corps (36) en deux parties, le renfort (42) comprend des ouvertures (44) formées dans la feuille (70), préférentiellement les parties du corps (36) présentent une continuité de matière via les ouvertures (44).
8. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que le corps (36) recouvre les deux faces de la feuille (70), préférentiellement sur la majorité de la surface de chaque face de feuille (70).
9. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la feuille (70) est une tôle qui divise le corps (36), et la feuille (70) s'étend sur toute la hauteur radiale du bord d'attaque (38) et/ou toute la hauteur radiale du bord de fuite (40) de l'aube.
10. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le corps (36) présente un empilement radial de profils aérodynamiques avec des lignes de cambrure moyennes (66), au moins une ou chaque ligne de cambrure moyenne (66) étant disposée dans l'épaisseur de la feuille (70), et/ou au moins une ou chaque ligne de cambrure moyenne (66) étant parallèle à la feuille (70).
11. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'elle comprend une plateforme de fixation (30) délimitant radialement le renfort (42), la plateforme (30) et le renfort (42) étant venus de matière, éventuellement la plateforme (30) comprend une plaque avec un rebord (56) de sorte à délimiter un espace à l'intérieur de la plateforme (30).
12. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce qu'elle comprend une languette de fixation (48), éventuellement disposée radialement à l'opposé de la plateforme de fixation (30), la languette de fixation (48) prolonge radialement la feuille (70) et comprend des moyens de

fixation (50), tel un orifice de fixation, destiné à coopérer avec une virole interne statorique.

13. Aube (24 ; 26) selon la revendication 12, caractérisée en ce que la plateforme (70) comprend des nervures de renfort (60) en surépaisseur de la plaque de la plateforme (30) et qui s'étendent jusqu'au niveau de la feuille (70), et/ou une structure en treillis tridimensionnel (62) renforçant la plateforme, et/ou un bloc massif destiné à être soudé à un support.
14. Aube (24 ; 26) selon l'une des revendications 12 à 13, caractérisée en ce que la plateforme (30) comprend un prolongement (58) de la feuille (70), la plaque de la plateforme séparant la feuille (70) du prolongement (58), le prolongement (58) étant entouré par le rebord (56) de la plaque, éventuellement la plateforme (30) comprend un axe de fixation (32) joint au prolongement (58) de la feuille (70), ou l'axe de fixation (32) est à distance radialement du prolongement de la feuille.
15. Turbomachine (2) comprenant au moins une aube (24 ; 26), caractérisée en ce que la au moins une aube (24 ; 26) est conforme à l'une des revendications 1 à 14, préférentiellement ladite aube (26) est une aube de redresseur de compresseur basse pression (4).

10.

FIG 1

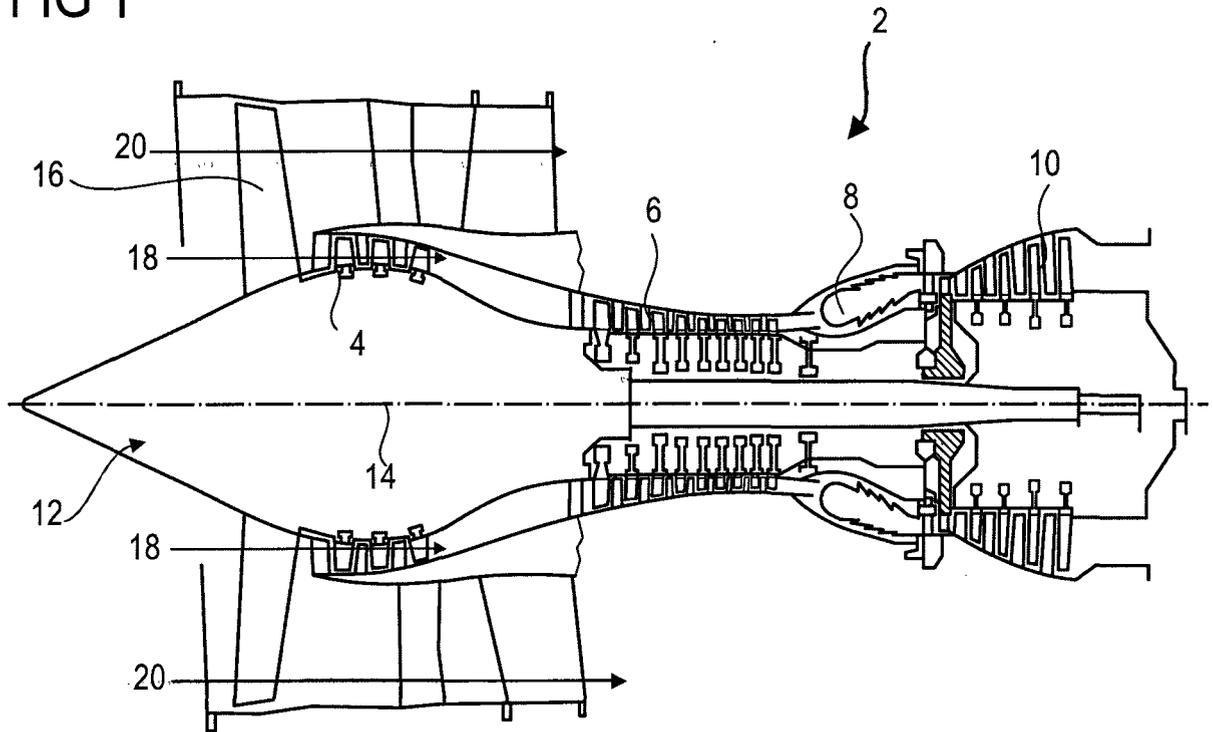


FIG 2

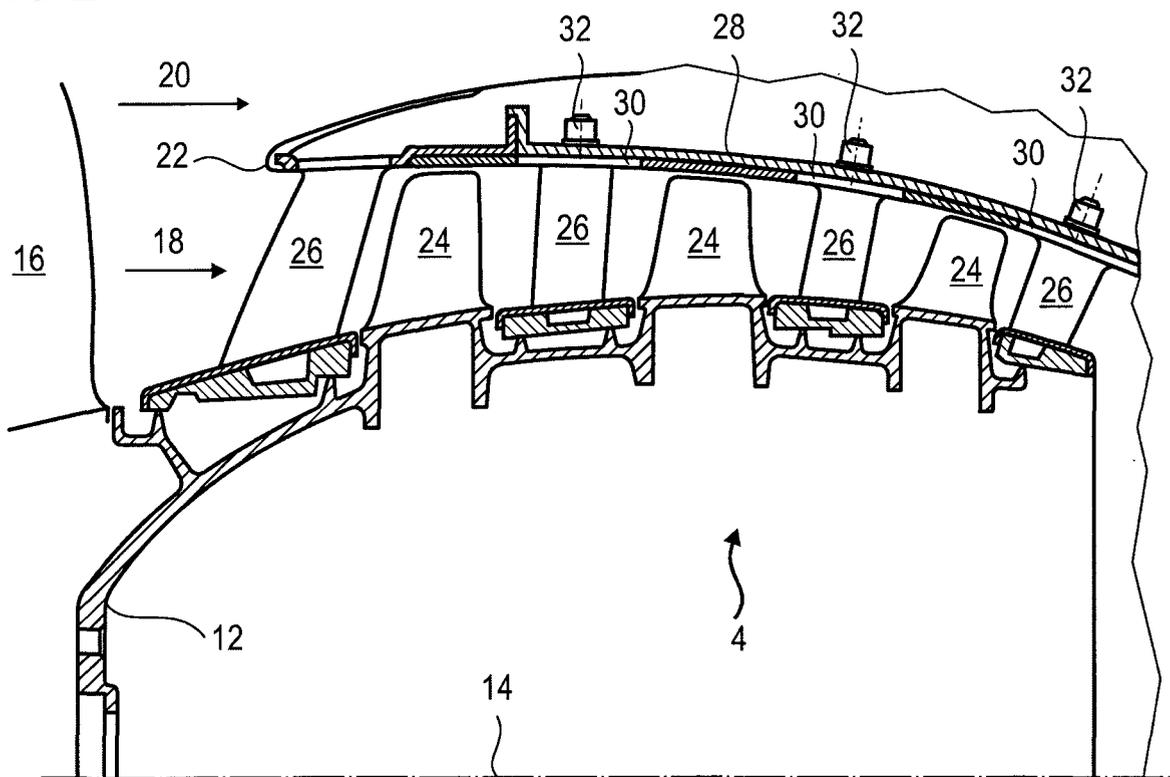


FIG 3

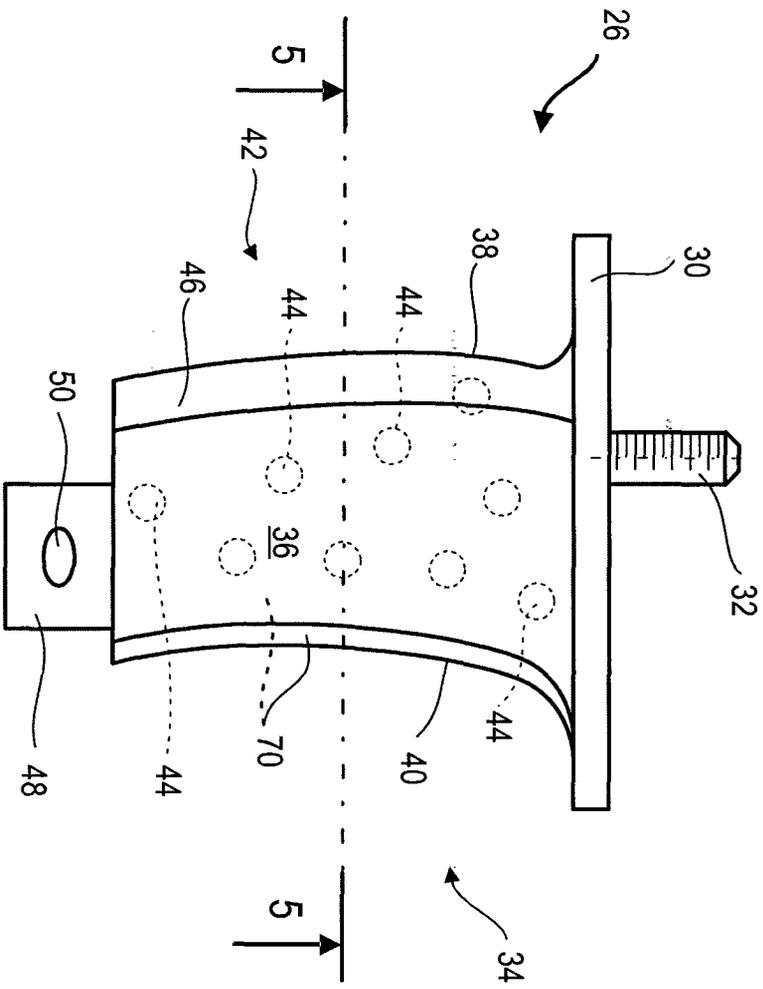


FIG 4

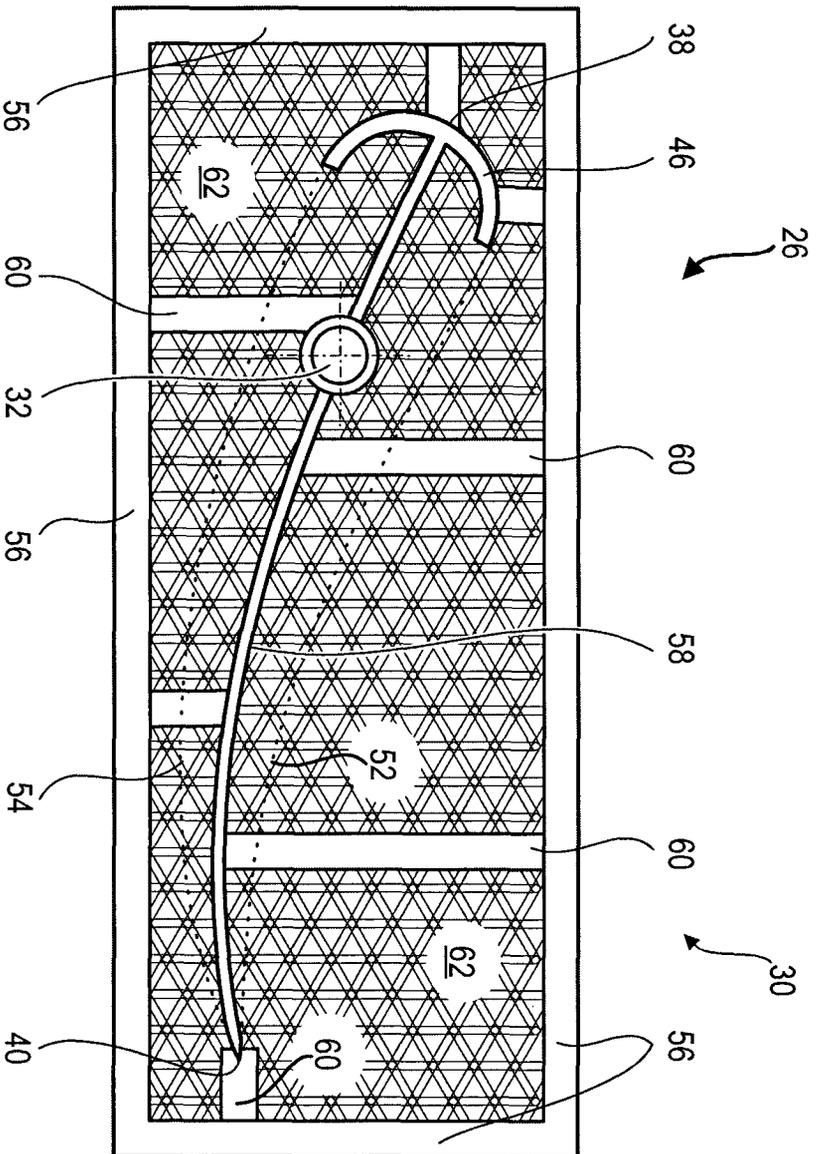
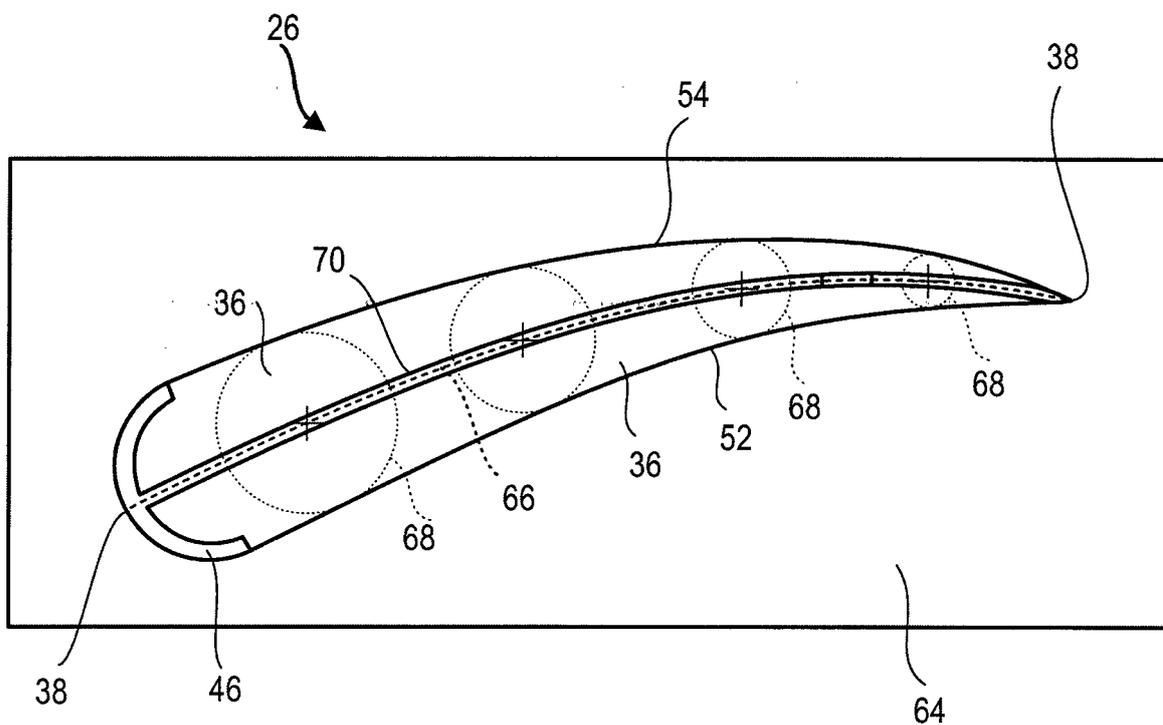


FIG 5





**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  | EP 2 256 296 A2 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 1 décembre 2010 (2010-12-01)<br>* page 1, colonne 1, alinéas 6, 12 - colonne 2; figures 2A, 2B *<br>* page 2, colonne 3, alinéa 16 * | 1-15  | INV.<br>F01D5/14<br>F01D5/28<br>F04D29/32 |
| X  | EP 0 764 764 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 26 mars 1997 (1997-03-26)<br>* page 2, colonne 3, ligne 48 - colonne 4, ligne 19; figure 5 *<br>* page 3, colonne 5, ligne 10 - ligne 16 *       | 1-6,8-15  |   |
| X  | EP 2 182 168 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 5 mai 2010 (2010-05-05)<br>* page 2, colonne 3, alinéa 14; figures 3, 4A, 4B, 5B *<br>* page 3, colonne 5, alinéa 23 *                           | 1-6,8-15  |   |
| X  | EP 1 764 476 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 21 mars 2007 (2007-03-21)<br>* page 2, alinéas 14, 15; figure 5 *  | 1-6,8-15  | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)      |
| X  | EP 2 243 929 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 27 octobre 2010 (2010-10-27)<br>* figure 6 *   | 1-15  | F01D<br>F04D                              |
| X  | EP 1 980 714 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 15 octobre 2008 (2008-10-15)<br>* page 3, alinéa 29 - page 4, alinéa 32; figures 6, 7 *  | 1-6,8-15  |   |
| X  | EP 1 887 187 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 13 février 2008 (2008-02-13)<br>* figures 2-4 *  | 1-15  |   |
| X  | US 4 006 999 A (BRANTLEY JAMES W ET AL) 8 février 1977 (1977-02-08)<br>* figures 1-3 *   | 1-6,8-15  |   |
| Date d'achèvement de la recherche  |  | Examineur   |   |
| 23 octobre 2015  |  | Delaitre, Maxime  |   |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES  |  |   |   |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intermédiaire |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |   |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BO 11080  
BE 201505121

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.

23-10-2015

| Document brevet cité au rapport de recherche |    | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|--|----|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
| EP 2256296                                   | A2 | 01-12-2010          | EP 2256296 A2                        | 01-12-2010          |
|  |    |                     | US 2010290913 A1                     | 18-11-2010          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| EP 0764764                                   | A1 | 26-03-1997          | DE 69619045 D1                       | 21-03-2002          |
|  |    |                     | DE 69619045 T2                       | 17-10-2002          |
|  |    |                     | EP 0764764 A1                        | 26-03-1997          |
|  |    |                     | JP 3989576 B2                        | 10-10-2007          |
|  |    |                     | JP H09189202 A                       | 22-07-1997          |
|  |    |                     | US 5634771 A                         | 03-06-1997          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| EP 2182168                                   | A1 | 05-05-2010          | CN 101725372 A                       | 09-06-2010          |
|  |    |                     | EP 2182168 A1                        | 05-05-2010          |
|  |    |                     | JP 2010106833 A                      | 13-05-2010          |
|  |    |                     | US 2010104446 A1                     | 29-04-2010          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| EP 1764476                                   | A2 | 21-03-2007          | CN 1932248 A                         | 21-03-2007          |
|  |    |                     | EP 1764476 A2                        | 21-03-2007          |
|  |    |                     | JP 5134225 B2                        | 30-01-2013          |
|  |    |                     | JP 2007085339 A                      | 05-04-2007          |
|  |    |                     | US 2007065291 A1                     | 22-03-2007          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| EP 2243929                                   | A2 | 27-10-2010          | EP 2243929 A2                        | 27-10-2010          |
|  |    |                     | US 2010266415 A1                     | 21-10-2010          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| EP 1980714                                   | A2 | 15-10-2008          | CN 101285402 A                       | 15-10-2008          |
|  |    |                     | EP 1980714 A2                        | 15-10-2008          |
|  |    |                     | JP 5331368 B2                        | 30-10-2013          |
|  |    |                     | JP 2008261334 A                      | 30-10-2008          |
|  |    |                     | KR 20080092285 A                     | 15-10-2008          |
|  |    |                     | US 2008253887 A1                     | 16-10-2008          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| EP 1887187                                   | A2 | 13-02-2008          | EP 1887187 A2                        | 13-02-2008          |
|  |    |                     | JP 5042735 B2                        | 03-10-2012          |
|  |    |                     | JP 2008032000 A                      | 14-02-2008          |
|  |    |                     | US 2009053070 A1                     | 26-02-2009          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |
| US 4006999                                   | A  | 08-02-1977          | CA 1040539 A                         | 17-10-1978          |
|  |    |                     | DE 2631856 A1                        | 10-02-1977          |
|  |    |                     | FR 2318312 A1                        | 11-02-1977          |
|  |    |                     | GB 1556181 A                         | 21-11-1979          |
|  |    |                     | IT 1062505 B                         | 20-10-1984          |
|  |    |                     | JP S5221512 A                        | 18-02-1977          |
|  |    |                     | JP S6037284 B2                       | 26-08-1985          |
|  |    |                     | US 4006999 A                         | 08-02-1977          |
| -----  |    |                     |                                      |                     |



## OPINION ÉCRITE

|   |   |                                    |                           |
|---|---|------------------------------------|---------------------------|
| Dossier N°<br>BO11080   | Date du dépôt (jour/mois/année)<br>05.03.2015 | Date de priorité (jour/mois/année) | Demande n°<br>BE201505121 |
| Classification internationale des brevets (CIB)<br>INV. F01D5/14 F01D5/28 F04D29/32 |   |                                    |                           |
| Déposant<br>Techspace Aero 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

Examineur

Delaitre, Maxime

---

**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 | 5, 11-14      |
|  | Non : | Revendications | 1-4, 6-10, 15 |
| Activité inventive                     | Oui : | Revendications |               |
|  | Non : | Revendications | 1-15          |
| Possibilité d'application industrielle | Oui : | Revendications | 1-15          |
|  | Non : | Revendications |               |

## 2. Citations et explications

**voir feuille séparée**

---

**Cadre n° VII Irrégularités dans la demande**

---

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande, ont été constatées :

**voir feuille séparée**

1 **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**

1.1 Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 EP 2 256 296 A2 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 1 décembre 2010 (2010-12-01)
- D2 EP 0 764 764 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 26 mars 1997 (1997-03-26)
- D3 EP 2 182 168 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 5 mai 2010 (2010-05-05)
- D4 EP 1 764 476 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 21 mars 2007 (2007-03-21)
- D5 EP 2 243 929 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 27 octobre 2010 (2010-10-27)
- D6 EP 1 980 714 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 15 octobre 2008 (2008-10-15)
- D7 EP 1 887 187 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 13 février 2008 (2008-02-13)
- D8 US 4 006 999 A (BRANTLEY JAMES W ET AL) 8 février 1977 (1977-02-08)

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

1.2.1 D1 divulgue :

*Aube (30) composite de turbomachine de soufflante de turbomachine axiale, l'aube (30) comprenant :*

*- une pale destinée à s'étendre radialement dans un flux de la turbomachine, la pale comportant un bord d'attaque (38), un bord de fuite (40) et un corps (44) placé entre le bord d'attaque (38) et le bord de fuite (40); et*

*- un renfort (46) formant le bord d'attaque (38) de la pale; le renfort (46) du bord d'attaque comprenant une feuille de renfort (46, voir figure 2B) qui s'étend du bord d'attaque (38) au bord de fuite (40) et qui est disposée dans l'épaisseur du corps (44) de sorte à le traverser.*

- 1.2.2 Les documents D2 (voir figure 5, l'aube 410 avec le renfort 458), D3 (figures 3 et 5B, le renfort 21, et le corps 23), D4 (figure 5, le renfort (118 et le corps 136), D5 (figure 6, le corps 16A, B et le renfort voir la figure 5B entre les corps 16A et B), D6 (figure 7, le renfort 54 et le corps 118), D7 (figures 2-4, le corps 106, et le renfort 102), D8 (figures 1-3, le corps 32 et le renfort 46) divulguent également l'objet de la **revendication 1**.
- 1.3 Les revendications **dépendantes 2-15** ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires 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.
- 1.3.1 Les **revendications 2-4, 6, 8-10 et 15** ne sont pas nouvelles car elles sont connues de D1-D8, voir par exemple D1, figure 2B, le renfort (46) est en métal et peut être en titane (voir description paragraphe 12), le renfort (46) traverse le corps (44) sur toute la surface intrados et extrados (voir figure 2A), la partie amont du renfort (46) forme le bord d'attaque de l'aube, le corps (44) recouvre les deux faces de la feuille (46).
- 1.3.2 La **revendication 5** n'est pas inventive car il est bien connu dans le domaine des turbomachines d'utiliser des matériaux à base de poudre issu du frittage par exemple.
- 1.3.3 La **revendication 7** n'est pas nouvelle car elle est connue de D1, D5 et D7, voir par exemple D7, les ouvertures 150.
- 1.3.4 Les **revendications 11-14** définissent de légères modifications de construction de l'aube mentionnée dans la **revendication 1**. Ces modifications sont une pratique courante de l'homme du métier, notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles. Par conséquent, l'objet des **revendications 11-14** n'implique pas non plus d'activité inventive.

## 2 **Ad point VII**

### **Certaines irrégularités relevées dans la demande**

- 2.1 La description ne mentionne pas l'état de la technique pertinent qui est divulgué dans D1-D8 et ne cite pas ces documents.