



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 896 796 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
22.07.2015 Bulletin 2015/30

(51) Int Cl.:
F01D 25/24 (2006.01) **F01D 11/12 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **14151761.5**

(22) Date de dépôt: **20.01.2014**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeur: **Cortequisse, Jean-François
3870 Heers (BE)**

(74) Mandataire: **Lecomte & Partners
P.O. Box 1623
1016 Luxembourg (LU)**

(71) Demandeur: **Techspace Aero S.A.
4041 Herstal (Milmort) (BE)**

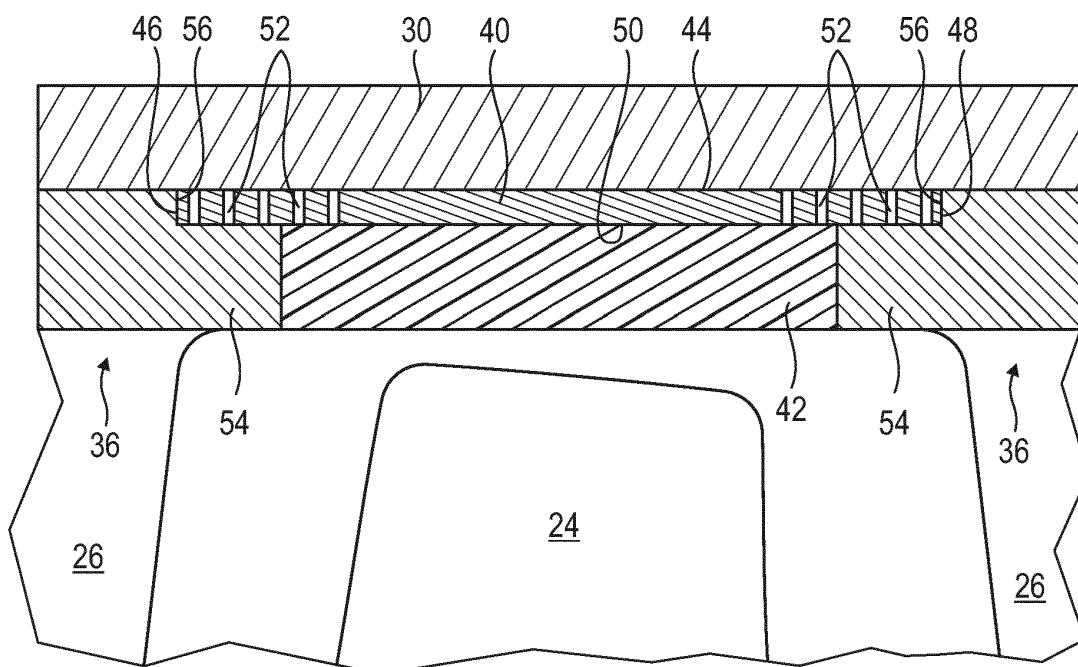
(54) Stator de turbomachine axiale et turbomachine associée

(57) L'invention a trait à un stator de compresseur basse pression, ou à une turbine de turbomachine axiale. Le stator comprend une paroi (30) réalisée en matériau composite ; plusieurs rangées annulaires d'aubes statoriques (26) ; plusieurs rubans circulaires (40) disposés à l'intérieur de la paroi (30) entre les rangées d'aubes (26). Les aubes présentent des plateformes (36) qui recouvrent en partie les rubans (40) pour les maintenir axiale-

ment et radialement. Chaque ruban reçoit une couche de matériau abradable (42) destinée à coopérer par abrasion avec des aubes rotoriques (24) de la turbomachine. Le serrage des fixations d'aubes statoriques permet de déformer les rubans (40). Les perforations (52) en bandes des rubans (40) favorisent leur déformation et leur maintien.

FIG 3

34



Description**Domaine technique**

[0001] L'invention a trait à un stator de turbomachine axiale. Plus précisément, l'invention a trait à un carter de compresseur muni d'un joint abradable de turbomachine axiale. L'invention a également trait à une turbomachine axiale.

[0002] Il est à noter que l'expression de langue anglaise " abradable " est communément utilisée pour désigner un matériau friable apte à assurer une certaine étanchéité avec une surface mobile par rapport à ce matériau. Ce matériau peut présenter diverses compositions, structures et formes. A titre d'exemple, une paroi, éventuellement externe, de compresseur de turbomachine axiale, pourvue d'une couche de ce matériau permet d'assurer une étanchéité tournante avec les extrémités des aubes rotoriques dudit compresseur. Cela permet de conserver l'intégrité de l'ensemble et ce malgré les déformations, même légères, inhérentes à la turbomachine, notamment des déformations en élévation des aubes en raison des forces centrifuges. En réduisant au minimum le jeu entre les aubes mobiles et le carter de la veine fluide, on augmente l'efficacité et le rendement du turboréacteur.

Technique antérieure

[0003] Afin d'augmenter le rendement d'une turbomachine, les compresseurs, les soufflantes, les turbines sont équipés de joints. Des joints en matériau abradable sont disposés sur les surfaces de stator et coopèrent avec le rotor. En particulier, des joints en abradable sont disposés sur la surface interne du carter du compresseur basse pression et assurent l'étanchéité avec les aubes rotoriques du compresseur.

[0004] Afin d'alléger le carter du carter, il est connu de le réaliser en un matériau composite à matrice organique et en fibres de carbone. Or, l'adhésion entre le matériau abradable et le matériau composite du carter est faible à cause de la dilatation différentielle. Pour contrer cet effet, un feuillard métallique est intercalé entre le carter et l'abradable. Le feuillard étant collé au carter composite, sa surface est perforée afin d'améliorer l'ancre de la colle au feuillard.

[0005] Le document EP 2 418 387 A1 divulgue un carter composite de compresseur de turbomachine axiale. Le carter comprend plusieurs rangées annulaires d'aubes, un feuillard métallique disposé entre les rangées d'aubes et une couche de matériau abradable appliquée sur la surface interne du feuillard. Afin de le fixer, le feuillard est collé à la surface interne de la paroi du carter. Or, l'adhésion de la colle est limitée. Cette fixation nécessite une opération de montage supplémentaire. De plus, la colle doit dégazer lors de sa mise en oeuvre, ce qui demande certaines adaptations du feuillard.

Résumé de l'invention**Problème technique**

5 **[0006]** L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes techniques présenté par l'art antérieur, et éventuellement de conserver au moins un des avantages cités. L'invention a également pour objectif d'améliorer le maintien d'un ruban circulaire recevant une couche d'abradable d'un stator de turbomachine axiale.

Solution technique

10 **[0007]** L'invention a trait à un stator de turbomachine axiale comprenant une paroi généralement circulaire avec une surface intérieure ; au moins une rangée annulaire d'aubes statoriques s'étendant radialement vers l'intérieur depuis la paroi ; un ruban circulaire disposé contre la surface intérieure de la paroi, et comportant une surface interne et une surface externe ; une couche de matériau abradable sur la surface interne du ruban, apte à coopérer par abrasion avec des aubes rotoriques de la turbomachine; remarquable en ce qu'au moins une des aubes statoriques comprend une plateforme recouvrant un bord du ruban de sorte à le maintenir.

15 **[0008]** Selon un mode avantageux de l'invention, chaque plateforme d'aube comporte une portion de moindre épaisseur recouvrant la surface interne du bord du ruban de sorte à le maintenir radialement, préférentiellement lesdites portions sont jointives et forment une portée tubulaire emmanchée à l'intérieur du ruban circulaire.

20 **[0009]** Selon un mode avantageux de l'invention, au moins une ou chaque portion de moindre épaisseur de plateforme est en contact axialement de la couche d'abradable, et présente préférentiellement une épaisseur essentiellement égale à l'épaisseur de la couche d'abradable.

25 **[0010]** Selon un mode avantageux de l'invention, le ruban comprend un bord amont circulaire et un bord aval circulaire, la ou chaque plateforme d'aube comporte un épaulement radial qui coopère avec un des bords circulaires du ruban de sorte à le maintenir axialement, éventuellement la hauteur radiale de chaque épaulement est sensiblement inférieure à l'épaisseur du ruban.

30 **[0011]** Selon un mode avantageux de l'invention, la couche d'abradable et la ou les plateformes d'aubes recouvrent toute la surface interne du ruban, préférentiellement la majorité, plus préférentiellement la totalité de la surface externe du ruban épouse la surface intérieure de la paroi.

35 **[0012]** Selon un mode avantageux de l'invention, le ruban est plus long axialement que la couche d'abradable, préférentiellement le ruban dépasse axialement en amont et en aval de la couche d'abradable.

40 **[0013]** Selon un mode avantageux de l'invention, le ruban est moins épais que chaque plateforme, préférentiellement au moins cinq fois moins épais, plus préférentiellement au moins dix fois moins épais.

[0014] Selon un mode avantageux de l'invention, au moins une ou chaque plateforme coopère par contact avec la surface interne du ruban sur une longueur axiale supérieure à l'épaisseur du ruban, préférentiellement la longueur axiale du contact représente entre cinq et cinquante fois l'épaisseur du ruban.

[0015] Selon un mode avantageux de l'invention, chaque plateforme comprend des moyens de serrage permettant une fixation sur la paroi, la zone de la surface interne du ruban qui est recouverte par chaque plateforme est déformée, éventuellement par écrouissage.

[0016] Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi et chaque plateforme forment un crochet avec une cavité dont le volume intérieur est majoritairement, préférentiellement totalement occupé par le ruban.

[0017] Selon un mode avantageux de l'invention, les aubes statoriques comprennent chacune un bord d'attaque et un bord de fuite, le ruban s'étendant axialement depuis les bords d'attaque ou les bords de fuite d'aubes vers l'extérieur de la plateforme qui le recouvre ; et/ou chaque plateforme comprend un bord amont et un bord aval, le ruban s'étendant axialement vers l'extérieur de la plateforme qui le recouvre depuis le bord amont ou le bord aval de ladite plateforme.

[0018] Selon un mode avantageux de l'invention, la rangée d'aube statoriques est une première rangée, la paroi comprenant en outre une deuxième rangée annulaire d'aubes statoriques, lesdites rangées étant des rangées statoriques successives entre lesquelles est disposé le ruban, préférentiellement le stator comprend une pluralité de rangées annulaires d'aubes statoriques et une pluralité de rubans circulaires, les rangées d'aubes statoriques et les rubans étant disposés par alternance.

[0019] Selon un mode avantageux de l'invention, le ruban comprend au moins une série des perforations disposées en plusieurs rangées annulaires de perforations, chaque plateforme recouvre la surface interne du ruban sur au moins cinq rangées de perforations, préférentiellement sur au moins dix rangées de perforations.

[0020] Selon un mode avantageux de l'invention, chaque plateforme (36) comprend du titane ; le ruban est un feillard métallique en acier ou en titane, ou en alliage de fer et nickel ; la paroi est réalisée en un matériau composite, de préférence avec une préforme fibreuse et une matrice organique ; la couche d'abradable comprend un matériau abradable du type Al-Si Polyester.

[0021] Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi et/ou le ruban est/sont généralement tubulaire(s).

[0022] Selon un mode avantageux de l'invention, la surface interne et la surface externe du ruban sont orientées radialement dans des sens opposés.

[0023] Selon un mode avantageux de l'invention, l'abradable du type Al-Si Polyester est projeté par plasma.

[0024] Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi comprend des moyens de fixation, tels des orifices, qui coopèrent avec les moyens de serrage de chaque plateforme.

[0025] Selon un mode avantageux de l'invention, le crochet est un crochet annulaire.

[0026] Selon un mode avantageux de l'invention, la plateforme recouvre la surface interne du ruban sur une longueur axiale comprise entre 1% et 20% de la longueur axiale du ruban, préférentiellement comprise entre 3% et 8%.

[0027] Suivant un mode avantageux de l'invention, les aubes sont uniquement fixées à la paroi.

[0028] Suivant un mode avantageux de l'invention, le ruban s'étend axialement sur entre 2% et 50% de la longueur axiale de la paroi, préférentiellement entre 4% et 30%, plus préférentiellement entre 6% et 15%.

[0029] Suivant un mode avantageux de l'invention, la paroi présente une épaisseur généralement constante.

[0030] Suivant un mode avantageux de l'invention, le profil de révolution du ruban est incliné par rapport à l'axe de rotation de turbomachine d'un angle supérieur à 2°, préférentiellement supérieur à 5°, plus préférentiellement supérieur à 10°.

[0031] Suivant un mode avantageux de l'invention, le ruban circulaire présente une épaisseur constante comprise entre 0,05 mm et 2,00 mm ; préférentiellement comprise entre 0,10 mm et 0,60 mm; plus préférentiellement comprise entre 0,15 mm et 0,25 mm.

[0032] Selon un mode avantageux de l'invention, la paroi est venue de matière, éventuellement la paroi et au moins une bride de stator sont venues de matière.

[0033] Selon un mode avantageux de l'invention, les perforations forment au moins une zone annulaire perforée, la plateforme s'étend axialement sur la majorité de la longueur axiale d'une des au moins une zone perforée.

[0034] L'invention a également trait à un compresseur de turbomachine axiale muni d'un stator de turbomachine axiale, remarquable en ce que le stator est conforme à l'invention, préférentiellement la paroi s'étend axialement sur la majorité de la longueur du compresseur.

[0035] L'invention a également trait à une turbomachine axiale comprenant un stator, remarquable en ce que le stator est conforme à l'invention, préférentiellement la turbomachine comprend au moins une turbine et/ou au moins un compresseur, la paroi étant une paroi d'une turbine et s'étend sur la majorité de la longueur axiale de la turbine, ou la paroi étant une paroi du compresseur et s'étend sur la majorité de la longueur axiale du compresseur, plus préférentiellement le compresseur est un compresseur basse pression.

[0036] Selon un mode avantageux de l'invention, la turbomachine est un turboréacteur.

Avantages apportés

[0037] L'invention propose une fixation simple et efficace du ruban. Elle peut former deux crochets annulaires qui peuvent pincer chaque ruban. Ce dernier est maintenu au niveau de ses bords circulaires amont et aval. Cette solution de maintien permet de s'affranchir de colle,

et donc des problèmes chimiques liés.

[0038] L'invention emploie des moyens de serrage qui peuvent être des moyens de fixation réversibles simplifiant le remplacement de la couche d'abradable et/ou du ruban. Le montage est rapide et économique puisqu'il réduit le nombre d'opérations de montage. Le mode de fixation est compact car il n'augmente pas l'épaisseur axiale de la paroi et des plateformes.

[0039] Le ruban forme un support et un repère pour l'orientation angulaire des aubes statoriques. Il fournit des cercles d'appui idéalement orientés par rapport à l'axe de rotation, ce qui est particulièrement efficace pour des aubes chacune essentiellement fixée à la paroi à l'aide d'un axe. Le contact entre les épaulements et un ruban permet également de les positionner axialement. Par ce biais, il est possible de positionner précisément deux rangées d'aubes statoriques successives l'une par rapport à l'autre, par exemple lorsque les aubes sont fixées à la paroi via des orifices avec des jeux mécaniques.

Brève description des dessins

[0040]

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 une portion de stator de turbomachine avec un ruban entre deux plateformes selon l'invention.

La figure 4 illustre une portion de stator avec une plateforme d'aube entre deux rubans selon l'invention.

La figure 5 illustre et un ruban disposé entre deux rangées annulaires de plateformes d'aubes vus depuis l'extérieur.

Description des modes de réalisation

[0041] 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 est selon l'axe de rotation de la turbomachine, la direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation.

[0042] 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 asso-

ciées 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 10.

[0043] Un ventilateur d'entrée communément désigné soufflante 16 ou fan 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 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine.

[0044] La figure 2 est une vue en coupe d'un compresseur d'une turbomachine axiale 2 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.

[0045] Le compresseur comprend un stator. Le stator comprend au moins une rangée annulaire d'aubes statoriques 26, en l'occurrence quatre. Chaque rangée d'aubes est éventuellement dotée d'une virole interne avec une couche interne d'abradable. Chaque rangée d'aubes statoriques 26 peut former un redresseur associé à la soufflante 16, ou à une rangée d'aubes rotoriques de compresseur de sorte à redresser le flux d'air pour convertir la vitesse du flux en pression.

[0046] Le stator peut comprendre un carter 28. Le carter peut comprendre une paroi 30 et/ou au moins une, préférentiellement au moins deux brides annulaires 32 s'étendant radialement et qui sont disposées en amont et en aval de la paroi 30. Une bride 32 peut servir à la fixation du bec de séparation 22 et/ou à la fixation du compresseur 4 sur un carter intermédiaire 34 de la turbomachine. La paroi 30 comprend une surface intérieure et une surface extérieure. Elle peut être formée de deux demi-coquilles séparées par un plan s'étendant axialement.

[0047] Les aubes statoriques 26 s'étendent essentiellement radialement depuis la surface intérieure de la paroi 30. Elles sont régulièrement espacées les unes des autres, et présentent pour chaque rangée une même orientation angulaire dans le flux. Les aubes d'une même rangée peuvent être identiques. Au moins une aube statorique 26, préférentiellement chaque aube statorique 26 comprend une plateforme 36 externe et une pale s'étendant dans le flux primaire depuis la plateforme 36 associée, par exemple perpendiculairement. Chaque plateforme 36 peut être réalisée en métal, tel du titane. Chaque plateforme 36 peut être disposée contre la surface intérieure de la paroi 30. Les plateformes 36 d'aubes forment au moins une, préférentiellement plusieurs rangées annulaires de plateformes.

[0048] Chaque plateforme 36 peut comprendre des moyens de serrage 38 pour la fixation des aubes 26 sur la paroi 30. Les moyens de serrage associés 38 à chaque aube peuvent comprendre un axe, tel un axe fileté ou un lockbolt. Eventuellement deux axes de moyens de ser-

rage sont associés à une même aube. Les aubes statiques peuvent partager une même plateforme, et/ou des mêmes moyens de serrage.

[0049] La paroi 30 peut présenter un profil de révolution par rapport à l'axe 14, elle peut généralement présenter une forme circulaire, ou une forme tubulaire, ou une forme d'ogive avec une variation de son rayon le long de l'axe 14. Cette évolution du rayon peut s'inverser. La surface extérieure de la paroi 30 peut délimiter un espace extérieur annulaire libre, qui est préférentiellement majoritairement vide, qui peut s'étendre sur la majorité de sa longueur.

[0050] La paroi 30 peut être réalisée en un matériau composite, et peut être fabriquée par injection selon un procédé du type RTM (acronyme anglais pour Resin Transfer Molding). Un matériau composite peut comprendre une matrice et un renfort fibreux. La matrice peut comprendre un matériau organique, tel un matériau thermodurcissable, éventuellement de l'époxy. Les fibres peuvent être sous forme d'une préforme fibreuse. Une préforme peut comprendre un matelas de fibres tissées tridimensionnellement, et/ou un empilement de plis fibreux ou feuilles de fibres comprenant des fibres agencées en faisceaux de fibres tissés selon au moins deux directions. Les fibres peuvent être des fibres de carbone et/ou des fibres de verre. La paroi peut être réalisée à l'aide d'une résine chargée de fibres, par exemple à base d'un matériau thermoplastique, éventuellement avec du polyétherimide (PEI) et/ou du polyétheréthercétone (PEEK). Les fibres peuvent être des fibres dissociées, de longueur inférieure à 3,00 mm, préférentiellement inférieure à 0,50 mm.

[0051] Le stator comprend un ruban 40 circulaire avec une surface interne et une surface externe, qui sont généralement orientées radialement. Le ruban 40 peut être disposé à l'intérieur de la paroi 30, éventuellement sur la surface intérieure de la paroi 30. Le stator peut comprendre plusieurs rubans annulaires sur la paroi 30, éventuellement espacés et/ou répartis axialement le long de la paroi 30. Les rubans et les rangées annulaires de plateformes sont disposés par alternance.

[0052] Le stator comprend au moins une couche, éventuellement circulaire, de matériau abradable 42, préférentiellement plusieurs couches, éventuellement circulaires, de matériau abradable 42. Chaque couche d'abradable 42 est destinée à coopérer par abrasion avec des aubes rotoriques 24 de sorte à permettre une étanchéité. Chaque couche d'abradable 42 peut être disposée sur chaque surface interne de ruban 40 du carter. Les rubans peuvent permettre d'améliorer la cohésion des couches d'abradable 42 sur la paroi 30, éventuellement en formant un intercalaire dont le coefficient de dilatation représente entre 10% et 500%, préférentiellement entre 50% et 200% du coefficient de dilatation de l'abradable. Chaque couche d'abradable 40 peut être déposée par projection plasma sur un ruban.

[0053] La figure 3 représente une portion de stator de la turbomachine. Un ruban est disposé à l'intérieur de la

paroi et reçoit une couche d'abradable. Une aube rotatoire 24 et deux aubes statoriques 26 avec leurs plateformes sont visibles. Le ruban peut comporter des perforations 52, éventuellement alignées, par exemple selon un maillage régulier.

[0054] La majorité, préférentiellement la totalité de la surface externe 44 du ruban 40 épouse la surface intérieure de la paroi 30. Le ruban 40 peut comprendre un bord amont 46 circulaire et un bord aval 48 circulaire, qui peuvent chacun décrire un cercle. Le ruban peut être un feuillard. Il peut être une bande qui forme une boucle. Le ruban 40 peut comprendre un matériau métallique, tel de l'acier, du titane, un alliage de nickel, ou un alliage de ces matériaux. Il peut être réalisé en un matériau différent de la paroi 30. Il présente une épaisseur constante. Son épaisseur peut être comprise entre 0,05 mm et 3 mm, préférentiellement comprise entre 0,15 mm et 0,25 mm.

[0055] Au moins une plateforme 36 d'aube statorique 26 coopère avec le ruban 40 afin de le maintenir, par exemple axialement et/ou radialement puisque la plateforme 36 est fixée à la paroi 40. Préférentiellement, chaque aube statorique d'une rangée d'aube comprend une plateforme qui coopère avec le ruban afin de le maintenir, éventuellement chaque aube statorique de chaque rangée d'aubes montée sur la paroi comprend une plateforme d'aube qui coopère avec le ruban afin de le maintenir. Au moins une ou chaque plateforme 36 peut coopérer avec le ruban par contact de sa surface interne 50 et/ou en le recouvrant. Au moins une plateforme 36 d'aube statorique 26, préférentiellement chaque plateforme d'une rangée, plus préférentiellement chaque plateforme peut recouvrir au moins un des bords du ruban 40, préférentiellement chaque bord de ruban afin de le maintenir. Le ou chaque recouvrement de ruban peut être au niveau d'un des bords amont ou aval de chaque ruban.

[0056] Au moins une ou chaque plateforme 36 peut présenter au moins une zone de moindre épaisseur 54 coopérant avec le ruban 40, par exemple par contact de sa surface interne 50. Au moins une ou chaque zone de moindre épaisseur 54 peut être principalement disposée sur la surface interne 50 du ruban 40. Eventuellement, chaque plateforme 36 d'une ou de chaque rangée d'aubes statoriques 26 liées à la paroi 30 présente une portion de moindre épaisseur 54, formant ainsi au moins une ou plusieurs portées tubulaires, par exemple emmanchées dans une surface interne 50 de ruban 40. Chaque plateforme d'aube 36 peut être en contact de l'abradable 42 et/ou boucher des perforations 52, éventuellement via sa zone de moindre épaisseur 54. La surface interne 50 du ruban 40 peut être totalement recouverte par l'abradable 42 et la ou les plateformes 36 coopérant avec le ruban, créant ainsi une barrière étanche.

[0057] Au moins une ou chaque plateforme 36 peut présenter au moins un épaulement radial 56 qui coopère, éventuellement par contact avec un des bords amont 46 ou aval 48 du ruban 40, par exemple pour former une butée axiale. Eventuellement, chaque plateforme 36 d'une ou de chaque rangée d'aubes liées à la paroi 30

présente au moins un épaulement radial 56, préférentiellement au moins deux épaulements.

[0058] Chaque plateforme 36, en combinaison de la paroi 30 peut former un crochet ouvert vers le ruban 40. Chaque crochet présente une cavité qui peut être majoritairement, préférentiellement totalement occupée par le ruban 40. Chaque aube d'une même rangée peut comprendre une plateforme, de sorte à former une cavité annulaire en combinaison avec la paroi ; éventuellement à l'aide des portions de moindre épaisseur 54 et/ou des épaulements 56.

[0059] Au moins une ou chaque plateforme 36 recouvre, par exemple avec contact, avec le ruban 40 sur une longueur axiale supérieure à l'épaisseur du ruban 40, préférentiellement le contact axial entre la plateforme 36 et le ruban 40 représente entre cinq et cinquante fois, plus préférentiellement entre quinze et trente fois l'épaisseur du ruban 40.

[0060] L'abradable 42 est appliqué sur la surface interne 50 du ruban 40. Le ruban 40 est plus long axiallement que la couche d'abradable 42, il peut dépasser axiallement en amont et/ou en aval de l'abradable 42. L'abradable 42 peut recouvrir la majorité de la surface interne du ruban 50, éventuellement au moins 70% de cette surface 50. Un abradable est un matériau présentant des caractéristiques d'abradabilité garantissant l'intégrité des aubes rotatives lors de contact avec le matériau. Plus particulièrement un abradable peut comprendre les éléments suivants:

- une phase structurelle qui permet de garantir la rigidité du revêtement et la résistance à la corrosion,
- une phase non structurelle ayant pour rôle de lubrifier le contact au passage de l'extrémité de la pale (phase appelée parfois lubrifiant solide),
- des porosités qui permettent le détachement aisément des particules de revêtement lors du contact.

[0061] Dans ce mode de réalisation, il forme essentiellement un matériau hétérogène avec une phase métallique, déposé par projection thermique, plus particulièrement par projection plasma. Ce matériau peut être du type Al-Si-Polyester.

[0062] La technique par projection plasma est une technique de fabrication de la métallurgie des poudres, elle est utilisée pour donner un grand nombre de matériaux à forte abradabilité. Le plasma est généré par des électrodes concentriques soumises à une forte différence de potentiel électrique et un fort courant continu, qui ionisent un gaz inerte (azote, argon, hélium) et lui font atteindre une forte pression et une température extrêmement élevée (plus de 16 000[deg.]C pour un courant de 1000 A). Un flux de poudre est ensuite injecté dans le conduit et entraîné par le plasma. Cette technique permet de faire entrer en fusion n'importe quel métal, même le plus réfractaire étant donné les températures atteintes.

[0063] La figure 4 esquisse une portion de stator selon l'invention. Une plateforme 36 d'aube statorique 26 peut

coopérer avec deux rubans 40 afin de les maintenir, lesdits rubans 40 recevant chacun une couche d'abradable 42.

[0064] La paroi 30 peut présenter des moyens de fixation 58, tels orifices de fixation 58, qui coopèrent avec les moyens de serrage 38 des plateformes 36 de l'aube 26. Les moyens de fixation 58 peuvent comprendre des inserts (non représentés). Lors du serrage des moyens de serrage 38, chaque plateforme 36 peut appuyer contre la surface interne 50 du ruban 40 et exercer une contrainte. Le ruban peut alors se déformer, par exemple élastiquement, éventuellement par écrouissage. Le ruban 40 peut avoir été préalablement sablé.

[0065] Au moins une ou chaque plateforme 36 d'aube 26, et/ou chaque zone de moindre épaisseur 54 de plateforme 36 est plus épaisse que le ruban 40. Le ruban 40 peut être au moins vingt fois moins épais que les plateformes 36. Une plateforme d'aube peut être une plateforme de fixation et/ou une plaque et/ou présenter un corps avec une forme générale de polyèdre, tel un polyèdre ou parallélépipède, éventuellement à base rectangle ou de parallélogramme. Le corps peut être généralement un hexaèdre dont les arêtes externes amont et aval sont entaillées en forme de marche. L'épaisseur est mesurée radialement, éventuellement perpendiculairement à la surface intérieure de la paroi, elle peut être l'épaisseur moyenne. La différence d'épaisseur entre une plateforme et le ruban favorise une rigidité de la plateforme et une déformabilité du ruban ; ainsi une plateforme permet un maintien plus ferme du ruban.

[0066] L'épaulement 56 peut être de hauteur radiale inférieure à l'épaisseur du ruban 40. La paroi 30 pouvant être composite à matrice organique et le ruban 40 en métal, ce dernier peut présenter un enfoncement radial 60 dans la paroi 30, améliorant ainsi son ancrage axial, éventuellement encore amélioré par les perforations 52 dans lesquelles s'incruste le matériau de la paroi.

[0067] Chaque aube statorique 26 présente un bord d'attaque 62 et un bord de fuite 64, qui peuvent être courbes et/ou inclinés par rapport à la direction radiale. Au moins un des rubans 40 ou chaque ruban 40 peut s'étendre axialement dans un sens opposé à la plateforme 36 qui la recouvre depuis l'un des bords d'attaque 62 ou de fuite 64 d'aube. Un des bords amont 46 ou aval 48 d'un des rubans 40 peut être disposé au niveau axialement du bord d'attaque 62 ou du bord de fuite 64 de l'aube statorique 26. En disposant ainsi le ruban 40, la pale de l'aube 26 rigidifie la plateforme 36 et limite sa flexion. Le ruban est maintenu plus fermement, ce qui peut être avantageux en raison des vibrations de la turbomachine. La compacité du montage est également améliorée.

[0068] Au moins une ou chaque plateforme 36 d'aube statorique 26 présente un bord amont 66 et un bord aval 68 axialement opposés. Ces bords sont respectivement délimités par le bord d'attaque 62 de l'aube et l'extrémité amont 70 de plateforme ; et par le bord de fuite 64 de l'aube et l'extrémité aval 72 de plateforme. Les extrémités amont 70 et aval 72 peuvent être parallèles, et peu-

vent être des plans en contact de couches d'abradable 42. Au moins un des rubans 40 ou chaque ruban 40 peut s'étendre axialement dans un sens opposé à la plateforme 36 qui la recouvre depuis le bord amont 66 ou le bord aval 68 de la plateforme 36. Cette configuration limite la forme de marche que présente la plateforme et préserve sa rigidité intrinsèque.

[0069] La figure 5 illustre et un ruban circulaire 40 disposé entre deux rangées annulaires de plateformes 36 d'aubes statoriques 26 vues radialement depuis l'extérieur, la paroi n'étant pas représentée.

[0070] La configuration des plateformes 36 et/ou des aubes 26 par rapport aux bords amont 46 et aval 48 du ruban peut être mixte. Le bord amont 46 du ruban 40 peut être plus en amont que le bord de fuite 64 de l'aube statorique 26 dont la plateforme 36 recouvre sa surface interne, et le bord aval 48 peut être plus en amont que le bord d'attaque 62 de l'aube dont la plateforme recouvre sa surface interne.

[0071] Le ruban 40 peut présenter plusieurs zones circulaires, par exemple au moins une ou deux zones perforées, à savoir une première zone perforée amont 74 et une deuxième zone perforée aval 76, et au moins une zone lisse 78 disposée axialement entre les zones perforées (74 ; 76). Chaque zone lisse 78 peut être unie, et/ou homogène, en tout point. Chaque zone perforée (74 ; 76) présente une série de perforations 52 réparties sur sa surface.

[0072] Les perforations 52 peuvent traverser le ruban et peuvent être faites par laser, par poinçonnage, par usinage. Au moins une ou chaque zone perforée (74 ; 76) peut comprendre au moins une perforation 52 par cm², préférentiellement au moins vingt perforations par cm², plus préférentiellement au moins cent perforations par cm². Au moins une ou chaque zone perforée (74 ; 76) peut comprendre des perforations 52 ayant un diamètre inférieur ou égal à 3,00 mm, préférentiellement inférieur ou égal à 0,60 mm, plus préférentiellement inférieur ou égal à 0,05 mm.

[0073] Chaque zone perforée (74 ; 76) peut représenter entre 1% et 30%, préférentiellement entre 5% et 15% de la surface interne du ruban 40. Au moins une ou chaque plateforme 36 d'aube s'étend axialement sur au moins 10%, préférentiellement sur la majorité, éventuellement sur la totalité axiale d'une zone perforée associée ; par exemple grâce à sa zone de moindre épaisseur. Les perforations 52 d'au moins une ou de chaque zone perforée (74 ; 76) sont disposées en rangées annulaires. Les perforations peuvent former au moins deux, ou au moins sept, ou au moins vingt, ou au moins cinquante rangées annulaires de perforations. Au moins une ou chaque plateforme d'aube s'étend axialement le long d'au moins 10%, préférentiellement la majorité, éventuellement la totalité des rangées de perforations ; par exemple grâce à sa zone de moindre épaisseur.

[0074] Les caractéristiques décrites sont applicables à un compresseur tout comme à une turbine de turbomachine.

Revendications

1. Stator de turbomachine (2) axiale comprenant :

- 5 - une paroi (30) généralement circulaire avec une surface intérieure ;
- au moins une rangée annulaire d'aubes statoriques (26) s'étendant radialement vers l'intérieur depuis la paroi (30) ;
- un ruban (40) circulaire disposé contre la surface intérieure de la paroi (30), et comportant une surface interne (50) et une surface externe (44) ;
- une couche de matériau abradable (42) sur la surface interne (50) du ruban (40), apte à coûper par abrasion avec des aubes rotoriques (24) de la turbomachine (2) ;
- caractérisé en ce qu'**au moins une des aubes statoriques (26) comprend une plateforme (36) recouvrant un bord du ruban (40) de sorte à le maintenir.

2. Stator selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque plateforme (36) d'aube comporte une portion de moindre épaisseur (54) recouvrant la surface interne (50) du bord du ruban (40) de sorte à le maintenir radialement, préférentiellement lesdites portions (50) sont jointives et forment une portée tubulaire emmanchée à l'intérieur du ruban (40) circulaire.

3. Stator selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**au moins une ou chaque portion de moindre épaisseur (54) de plateforme (36) est en contact axialement de la couche d'abradable (42), et présente préférentiellement une épaisseur essentiellement égale à l'épaisseur de la couche d'abradable (42).

4. Stator selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le ruban (40) comprend un bord amont (46) circulaire et un bord aval (48) circulaire, la ou chaque plateforme (36) d'aube comporte un épaulement (56) radial qui coopère avec un des bords circulaires (46 ; 48) du ruban (40) de sorte à le maintenir axialement, éventuellement la hauteur radiale de chaque épaulement (56) est sensiblement inférieure à l'épaisseur du ruban (40).

5. Stator selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la couche d'abradable (42) et la ou les plateformes (36) d'aubes recouvrent toute la surface interne (50) du ruban (40), préférentiellement la majorité, plus préférentiellement la totalité de la surface externe (44) du ruban (40) épouse la surface intérieure de la paroi (30).

6. Stator l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé**

- en ce que** le ruban (40) est plus long axialement que la couche d'abradable (42), préférentiellement le ruban (40) dépasse axialement en amont et en aval de la couche d'abradable (42).
7. Stator selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le ruban (40) est moins épais que chaque plateforme (36), préférentiellement au moins cinq fois moins épais, plus préférentiellement au moins dix fois moins épais.
8. Stator selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'**au moins une ou chaque plateforme (36) coopère par contact avec la surface interne (50) du ruban (40) sur une longueur axiale supérieure à l'épaisseur du ruban (40), préférentiellement la longueur axiale du contact représente entre cinq et cinquante fois l'épaisseur du ruban (40).
9. Stator selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** chaque plateforme (36) comprend des moyens de serrage (38) permettant une fixation sur la paroi (30), la zone de la surface interne (50) du ruban qui est recouverte par chaque plateforme (36) est déformée, éventuellement par écrouissage.
10. Stator selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la paroi (30) et chaque plateforme (36) forment un crochet avec une cavité dont le volume intérieur est majoritairement, préférentiellement totalement occupé par le ruban (40).
11. Stator selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les aubes statoriques (26) comprennent chacune un bord d'attaque (62) et un bord de fuite (64), le ruban (40) s'étendant axialement depuis les bords d'attaque (62) ou les bords de fuite (64) d'aubes vers l'extérieur de la plateforme qui le recouvre ; et/ou chaque plateforme (36) comprend un bord amont (66) et un bord aval (68), le ruban s'étendant axialement vers l'extérieur de la plateforme (36) qui le recouvre depuis le bord amont (66) ou le bord aval (68) de ladite plateforme.
12. Stator selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la rangée d'aube statoriques (26) est une première rangée, la paroi comprenant en outre une deuxième rangée annulaire d'aubes statoriques (26), lesdites rangées étant des rangées statoriques successives entre lesquelles est disposé le ruban (40), préférentiellement le stator comprend une pluralité de rangées annulaires d'aubes statoriques (26) et une pluralité de rubans (40) circulaires, les rangées d'aubes statoriques (26) et les rubans (40) étant disposés par alternance.
13. Stator selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** le ruban (40) comprend au moins une série des perforations (52) disposées en plusieurs rangées annulaires de perforations (52), chaque plateforme (36) recouvre la surface interne (50) du ruban (40) sur au moins cinq rangées de perforations (52), préférentiellement sur au moins dix rangées de perforations (52).
14. Stator selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** chaque plateforme (36) comprend du titane ; le ruban (50) est un feuillard métallique en acier ou en titane, ou en alliage de fer et nickel ; la paroi (30) est réalisée en un matériau composite, de préférence avec une préforme fibreuse et une matrice organique ; la couche d'abradable (42) comprend un matériau abradable du type Al-Si Polyester.
15. Turbomachine (2) comprenant un stator, **caractérisée en ce que** le stator est conforme à l'une des revendications 1 à 14, préférentiellement la turbomachine (2) comprend au moins une turbine (10) et/ou au moins un compresseur (4 ; 6), la paroi (30) étant une paroi d'une turbine (10) et s'étend sur la majorité de la longueur axiale de la turbine (10), ou la paroi (30) étant une paroi (30) du compresseur (4 ; 6) et s'étend sur la majorité de la longueur axiale du compresseur (4 ; 6), plus préférentiellement le compresseur est un compresseur basse pression (4).

FIG 1

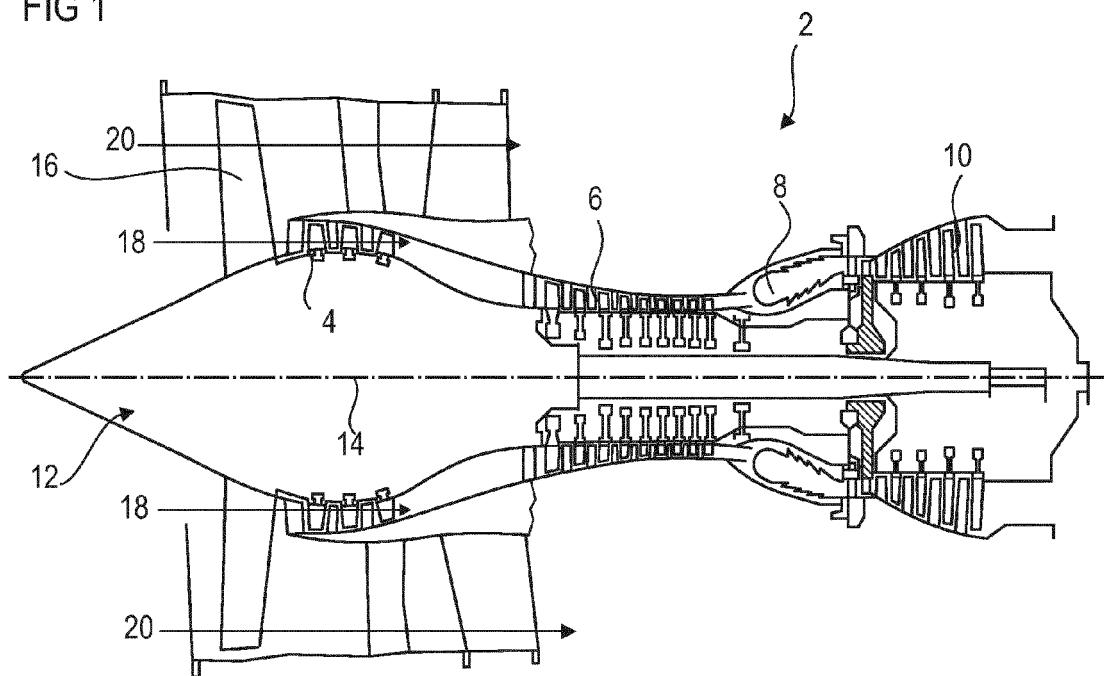


FIG 2

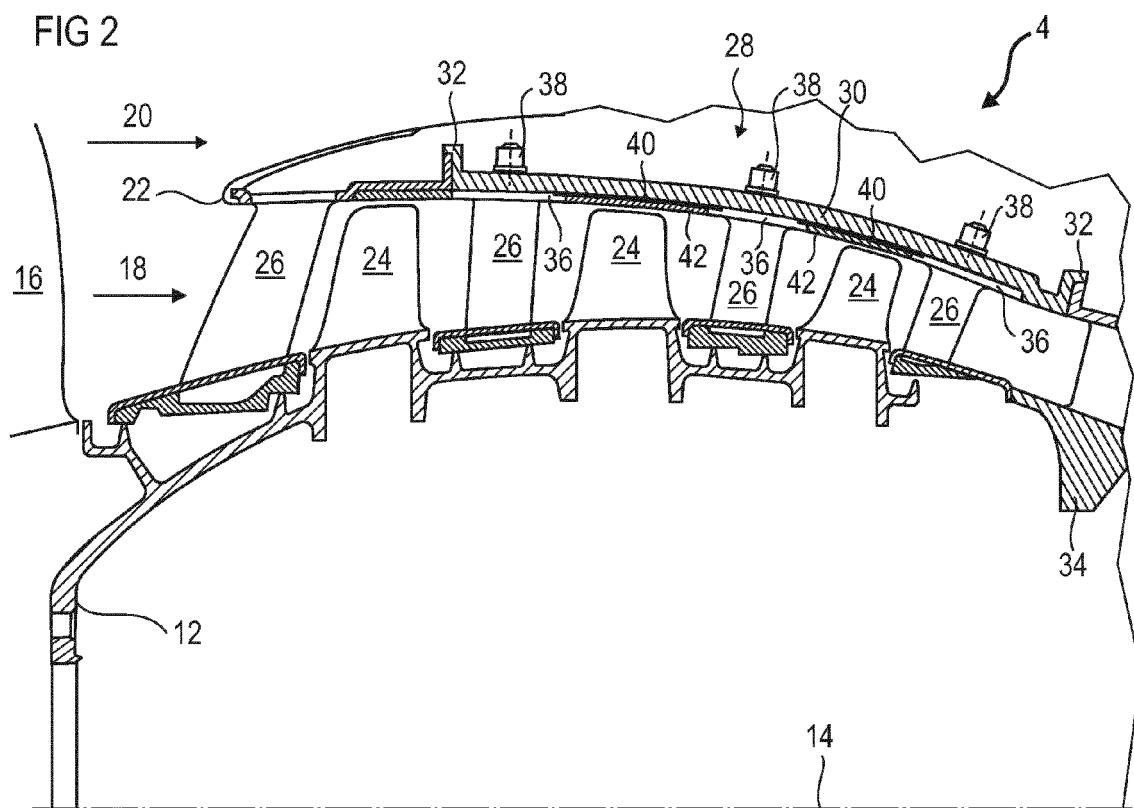


FIG 3

34

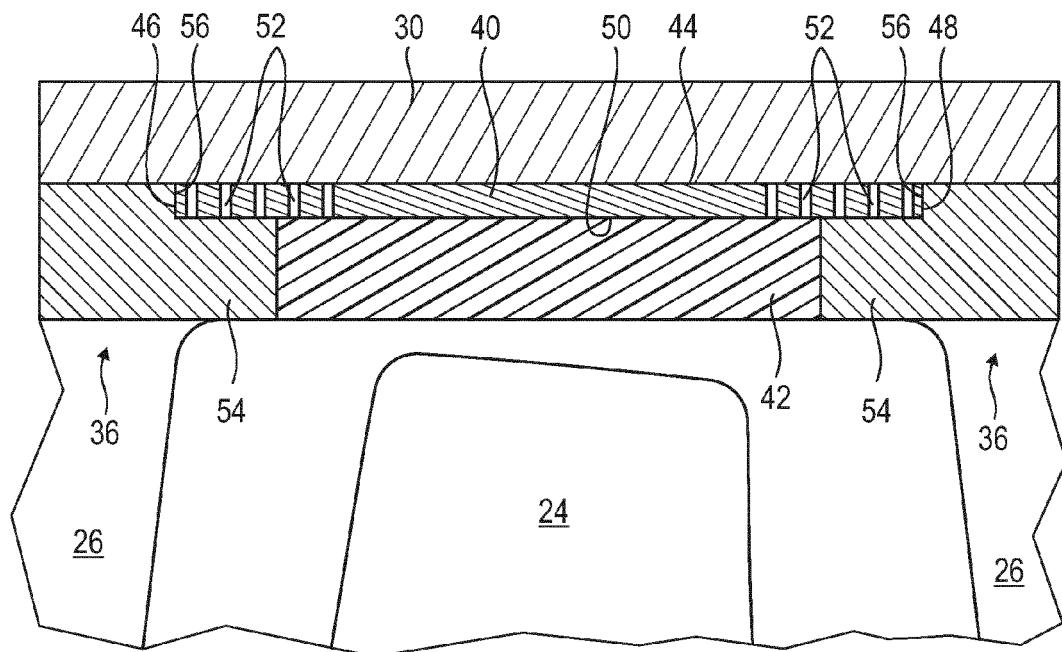


FIG 4

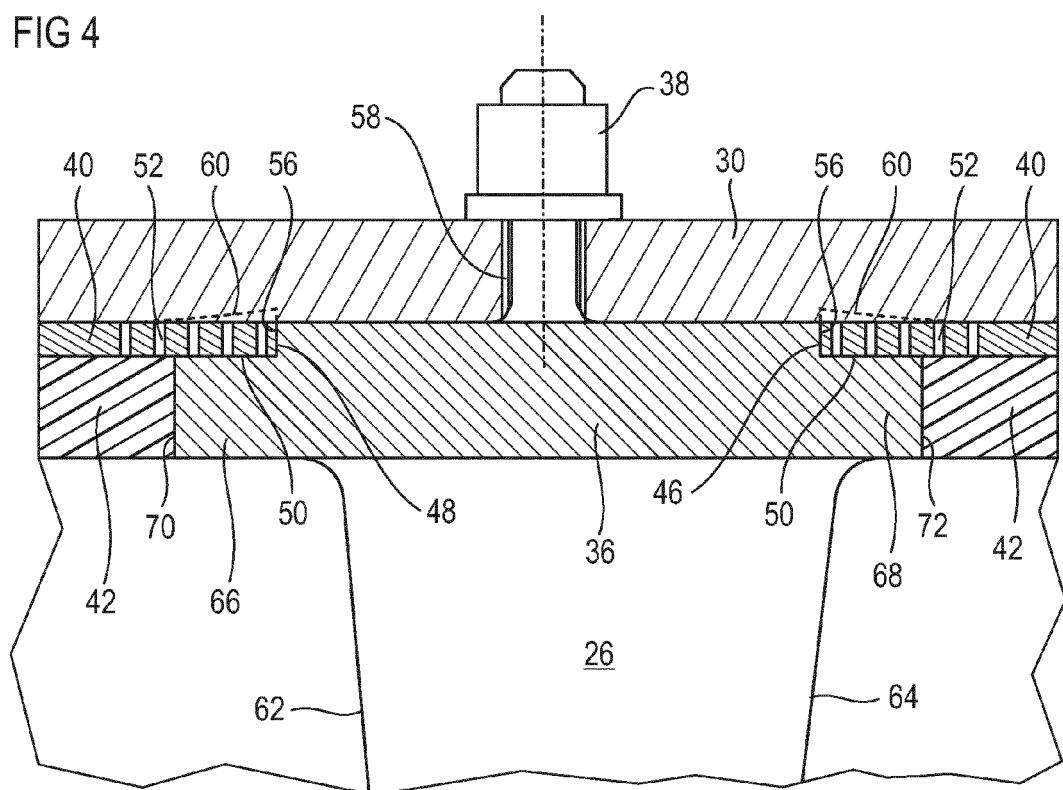
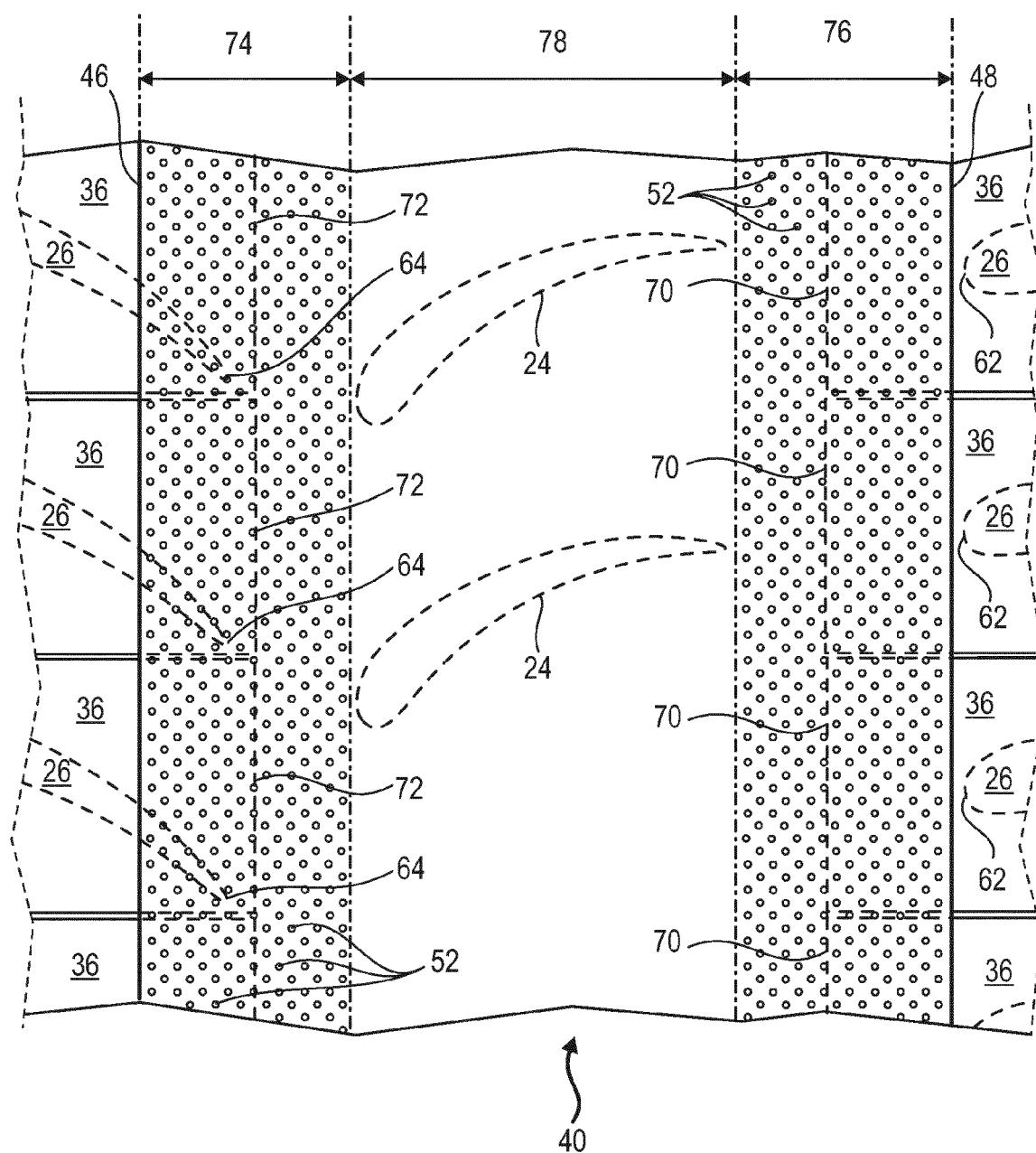


FIG 5





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 14 15 1761

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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 1 288 444 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 5 mars 2003 (2003-03-05) * figure 3 *	1-12,15	INV. F01D25/24
Y	-----	13,14	ADD. F01D11/12
X	EP 1 840 339 A1 (SNECMA [FR]; SNECMA SERVICES [FR]) 3 octobre 2007 (2007-10-03) * figure 1 *	1,2,5-8, 10-12,15	
Y	-----	13,14	
X	EP 0 844 369 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]; BMW ROLLS ROYCE GMBH [DE] ROLLS ROYCE PLC [GB];) 27 mai 1998 (1998-05-27) * figure 2 *	1,2,6-8, 12,15	
Y	-----	13,14	
X	EP 1 335 113 A1 (SNECMA MOTEURS [FR] SNECMA [FR]) 13 août 2003 (2003-08-13) * figure 2 *	1,2,6, 11,12,15	
Y	-----	13,14	
Y,D	EP 2 418 387 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 15 février 2012 (2012-02-15) * alinéas [0015], [0017], [0023] *	13,14	
A	EP 0 713 977 A2 (ABB MANAGEMENT AG [CH] ALSTOM [FR]) 29 mai 1996 (1996-05-29) * figure 2 *	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	US 2007/099027 A1 (KRISHNAMURTHY ANAND [IN] ET AL) 3 mai 2007 (2007-05-03) * figure 2 *	1-15	F01D

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
1	Lieu de la recherche Munich	Date d'achèvement de la recherche 26 mars 2014	Examinateur Rolé, Florian
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 EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 14 15 1761

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne 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.

26-03-2014

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1288444 A1 05-03-2003	CA 2457892 A1 CN 1549887 A DE 60201718 D1 DE 60201718 T2 EP 1288444 A1 ES 2229067 T3 FR 2829176 A1 JP 4279667 B2 JP 2005501192 A MA 26137 A1 RU 2324057 C2 UA 76185 C2 US 2004184912 A1 WO 03018962 A1	06-03-2003 24-11-2004 02-12-2004 09-02-2006 05-03-2003 16-04-2005 07-03-2003 17-06-2009 13-01-2005 01-04-2004 10-05-2008 15-07-2004 23-09-2004 06-03-2003	06-03-2003 24-11-2004 02-12-2004 09-02-2006 05-03-2003 16-04-2005 07-03-2003 17-06-2009 13-01-2005 01-04-2004 10-05-2008 15-07-2004 23-09-2004 06-03-2003
EP 1840339 A1 03-10-2007	CA 2582401 A1 CN 101046161 A EP 1840339 A1 FR 2899274 A1 HK 1107387 A1 JP 4820321 B2 JP 2007270836 A KR 20070098660 A US 2007231127 A1	30-09-2007 03-10-2007 03-10-2007 05-10-2007 16-12-2011 24-11-2011 18-10-2007 05-10-2007 04-10-2007	30-09-2007 03-10-2007 03-10-2007 05-10-2007 16-12-2011 24-11-2011 18-10-2007 05-10-2007 04-10-2007
EP 0844369 A1 27-05-1998	CA 2220664 A1 EP 0844369 A1 US 6062813 A	23-05-1998 27-05-1998 16-05-2000	23-05-1998 27-05-1998 16-05-2000
EP 1335113 A1 13-08-2003	CA 2418357 A1 CN 1443927 A DE 60302077 D1 DE 60302077 T2 EP 1335113 A1 ES 2250844 T3 FR 2835563 A1 JP 4087720 B2 JP 2003269111 A MA 25948 A1 RU 2311539 C2 UA 76424 C2 US 2003146578 A1 US 2005042081 A1	07-08-2003 24-09-2003 08-12-2005 20-07-2006 13-08-2003 16-04-2006 08-08-2003 21-05-2008 25-09-2003 31-12-2003 27-11-2007 15-09-2003 07-08-2003 24-02-2005	07-08-2003 24-09-2003 08-12-2005 20-07-2006 13-08-2003 16-04-2006 08-08-2003 21-05-2008 25-09-2003 31-12-2003 27-11-2007 15-09-2003 07-08-2003 24-02-2005
EP 2418387 A1 15-02-2012	CA 2807060 A1 CN 103154524 A	16-02-2012 12-06-2013	16-02-2012 12-06-2013

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

55

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

EP 14 15 1761

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne 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.

26-03-2014

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		EP 2418387 A1	15-02-2012
		US 2013129494 A1	23-05-2013
		WO 2012019915 A1	16-02-2012
EP 0713977	A2 29-05-1996	CN 1133946 A	23-10-1996
		DE 4442157 A1	30-05-1996
		EP 0713977 A2	29-05-1996
		JP H08210106 A	20-08-1996
		US 5630702 A	20-05-1997
US 2007099027	A1 03-05-2007	AUCUN	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 2418387 A1 [0005]