

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

Date de publication : 20/02/2017

Date de priorité :

Classification internationale : F01D 9/04, F01D 11/00, F01D 11/12

Numéro de dépôt : BE2015/5518

Date de dépôt : 19/08/2015

Demandeur :

SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.  
4041, HERSTAL  
Belgique

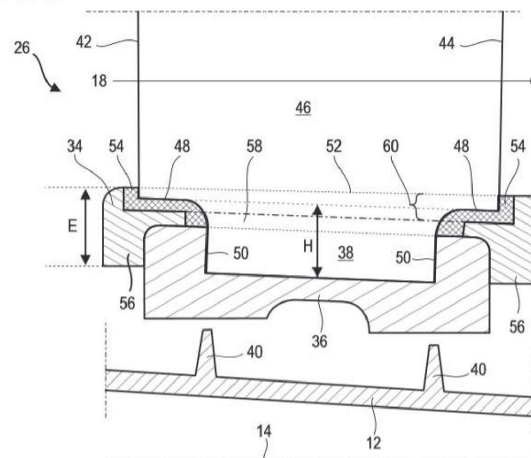
Inventeur :

PENALVER CASTRO Enrique  
4877 OLNE  
Belgique

### FIXATION DE VIROLE INTERNE DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

L'invention propose un assemblage statorique de compresseur basse pression de turbomachine axiale. L'assemblage comprend : une aube (26), une paroi (34), telle une virole interne, avec une ouverture (52) traversée par l'aube (26) ; et un matériau d'étanchéité et/ou de scellement (36) entre l'aube (26) et l'ouverture (52). L'aube (26) présente deux épaulements (48), tels des paliers, s'étendant axialement depuis le bord d'attaque (42) et depuis le bord de fuite (44), et une portion de fixation (38) prolongeant radialement les épaulements (48). Les épaulements (48) forment des marches d'escalier dans les coins de l'aube (26). Les épaulements axiaux (48) sont disposés à l'intérieur l'ouverture (52) où ils sont enveloppés par le matériau d'étanchéité (54). Ceci permet de les isoler de l'écoulement pour ne pas le perturber. L'invention offre

FIG 3



en outre un procédé d'assemblage d'une virole interne composite à une aube (26).

## Description

### FIXATION DE VIROLE INTERNE DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

#### 5 **Domaine technique**

L'invention aborde le domaine des redresseurs de turbomachine axiale. Plus précisément, l'invention traite de la fixation d'une virole interne à une aube à épaulement. L'invention propose également un turboréacteur d'avion ou un turbopropulseur d'aéronef. L'invention concerne en outre un procédé  
10 d'assemblage d'une aube à une virole.

#### **Technique antérieure**

Les redresseurs d'un compresseur de turboréacteur permettent de dévier un flux annulaire. En particulier, un redresseur permet de réduire la composante circonférentielle de l'écoulement annulaire en le rendant davantage axial. Au cours  
15 de cette opération, la pression du fluide augmente. La fonction de déviation est assurée par des aubes statoriques, véritables chicanes, entre lesquelles apparaissent des passages pour le fluide. La géométrie des passages est liée aux profils cambrés des aubes.

Chaque rangée de ces aubes supporte communément une virole interne qui  
20 participe à guider le flux primaire. Les aubes présentent d'ailleurs des portions d'ancrage pour retenir angulairement la virole interne. L'aérodynamisme de cet assemblage est amélioré en allongeant l'aube jusqu'aux bords de la virole, ou au-delà. Ce choix structurel est permis grâce à une aube à épaulements joignant les extrémités axiales de la virole. Une languette de fixation est disposée entre les  
25 épaulements.

Le document FR 2404102 A1 divulgue un compresseur axial de turboréacteur. Le compresseur comprend des redresseurs avec des rangées annulaires d'aubes statoriques qui reçoivent des viroles internes. La fixation des viroles internes s'effectue à l'aide de languettes formées aux extrémités internes des aubes. Un  
30 matériau abradable permet de sceller les languettes internes dans les viroles

internes, après que les aubes aient été introduites dans les ouvertures des viroles. Cette architecture optimise le centrage et permet un amorti des vibrations. Toutefois, des tourbillons se forment à la jonction entre l'aube et la virole, à cause des fentes entre les épaulements et la surface interne virole. Cet aspect dégrade le rendement de la turbomachine.

## 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 l'aérodynamique d'une fixation entre une aube et une virole. L'invention a également pour objectif de proposer une solution simple, résistante, légère, facile à produire, économique, commode d'entretien, et d'inspection aisée.

### Solution technique

L'invention a pour objet un assemblage statorique de turbomachine axiale, notamment de compresseur de turbomachine axiale, l'assemblage comprenant : une aube présentant : un bord d'attaque, un bord de fuite, un épaulement s'étendant axialement depuis l'un des bords, et une portion de fixation prolongeant radialement l'épaulement ; une paroi avec une ouverture traversée par l'aube ; et un matériau d'étanchéité et/ou de scellement entre l'aube et l'ouverture ; remarquable en ce que l'épaulement axial est disposé à l'intérieur l'ouverture où il est enveloppé par le matériau d'étanchéité et/ou de scellement.

Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi est arquée, préférentiellement la paroi est une virole ou un segment angulaire de virole.

Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi est une paroi interne, l'assemblage comprenant en outre une paroi externe à laquelle l'aube est fixée.

Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi comprend deux surfaces radialement opposées, l'une d'elle étant recouverte par un joint d'étanchéité arqué, le joint comprenant préférentiellement un matériau abrasable.

Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi comprend une portion axiale de forme généralement tubulaire, et deux brides radiales s'étendant chacune radialement depuis l'un des bords axiaux de la portion axiale, préférentiellement la

portion axiale et les brides radiales délimitent une gorge annulaire ouverte radialement.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'un des bords de l'aube comprend une extrémité radiale, notamment jointe à la paroi, qui est au droit axialement de l'une  
5 des brides.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'assemblage comprend une couche de matériau abradable, la portion de fixation étant éventuellement scellée dans le matériau abradable.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'un des bords de l'aube comprend une  
10 extrémité radiale, notamment jointe à la paroi, qui est à distance axialement de la couche d'abradable.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'ouverture comprend deux portions empilées radialement, dont une première portion traversée par la portion de fixation, et une deuxième portion dans laquelle l'épaulement est inscrit.

15 Selon un mode avantageux de l'invention, l'ouverture comprend une portion de paroi chevauchant axialement l'épaulement, préférentiellement la portion et l'épaulement sont distants radialement.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaulement est un premier épaulement, l'aube comprenant un deuxième épaulement, la portion de fixation  
20 étant disposée axialement entre lesdits épaulements.

Selon un mode avantageux de l'invention, la portion de fixation comprend une hauteur radiale H qui est sensiblement égale à l'épaisseur radiale E de la paroi, le rapport E/H étant préférentiellement compris entre 0,50 et 2,00, plus préférentiellement compris entre 0,80 et 1,25, éventuellement égal à 1.

25 Selon un mode avantageux de l'invention, la portion de fixation est une première portion de fixation, l'aube comprenant en outre une deuxième portion de fixation radialement opposée à la première portion, la deuxième portion comprenant préférentiellement une plateforme de fixation et/ou un axe de fixation.

Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi est réalisée en un matériau  
30 composite à matrice organique, l'aube est métallique, et le matériau d'étanchéité et/ou de scellement est un élastomère tel du silicone.

[0001] Selon un mode avantageux de l'invention, le profil longitudinal de l'ouverture épouse l'épaulement. Le profil longitudinal peut être entendu

comme selon la longueur de l'ouverture, et/ou selon la corde de l'aube au niveau de l'ouverture.

Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi et/ou l'aube sont chacune des éléments monoblocs, éventuellement réalisés par fabrication additive.

- 5 Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaisseur de la portion de fixation est dans le prolongement de l'épaisseur de la pale de l'aube. Leurs épaisseurs maximales sont éventuellement égales.

Selon un mode avantageux de l'invention, la surface intrados et/ou la surface extrados de la pale se prolongent radialement sur la portion de fixation, éventuellement avec tangeance de surfaces et/ou de courbures.

Selon un mode avantageux de l'invention, la deuxième portion de l'ouverture est plus grande, notamment plus longue axialement et/ou plus large selon la circonférence, que la première portion.

L'épaulement de l'aube n'est pas un aspect indispensable de l'invention. Cette dernière a également pour objet un assemblage statorique de turbomachine axiale, l'assemblage comprenant : une paroi avec une ouverture ; une aube avec une pale destinée à traverser radialement un flux de la turbomachine et une portion de fixation traversant l'ouverture ; et un matériau d'étanchéité et/ou de scellement entre la portion de fixation et l'ouverture ; remarquable en ce que l'ouverture comprend au moins deux portions empilées radialement de tailles différentes. La portion de fixation traverse chacune des portions empilées, le matériau d'étanchéité et/ou de scellement y comblant le jeu autour de la portion de fixation.

L'invention a également pour objet une turbomachine, comprenant un assemblage statorique, remarquable en ce que l'assemblage statorique est conforme à l'invention ; préférentiellement la turbomachine comprend un compresseur basse pression, l'assemblage étant un assemblage du compresseur basse pression.

L'invention a également pour objet un procédé d'assemblage d'une aube et d'une paroi de turbomachine axiale, le procédé comprenant les étapes suivantes, éventuellement réalisées dans l'ordre suivant : (a) fourniture ou réalisation d'une aube présentant un coin découpé en forme de marche axiale avec une contremarche radiale ; (b) fourniture ou réalisation d'une paroi avec une ouverture recevant l'aube ; (c) insertion de l'aube dans l'ouverture de la paroi ; (d)

scellement de l'aube dans l'ouverture ; remarquable en ce qu'à l'issue de l'étape (c) insertion, la marche axiale est disposée dans l'épaisseur de l'ouverture de la paroi afin d'y être scellé, éventuellement l'assemblage de l'aube et de la paroi est conforme à l'invention.

- 5 Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (d) scellement comprend l'injection ou la mise en œuvre d'un matériau d'étanchéité venant au contact de la marche axiale.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (d) scellement comprend le colmatage de l'ouverture de sorte à la rendre étanché.

- 10 Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé comprend en outre une étape (e) mise en œuvre d'un matériau abrasable à l'intérieur de la paroi.

Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (a) fourniture ou réalisation l'aube présente un bord d'attaque et un bord de fuite, l'un des bords présentant la découpe en forme de marche.

- 15 De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Dans la mesure du possible, chaque objet de l'invention est combinable aux autres objets.

#### Avantages apportés

- 20 L'invention préserve le rendement de deux manières. D'une part, elle bénéficie d'aubes parcourant l'ensemble de la virole, et d'autre part, elle supprime l'irrégularité que créent les épaulements en les enfouissant dans le silicone. Celui-ci est également logé dans l'épaisseur de l'ouverture, si bien qu'il n'est plus dans la veine fluide. Tous ces aspects tendent à améliorer le rendement du compresseur, et donc de la turbomachine. Les phénomènes de décrochage et de  
25 pompage sont mieux pris en compte.

- En sus, l'invention est simple en elle-même. Elle ne requiert qu'une légère adaptation des ouvertures, soit en s'adaptant aux épaulements. Le silicone assure alors une quadruple fonction : une étanchéité, un scellement en collant à l'aube, un cache aérodynamique, et un amorti des vibrations. Dissimuler les épaulements  
30 dans le silicone évite ou réduit la formation de tourbillons, véritable générateurs d'enthalpie.

### 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 assemblage entre une aube et une paroi selon l'invention.

- 5 La figure 4 est un diagramme d'un procédé de fixation d'une aube et une paroi selon l'invention.

### 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  
10 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. Les longueurs peuvent être mesurées axialement ou selon la corde de l'aube.

15 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  
20 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  
25 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  
30 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.

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-  
5 pression 4. On peut y observer une partie du fan 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.

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

10 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 statique.

Les aubes statoriques 26 s'étendent essentiellement radialement depuis un carter externe 28, et peuvent y être fixées et immobilisées à l'aide d'axes de fixation 30 qui traversent la paroi du carter externe 28. Les aubes 26 peuvent comprendre  
15 des plateformes de fixation 32 plaquées contre le carter 28 et recevant chacune un axe de fixation 30. Les aubes statoriques 26 sont régulièrement espacés 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  
20 leurs orientations angulaires. Certaines aubes peuvent différer du reste des aubes de leur rangée.

Des viroles intérieures 34 sont assemblées aux extrémités internes des aubes statoriques 26. Elles assurent une fonction de guidage du flux primaire 18. Grâce à leurs couches d'abradable 36, elles jouent un rôle d'étanchéité avec le rotor 12 ;  
25 notamment avec ses léchettes. Les aubes 26 et les viroles internes 34 sont liées par ancrage et/ou par scellement, par exemple à l'aide de portions de fixations 38 aux extrémités internes des aubes 26. L'ancrage et la rétention peuvent être améliorés via des plaquettes de rétention, et/ou de clips, et/ou de baguettes introduites dans des ajours, et/ou des gorges ou des crochets formés dans les  
30 portions de fixation 38. La paroi 34 qui est présentée ici est une virole interne 34. Il pourrait également s'agir d'une paroi externe, comme par exemple le carter externe du compresseur, ou une plateforme externe de fixation d'aube.

La figure 3 représente un assemblage statorique entre une aube statorique 26 et

une paroi 34. L'aube statorique 26 et la paroi 34 peuvent correspondre à celles qui sont décrites en relation avec la figure 2. L'axe de rotation 14 est représenté en guise de repère pour situer les léschettes 40 du rotor 12 par rapport à la virole interne 34.

- 5 Les léschettes 40 forment des nervures annulaires pouvant coopérer par abrasion avec une couche de matériau abradable 36 recouvrant la surface interne de la virole interne. Par matériau abradable, on entend un matériau apte à s'effriter en cas de contact avec une partie mobile, telle qu'une léschette 40 du rotor 12. Par ce biais, une étanchéité dynamique peut être assurée lors du fonctionnement de la
- 10 turbomachine. Le matériau abradable peut être un silicone. Ce matériau peut comprendre des microbilles creuses, éventuellement en verre. Il peut comprendre un mélange du type aluminium silicium, type Al Si ; éventuellement avec un additif polymère. Toute combinaison est envisageable, ainsi que tout matériau équivalent.
- 15 L'aube statorique 26 peut être réalisée en métal et/ou en matériau composite. La portion de fixation 38 peut avantageusement être métallique pour augmenter la robustesse, notamment en cas d'ingestion. La virole interne 34 peut être en matériau composite à matrice organique. Par exemple, des fibres de carbones courtes, c'est-à-dire de longueur inférieure à 5 mm, peuvent être mélangées à du
- 20 polyétherimide (PEI), et/ou du polyétherétherkétone (PEEK), du polyamide (PA), ou tout matériau équivalent. Le mélange est injecté dans un moule. Il est également envisageable de réaliser les viroles internes avec une préforme fibreuse densifiée par une résine type résine époxydique selon un procédé RTM. L'emploi de matériau céramique est également envisagé, tant pour les aubes que la paroi.
- 25 L'aérodynamique de la turbomachine est optimisée. A cet effet, le bord d'attaque 42 et le bord de fuite de fuite 44 de l'aube 26 sont rapprochés des extrémités amont et aval de la virole 34. Ils peuvent s'affleurer. Les extrémités internes du bord d'attaque 42 et du bord de fuite 44 affleurent les extrémités axiales de la virole 34.
- 30 L'aube 26 comprend une pale aérodynamique 46 qui traverse le flux primaire 18. Celle-ci forme le bord d'attaque et le bord de fuite. Entre ces bords (42 ; 44) s'étendent la surface intrados et la surface extrados dont la combinaison permet de redresser le flux primaire 18. La pale 46 est avantageusement cambrée, elle

présente une évolution progressive de longueur, d'épaisseur, et d'inclinaison dans le flux.

La portion de fixation 38 prolonge radialement la pale 46 vers l'intérieur. La frontière, ou interface, entre la pale et la portion de fixation est marquée par des épaulements 48, un amont et un aval. Ces épaulements 48 s'étendent axialement depuis le bord d'attaque 42 et depuis le bord de fuite 44 respectivement. Les épaulements 48 cassent les coins de la pale 46 en y marquant des découpes en formes de marches d'escalier 48. Chaque épaulement 48 axial comprend une marche axiale 48 qui est prolongée par une contremarche 50 verticale ou radiale.

Les contremarches 50 forment les bords amont et aval de la portion de fixation 38. Chaque coin peut être en escalier avec plusieurs marches successives. Les épaulements 48 peuvent former des paliers axiaux 48 dissimulés dans l'ouverture 52 de la paroi 38. La portion de fixation 38 peut former une languette de fixation qui prolonge radialement la pale 48, elle peut être bordée par les épaulements 48.

Des rayons de raccordement optionnels peuvent les joindre.

La paroi 34 présente une ouverture 52 traversée par l'aube 26, et notamment par son extrémité interne. L'ouverture 52 entoure l'aube 26, et en particulier sa portion de fixation 38. L'extrémité interne de la pale 46 est logée dans l'épaisseur de l'ouverture 52, ce qui permet de cacher sa tranche interne, ou extrémité radiale.

La portion de fixation 38 sort de l'ouverture 52, et se prolonge vers l'intérieur de la virole interne 34 qui l'enveloppe.

Les épaulements 48, qui marquent la transition entre la pale 46 et la portion de fixation 38, sont disposés à l'intérieur l'ouverture 52. C'est-à-dire que l'ouverture 52 présente une profondeur radiale dans laquelle les épaulements 48 sont confinés. Dans cette ouverture 52, les épaulements 48 sont enveloppés par le matériau d'étanchéité 54, préférentiellement du silicone. Les épaulements 48 sont donc cachés par ce silicone 54. De ce fait, le silicone 54 protège le flux primaire 18 de l'épaulement 48 et de la discontinuité aérodynamique qu'il forme. Cette aspérité étant masquée, chaque veine fluide au contact de l'aube 26 et de la virole 34 conserve une géométrie continue, soit idéale. Le matériau d'étanchéité 54 peut former un cordon qui entoure l'aube 26, lui-même entouré par le bord de l'ouverture 54. Il sépare et maintient à distance l'aube 26 de chaque surface de

l'ouverture 52, par exemple pour procurer un amorti vibratoire. Le bord d'ouverture 52 peut également être en escalier à plusieurs marches.

L'assemblage comprend une couche de matériau abrasable 36 associée à la ou à chaque virole interne 34. La couche d'abrasable 36 peut être annulaire, elle peut  
5 assurer une étanchéité circulaire autour du rotor 12 en coopérant avec les léchettes 40. L'abrasable 36 peut envelopper la portion de fixation 36. Cette dernière est d'ailleurs totalement enveloppée par l'abrasable 36 et le matériau d'étanchéité 54 qui l'encapsulent de manière étanche. L'extrémité interne de la portion de fixation 38 est séparée des sommets de léchettes 40 grâce à une strate  
10 annulaire d'abrasable ; ce qui évite les contacts.

Qui plus est, le matériau abrasable 36 contribue à sceller la portion de fixation 38 puisqu'elle y adhère. Ceci peut être optionnellement amplifié grâce à une pellicule adhésive (non représentée). Par ce biais, l'ancrage aube/virole est amélioré.

La virole interne 34 présente un profil de révolution. Ce profil peut être en forme  
15 de la lettre « U » inversée (dans la présente vue). La paroi 34 comprend une portion axiale de forme généralement tubulaire, et deux brides radiales 56 s'étendant chacune radialement depuis l'un des bords axiaux de la portion axiale. La portion axiale inclut un profil de révolution s'étendant essentiellement axialement. Cette portion reçoit par ailleurs l'ouverture 52 qui reste à distance des  
20 brides 56. La portion axiale et les brides radiales 56 encadrent une gorge annulaire ouverte vers l'intérieur pour recevoir l'abrasable 36.

La compacité de l'assemblage est optimisée. Le bord d'attaque 42 et le bord de fuite 44 de la pale 46 présentent des extrémités internes noyées dans le matériau d'étanchéité 54. Ces extrémités sont chacune à l'aplomb d'une des brides 56, ce  
25 qui tend à ce que les longueurs de l'aube 26 et de la virole 34 se rapprochent pour un meilleur aérodynamisme. De plus, les extrémités radiales des bords (42 ; 44) sont en dehors de l'emprise axiale de l'abrasable 36.

L'ouverture 52 peut comprendre deux portions empilées radialement dont une première portion 58 traversée par la portion de fixation 38, et une deuxième  
30 portion 60 dans laquelle les épaulements 48 sont logés. La première portion 58 présente des portions de paroi 34 chevauchant axialement les épaulements 48, tout en respectant un écart comblé par le matériau d'étanchéité 54. Ce dernier

forme alors une séparation entre la virole 34 et l'aube 26. En étant un élastomère, il peut assurer un amorti en cas de vibrations.

La portion de fixation 38 a une hauteur radiale H qui est sensiblement égale à l'épaisseur radiale E du profil de révolution de la paroi 34. Le rapport E/H est éventuellement égal à 1, ce qui se traduit par le fait que la portion de fixation 38 est généralement cachée dans la virole 34, et optimise l'accroche avec une hauteur de languette 38 rationalisée. La hauteur H et l'épaisseur E précitée peuvent être des valeurs moyennes.

La portion de fixation 38 est une première portion de fixation, l'aube 26 comprenant en outre une deuxième portion de fixation radialement opposée à la première portion, la deuxième portion comprenant préférentiellement une plateforme de fixation et/ou un axe de fixation. Une plateforme peut comprendre plusieurs axes de fixation, et peut être commune à plusieurs aubes de sorte à former un ensemble monobloc.

Bien qu'une seule aube 26 et une seule ouverture 52 de virole 34 ne soient décrites, le présent enseignement peut s'appliquer à toute une rangée d'aubes statoriques dans des ouvertures, et/ou à plusieurs ou à toutes les rangées du compresseur basse pression, tout comme du compresseur haute pression.

La figure 4 montre un diagramme d'un procédé d'assemblage d'une aube statorique et d'une paroi. L'aube statorique et la paroi peuvent correspondre à celles décrite en relation avec la figure 3.

Le procédé peut comprendre les étapes suivantes, optionnellement réalisées dans l'ordre qui suit :

- (a) fourniture ou réalisation d'une aube présentant un coin découpé en forme de marche axiale avec une contremarche radiale ;
- (b) fourniture ou réalisation d'une paroi avec une ouverture recevant l'aube, la paroi peut être produite en segments angulaire ;
- (c) insertion de l'aube dans l'ouverture de la paroi ;
- (d) scellement de l'aube dans l'ouverture ;
- (e) mise en œuvre d'un matériau abrasable à l'intérieur de la paroi.

A l'issue de l'étape (c) insertion, la marche axiale reste dans l'épaisseur de l'ouverture de la paroi afin d'y être scellé.

L'étape a) fourniture ou réalisation d'une aube comprend sa conception où sont contour est adapté à la virole et à l'aérodynamisme recherché. En particulier ses coins internes, amont et aval, sont coupés pour créer des dégagements. Cette adaptation raccourcit la portion de fixation de l'aube engagée dans la virole, tout  
5 en préservant la longueur utile de la pale aérodynamique de l'aube.

L'étape (c) insertion peut s'effectuer de plusieurs manières. Les aubes peuvent être disposées en rangée annulaires sur un support externe tel le carter externe. Puis la virole y est rapporté depuis l'intérieur, en engageant les aubes dans les ouvertures une à une, ou simultanément ; par exemple grâce à une déformation  
10 de la virole. L'inverse est envisageable : la virole peut être placée sur un support, et les aubes peuvent y être placées depuis l'extérieur. La virole peut être placée d'un seul tenant, ou en segments. Le jeu entre les ouvertures et les aubes simplifie cette opération.

L'étape (d) scellement comprend l'injection ou la mise en œuvre d'un matériau  
15 d'étanchéité venant au contact de la marche axiale. Cette étape permet le colmatage de l'ouverture de sorte à la rendre étanché malgré la présence de l'aube qui la traverse. Cette opération peut être réalisée à l'aide de joints silicones par injection depuis l'intérieur des viroles.

Au cours de l'étape (e) mise en œuvre, le matériau abradable vient au contact du  
20 matériau d'étanchéité. Il bénéficie de son étanchéité pour ne pas se couler hors de la virole, en direction des pales des aubes. Il peut être projeté par plasma à l'intérieur des viroles, ou moulé à l'aide de moules rapportés.

Des étapes de finitions et de contrôles peuvent être intercallées ou suivre après.

## Revendications

1. Assemblage statorique de turbomachine axiale (2), notamment de compresseur de turbomachine axiale (2), l'assemblage comprenant :
  - une aube (26) présentant :
    - 5           ○ un bord d'attaque (42),
    - un bord de fuite (44),
    - un épaulement (48) s'étendant axialement depuis l'un des bords (42 ; 44), et
    - 10           ○ une portion de fixation (38) prolongeant radialement l'épaulement (48);
  - une paroi (34) avec une ouverture (52) traversée par l'aube (26) ; et
  - un matériau d'étanchéité et/ou de scellement (54) entre l'aube (26) et l'ouverture (52);caractérisé en ce que  
15 l'épaulement axial (48) est disposé à l'intérieur l'ouverture (52) où il est enveloppé par le matériau d'étanchéité et/ou de scellement (54).
2. Assemblage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la paroi (34) est arquée, préférentiellement la paroi (34) est une virole ou un segment angulaire de virole.
- 20 3. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que la paroi (34) est réalisée en un matériau composite à matrice organique, l'aube (26) est métallique, et le matériau d'étanchéité et/ou de scellement (54) est un élastomère tel du silicone.
4. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la  
25 paroi (34) comprend deux surfaces radialement opposées, l'une d'elle étant recouverte par un joint d'étanchéité (36) arqué, le joint comprenant préférentiellement un matériau abrasable.
5. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la  
30 paroi (34) comprend une portion axiale de forme généralement tubulaire, et deux brides radiales (56) s'étendant chacune radialement depuis l'un des

bords axiaux de la portion axiale, préférentiellement la portion axiale et les brides radiales (56) délimitent une gorge annulaire ouverte radialement.

6. Assemblage selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'un des bords (42 ; 44) de l'aube (26) comprend une extrémité radiale, notamment jointe à la paroi (34), qui est au droit axialement de l'une des brides (56).
7. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'assemblage comprend une couche de matériau abrasable (36), la portion de fixation (38) étant éventuellement scellée dans le matériau abrasable (36).
8. Assemblage selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'un des bords de l'aube (26) comprend une extrémité radiale, notamment jointe à la paroi (34), qui est à distance axialement de la couche d'abrasable (36).
9. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'ouverture (52) comprend deux portions (58 ; 60) empilées radialement, dont une première portion (58) traversée par la portion de fixation (38), et une deuxième portion (60) dans laquelle l'épaulement (48) est inscrit.
10. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'ouverture (52) comprend une portion de paroi (34) chevauchant axialement l'épaulement (48), préférentiellement la portion et l'épaulement (48) sont distants radialement.
11. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'épaulement (48) est un premier épaulement (48), l'aube (26) comprenant un deuxième épaulement (48), la portion de fixation (38) étant disposée axialement entre lesdits épaulements (48).
12. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la portion de fixation (38) comprend une hauteur radiale H qui est sensiblement égale à l'épaisseur radiale E de la paroi (34), le rapport E/H étant préférentiellement compris entre 0,50 et 2,00, plus préférentiellement compris entre 0,80 et 1,25, éventuellement égal à 1.
13. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la portion de fixation (38) est une première portion de fixation (38), l'aube (26) comprenant en outre une deuxième portion de fixation radialement opposée à

la première portion, la deuxième portion comprenant préférentiellement une plateforme de fixation (32) et/ou un axe de fixation (30).

14. Assemblage selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que la paroi (34) est une paroi interne, l'assemblage comprenant en outre une paroi externe (28 ; 32) à laquelle l'aube (26) est fixée.
15. Turbomachine (2) comprenant un assemblage statorique, caractérisée en ce que l'assemblage statorique est conforme à l'une des revendications 1 à 14, préférentiellement la turbomachine (2) comprend un compresseur basse pression (4), l'assemblage étant un assemblage du compresseur basse pression (4).
16. Procédé d'assemblage d'une aube et d'une paroi (34) de turbomachine axiale (2), le procédé comprenant les étapes suivantes, éventuellement réalisées dans l'ordre suivant :
- (a) fourniture ou réalisation d'une aube (26) présentant un coin découpé en forme de marche axiale (48) avec une contremarche radiale (50) ;
  - (b) fourniture ou réalisation d'une paroi (34) avec une ouverture (52) recevant l'aube (26) ;
  - (c) insertion de l'aube (26) dans l'ouverture (52) de la paroi (34) ;
  - (d) scellement de l'aube (26) dans l'ouverture (52);
- caractérisé en ce qu'à l'issue de l'étape (c) insertion, la marche axiale (48) est disposée dans l'épaisseur de l'ouverture (52) de la paroi (34) afin d'y être scellé, éventuellement l'assemblage de l'aube (26) et de la paroi (34) est conforme à l'une des revendications 1 à 14.
17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'étape (d) scellement comprend l'injection ou la mise en œuvre d'un matériau d'étanchéité (54) venant au contact de la marche axiale (48).
18. Procédé selon l'une des revendications 16 à 17, caractérisé en ce que l'étape (d) scellement comprend le colmatage de l'ouverture (52) de sorte à la rendre étanché.

19. Procédé selon l'une des revendications 16 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (e) mise en œuvre d'un matériau abradable (36) à l'intérieur de la paroi (34).

FIG 1

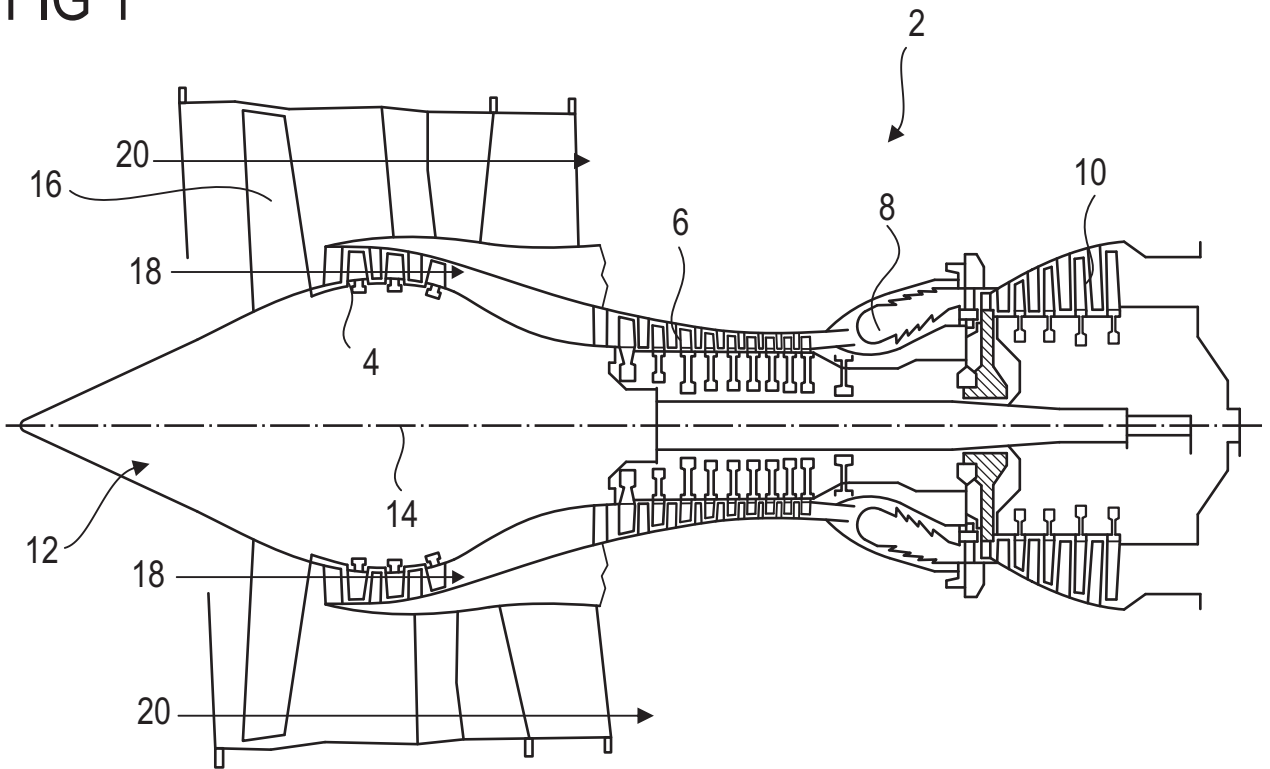
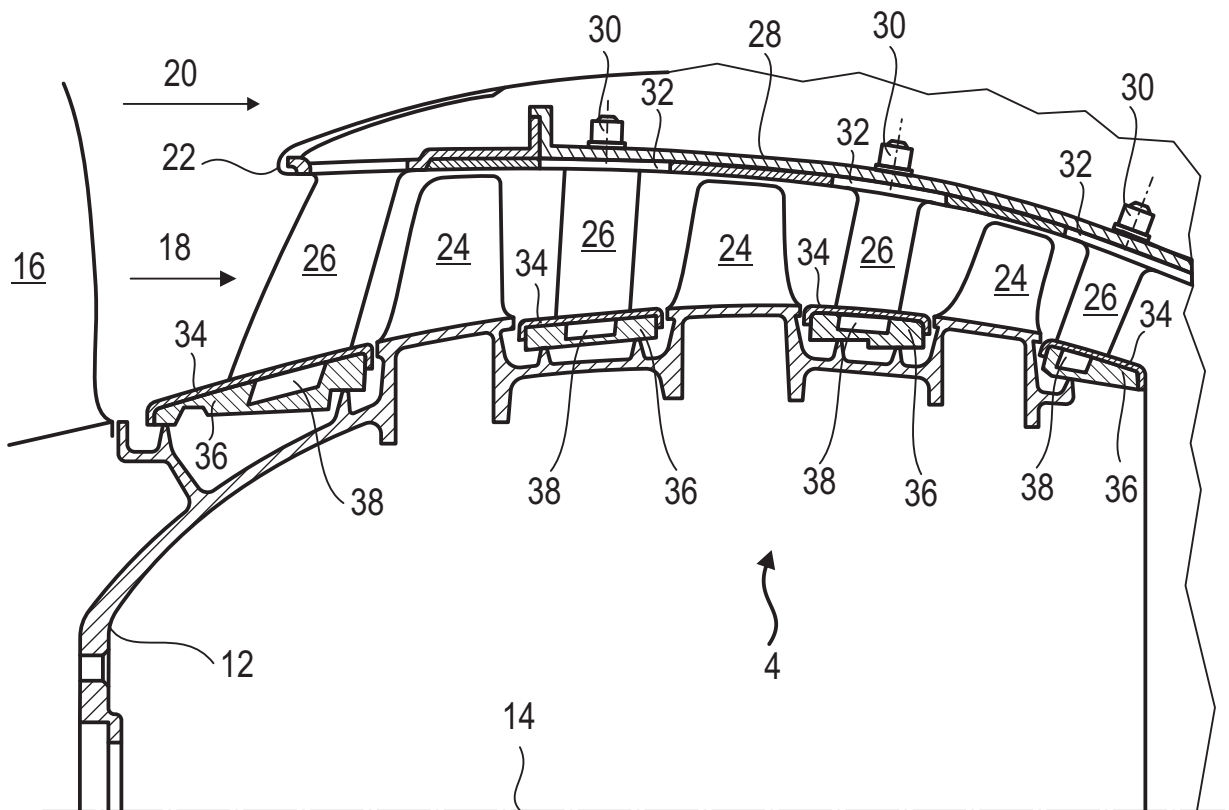


FIG 2







**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 0 219 445 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 22 avril 1987 (1987-04-22) * page 1, colonne 1, lignes 27, 57, 58; figures 1, 2 * * page 1, colonne 2, lignes 11-13 *	1-19	INV. F01D9/04 F01D11/00 F01D11/12
A	EP 2 746 538 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 25 juin 2014 (2014-06-25) * page 4, alinéa 57; figure 3 *	1-19	
A	FR 2 989 414 A1 (SNECMA [FR]) 18 octobre 2013 (2013-10-18) * page 6, ligne 23 - ligne 29; figures 3, 4 *	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 avril 2016		Delaitre, Maxime	
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 intermédiaire		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.**

B0 11143  
BE 201505518

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.

06-04-2016

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0219445	A1	22-04-1987	DE 3663838 D1	13-07-1989
			EP 0219445 A1	22-04-1987
			JP H0713444 B2	15-02-1995
			JP S6285103 A	18-04-1987
			US 4655682 A	07-04-1987
-----				
EP 2746538	A1	25-06-2014	CA 2836434 A1	24-06-2014
			CN 103899579 A	02-07-2014
			EP 2746538 A1	25-06-2014
			RU 2013156800 A	27-06-2015
			US 2014178193 A1	26-06-2014
-----				
FR 2989414	A1	18-10-2013	CA 2870169 A1	24-10-2013
			CN 104220704 A	17-12-2014
			EP 2839116 A1	25-02-2015
			FR 2989414 A1	18-10-2013
			US 2015052750 A1	26-02-2015
			WO 2013156715 A1	24-10-2013
-----				



## OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11143	Date du dépôt (jour/mois/année) 19.08.2015	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE201505518
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F01D9/04 F01D11/00 F01D11/12			
Déposant 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	3, 9-12
	Non :	Revendications	1, 2, 4-8, 13-19
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-19
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-19
	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 0 219 445 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 22 avril 1987 (1987-04-22)

D2 EP 2 746 538 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 25 juin 2014 (2014-06-25)

D3 FR 2 989 414 A1 (SNECMA [FR]) 18 octobre 2013 (2013-10-18)

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 l'objet de la **revendication 1**:

*Assemblage statorique de turbomachine axiale, notamment de compresseur de turbomachine axiale (voir description page 1, paragraphe 1), l'assemblage comprenant:*

*- une aube (24) présentant:*

*o un bord d'attaque voir figure (1),*

*o un bord de fuite (voir figure 1),*

*o un épaulement s'étendant axialement depuis l'un des bords (voir figure 1), et*

*o une portion de fixation (22) prolongeant radialement l'épaulement;*

*- une paroi (12) avec une ouverture (20) traversée par l'aube (24) ; et*

*- un matériau d'étanchéité et/ou de scellement (26, voir description page 1, colonne 2, lignes 8-24) entre l'aube (24) et l'ouverture (20);*

*l'épaulement axial étant disposé à l'intérieur l'ouverture (20), (voir figure 1, l'épaulement entre l'aube (24) et la portion (12) s'étend vers l'intérieur de l'ouverture (20)) où il est enveloppé par le matériau d'étanchéité et/ou de scellement (30).*

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

1.3.1 D1 divulgue l'objet de la **revendication 16**:

*Procédé d'assemblage d'une aube (24) et d'une paroi (12) de turbomachine axiale, le procédé comprenant les étapes suivantes:*

*(a) fourniture d'une aube (24) présentant un coin découpé en forme de marche axiale avec une contremarche radiale (voir figure 1, l'extrémité de l'aube 24, 22);*

*(b) fourniture d'une paroi (12) avec une ouverture (20) recevant l'aube (24);*

*(c) insertion de l'aube (24) dans l'ouverture (20) de la paroi (12);*

*(d) scellement de l'aube (24) dans l'ouverture (20) en disposant la marche axiale (22) dans l'épaisseur de l'ouverture (20) de la paroi (12) afin d'y être scellé.*

1.4 Les **revendications dépendantes 2-15 et 17-19** 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.

1.4.1 Les **revendications 2, 4-8, 13-15 et 17-19** ne sont pas nouvelles car elles sont connues de D1 qui divulgue également par exemple, figures 1 et 2, la paroi (12) est arquée de manière à former des segments angulaires de virole (voir description page 1, colonne 1, ligne 57), une couche de matériau abrasable (18) est placée entre les bords axiaux de la paroi (12), l'extrémité externe de l'aube (24) est rigidement fixée dans la virole externe de la turbine (voir description page 1, colonne 2, lignes 12-13).

1.4.2 La **revendication 3** n'implique pas un activité inventive car dans D1, le matériau d'étanchéité/scellement est en silicone (voir description page 1, colonne 2, ligne 11), l'aube de stator est en métal (voir description page 1, colonne 1, ligne 27), et la paroi est en composite (voir description page 1, colonne 1, ligne 58). Il n'est pas précisé qu'il s'agit de composite à matrice organique, mais il est évident pour l'homme du métier que ce serait une possibilité parmi les options connues de composites.

1.4.3 Les **revendication 9-12** définissent de légères modifications de construction de l'assemblage statorique mentionné dans la **revendication 1**. Ces modification sont des pratiques courantes de l'homme du métier, notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles. Par conséquent, l'objet des **revendications 9-12** 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 et ne cite pas ce document.