

(19)



(11)

EP 2 738 356 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

04.06.2014 Bulletin 2014/23

(51) Int Cl.:

F01D 9/04 (2006.01)**F01D 17/16** (2006.01)**F04D 29/56** (2006.01)(21) Numéro de dépôt: **12194852.5**(22) Date de dépôt: **29.11.2012**

(84) Etats contractants désignés:

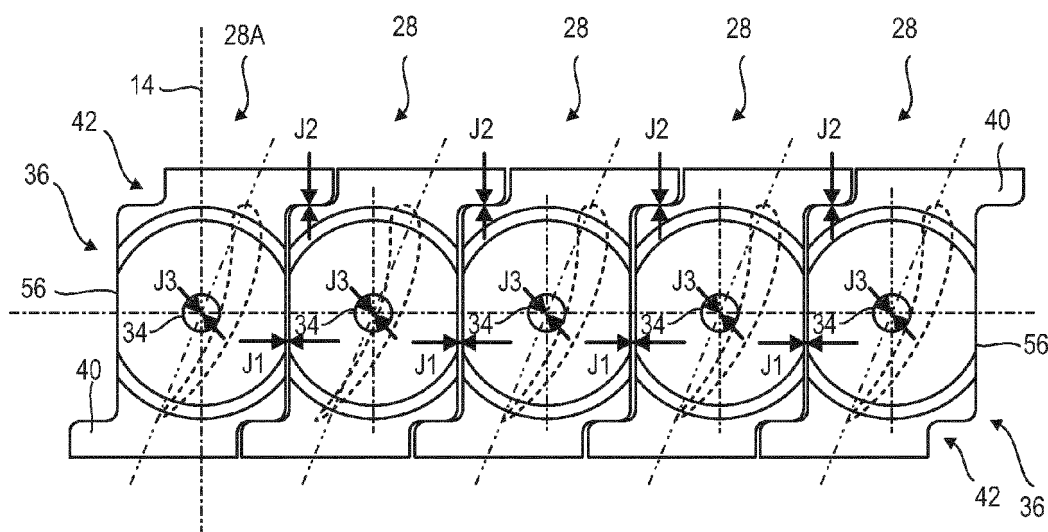
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

Etats d'extension désignés:

BA ME(72) Inventeur: **Biemar, Guy****4671 Blegny (BE)**(74) Mandataire: **Lecomte & Partners****P.O. Box 1623****1016 Luxembourg (LU)**(71) Demandeur: **Techspace Aero S.A.****4041 Herstal (Milmort) (BE)**(54) **Aube de redresseur de turbomachine, redresseur de turbomachine et procédé de montage associé**

(57) L'invention a trait aux aubes de redresseur de turbomachine axiale, destinées à être montées sur une virole suivant une rangée annulaire d'aubes identiques. Chacune des aubes comprend une plate-forme (32) avec des bords latéraux (36) opposés, et des moyens de fixation (34) à la virole. Le contour de la plate-forme présente à chacun des bords latéraux (36) un profil coudé qui est apte à engager le bord contigu de la plate-forme (28) d'une aube voisine. Cette particularité permet un positionnement angulaire ou calage de l'aube (28).

L'invention a également trait à redresseur comprenant la rangée d'aubes (28). Les jeux mécaniques J1, J2 et J3, et les moyens de serrage provoquent une erreur d'orientation angulaire moyenne. Les aubes sont fabriquées avec un angle de compensation compensant l'erreur d'orientation angulaire. L'invention a également pour objet un procédé de montage d'une rangée annulaire d'aube sur une virole de redresseur de turbomachine axiale.

FIG 5**EP 2 738 356 A1**

Description

Domaine technique

[0001] L'invention a trait aux aubes de turbomachine axiale, plus particulièrement de redresseur de turbomachine axiale. L'invention a également trait à un redresseur et à une turbomachine axiale comprenant le redresseur. L'invention traite du positionnement angulaire des aubes d'une turbomachine axiale. L'invention a également trait à un procédé de montage de la turbomachine axiale et plus particulièrement de son ou de ses redresseurs.

Technique antérieure

[0002] Afin d'atteindre des rendements élevés, les turbomachines axiales présentent plusieurs compresseurs et éventuellement plusieurs turbines dans lesquels se produisent respectivement une compression et une détente de l'air. Chaque compresseur et chaque turbine présente couramment plusieurs rangées d'aubes statoriques et rotoriques alternées. Les aubes des étages successifs présentent une évolution progressive de leur angle de calage, ce qui permet de comprimer progressivement l'air avant qu'il ne pénètre dans la chambre de combustion, et de détendre progressivement les gaz d'échappement.

[0003] Le calage est une donnée qui est calculée pour chaque rangée d'aube afin d'optimiser l'efficacité d'une rangée donnée, et le rendement global d'une turbomachine. Pour réaliser une telle rangée, plusieurs solutions sont possibles. Par exemple, la rangée peut être fabriquée à partir d'aubes soudées sur une virole, un carter ou un rotor. Les aubes peuvent également être fixées à l'aide d'axes de type vis ou lockbolts. En munissant chaque aube de deux axes de fixation, cette dernière est bloquée en rotation. Or, cette solution est particulièrement lourde en raison de l'existence du deuxième axe de fixation.

[0004] Pour économiser du poids, il est avantageux de n'utiliser qu'un seul axe de fixation. Cependant, ce dernier ne parvient plus à bloquer en rotation l'aube de sorte à ce qu'elle conserve son calage. Le calage peut malgré tout être respecté en dotant l'aube d'une plate-forme qui est placée dans une gorge annulaire dont les épaulements offrent une butée aux angles du rectangle.

[0005] Le document EP 1 936 121 B1 divulgue une turbomachine présentant une telle aube avec une plate-forme logée dans une telle gorge annulaire. L'aube est fixée à l'aide d'un écrou vissé sur son axe fileté. Or cette solution présente des contraintes de fabrication. Elle demande de rajouter une gorge impliquant une surépaisseur à un endroit. Si un des matériaux formant une plate-forme ou la gorge présente une dureté réduite, ce matériau risque de se déformer lors du serrage de l'écrou. Dès lors, la précision du calage de l'aube peut être altérée.

Résumé de l'invention

Problème technique

[0006] L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. L'invention a pour objectif de proposer une solution de calage angulaire pour une aube statorique. Plus particulièrement, l'invention a pour objectif de proposer un design d'aube permettant de réduire les coûts de fabrication de la turbomachine tout en assurant un calage satisfaisant.

Solution technique

[0007] L'invention a pour objet une aube de redresseur de turbomachine axiale, destinée à être montée sur une virole dans une rangée annulaire d'aubes identiques, l'aube comprenant une plate-forme avec des moyens de fixation à la virole permettant un réglage angulaire de l'aube, un bord amont, un bord aval et deux bords latéraux opposés; remarquable en ce que le contour de la plate-forme présente à chacun de ses bords latéraux un profil coudé apte à engager avec le bord contigu de la plate-forme d'une aube voisine identique, afin d'assurer un positionnement angulaire de l'aube dans au moins un sens de pivotement.

[0008] Les bords latéraux peuvent être configurés pour pouvoir coïncider généralement suivant une translation transversale. Par translation transversale, on entend une translation dirigée suivant la circonférence de la rangée d'aubes.

[0009] Les bords latéraux peuvent être configurés pour pouvoir coïncider majoritairement suivant une rotation dans l'espace autour de l'axe de rotation de la turbomachine. Cette précision est utile pour les rangées d'aubes implantées sur une surface inclinée. Géométriquement, de cette inclinaison résulte une réduction de largeurs des plates-formes vers l'aval ou vers l'amont.

[0010] Suivant un encore autre mode avantageux de l'invention, la largeur transversale de la plate-forme reste sensiblement constante.

[0011] Selon un mode avantageux de l'invention, le profil coudé présente au moins une portion d'appui formant un angle moyen avec l'axe de la turbomachine inférieur ou égal à 45°, préférentiellement inférieur ou égal à 20°. Cet angle peut également être essentiellement nul.

[0012] Selon un mode avantageux de l'invention, la ou au moins une des portions d'appui du profil coudé est généralement droite.

[0013] Selon un mode avantageux de l'invention, les bords amont et aval sont généralement droits et parallèles, l'axe de la turbomachine étant généralement perpendiculaire auxdits bords.

[0014] Selon un mode avantageux de l'invention, les moyens de fixation de la plate-forme comprennent des moyens de serrage par rotation, disposés essentiellement au centre de la plate-forme, la ou au moins une des portions d'appui du profil coudé étant positionnée de ma-

nière à venir en appui sur le profil correspondant du bord contigu de l'aube voisine lorsque la plate-forme pivote dans le sens de serrage des moyens de fixation.

[0015] Selon un mode avantageux de l'invention, la portion d'appui du profil coudé fait partie d'une zone en saillie du bord latéral correspondant de la plate-forme.

[0016] Selon un mode avantageux de l'invention, chacun des bords latéraux de la plateforme comprend en outre une zone en forme de creux, les zones en saillie et en forme de creux étant disposées de part et d'autre d'un axe transversal passant par le centre de pivotement de l'aube. Lorsque la zone en forme de creux est adjacente à un des bords amont et aval, elle présente d'avantage une forme de découpe.

[0017] Selon un mode avantageux de l'invention, le profil de chacun des bords latéraux de la plate-forme présente une portion centrale généralement droite et une portion d'appui à une position amont ou aval, préférentiellement à chacune des deux positions amont et aval.

[0018] Selon un mode avantageux de l'invention, les moyens de fixation comprennent un goujon s'étendant depuis une face de la plate-forme, ladite face servant de face de montage à la virole.

[0019] L'invention a également pour objet un redresseur de turbomachine axiale, comprenant une virole avec une surface intérieure, et une rangée annulaire d'aubes comprenant des plates-formes identiques disposées côte-à-côte sur la surface intérieure de la virole ; remarquable en ce que les aubes sont conformes à l'invention, plusieurs aubes consécutives ayant au moins une partie de leur profil coudé du même côté latéral en appui sur le profil correspondant de l'aube contigüe.

[0020] Selon un mode avantageux de l'invention, les moyens de fixation de la plate-forme comprennent des moyens de serrage par rotation, disposés essentiellement au centre de la plate-forme, la ou au moins une des portions d'appui du profil coudé étant positionnée de manière à venir en appui sur le profil correspondant du bord contigu de l'aube voisine lorsque la plate-forme pivote dans le sens de serrage des moyens de fixation, et les plates-formes des aubes présentent entre elles un jeu mécanique de montage correspondant à une tolérance de positionnement angulaire des aubes, les profils coudés de la pluralité d'aubes consécutives étant en appui mutuel suivant le sens de serrage des moyens de fixation.

[0021] Selon un mode avantageux de l'invention, la pluralité d'aubes consécutives sont configurées pour pouvoir pivoter de plus de 20°, préférentiellement de plus de 40°, plus préférentiellement de plus de 80°, encore plus préférentiellement de plus de 120° autour de leurs moyens de fixation lorsque ces derniers ne sont pas serrés.

[0022] Suivant un encore autre mode avantageux de l'invention, la virole présente une épaisseur sensiblement constante.

[0023] Suivant un encore autre mode avantageux de l'invention, la virole présente une surface de montage en

contact avec les plates-formes des aubes essentiellement lisse.

[0024] Suivant un encore autre mode avantageux de l'invention, le carter est réalisé en matériau composite.

[0025] L'invention a également trait à un compresseur comprenant au moins une rangée annulaire d'aubes, remarquable en ce que les aubes de la rangée d'aubes sont conformes à l'invention.

[0026] L'invention a également pour objet une turbomachine axiale avec un compresseur et/ou une turbine munis d'un redresseur, remarquable en ce que le redresseur est conforme à l'invention, et ou le compresseur est conforme à l'invention.

[0027] L'invention a également pour objet un procédé de montage d'une rangée annulaire d'aubes sur une virole de redresseur de turbomachine axiale, les aubes étant selon l'invention et les moyens de fixation des plates-formes comprenant des moyens de serrage par rotation, disposés essentiellement au centre des plates-formes, la ou au moins une des portions d'appui des profils coudés étant positionnée de manière à venir en appui sur le profil correspondant du bord contigu de l'aube voisine lorsque les plates-formes pivotent dans le sens de serrage des moyens de fixation, remarquable en ce qu'il comprend les étapes de :

[0028] (a) montage d'une aube de référence sensiblement selon le positionnement angulaire final de ladite rangée,

[0029] (b) placement successif d'une pluralité des aubes sur la virole de sorte à former ladite rangée d'aubes avec l'aube de référence,

[0030] (c) serrage successif des moyens de fixation de la pluralité d'aubes en partant depuis l'aube de référence, de manière à amener successivement la ou au moins une des portions d'appui du profil coudé de chacune desdites aubes en appui sur le profil correspondant contigu de l'aube précédente.

[0031] Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (b) ne couvre qu'une partie de la circonférence du redresseur, l'étape (a) étant opérée à plusieurs endroits de ladite circonférence.

[0032] Selon un mode avantageux de l'invention, l'aube de référence est une aube postiche correspondant à au moins deux aubes contigües, et en ce que le procédé comprend en outre l'étape suivante :

[0033] (d) remplacement de la ou des aubes de référence postiches par des aubes conformes aux autres aubes.

[0034] Suivant un encore autre mode avantageux de l'invention, le nombre d'aube(s) de référence est inférieur à 1/10 du nombre d'aubes du redresseur, préférentiellement inférieur à 1/15, plus préférentiellement inférieur à 1/20.

Avantages apportés

[0035] L'invention permet de procéder précisément au calage d'une rangée d'aubes, sans recours à un épau-

lement au niveau du support de fixation tel qu'une virole. De la sorte, le support de fixation peut être allégé. Cette particularité permet également de réaliser un support de fixation en matériaux composite, ce qui offre l'opportunité d'encre encore gagner du poids.

[0036] Le calage atteint par l'invention requiert des états de surface conventionnels, les jeux mécaniques peuvent être augmentés localement. Ainsi, l'invention permet de réduire les coûts de fabrication. De plus, l'invention permet de simplifier les mesures et les contrôles nécessaires pour atteindre un calage donné. Cet aspect permet encore d'effectuer des économies.

Brève description des dessins

[0037] La figure 1 représente une turbomachine axiale selon l'invention.

[0038] La figure 2 est une représentation du compresseur basse-pression de la turbomachine axiale de la figure 1, le compresseur comprenant plusieurs redresseurs conformes à l'invention.

[0039] La figure 3 est une première vue d'une aube de turbomachine axiale selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0040] La figure 4 est une deuxième vue de l'aube de la figure 3.

[0041] La figure 5 illustre une rangée annulaire d'aubes d'un redresseur, les aubes correspondant aux figures 3 et 4.

[0042] La figure 6 illustre une aube selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0043] La figure 7 illustre une aube selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0044] La figure 8 illustre une aube selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.

[0045] La figure 9 illustre une aube selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

[0046] La figure 10 illustre une aube selon un sixième mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

[0047] Dans la description qui va suivre, les termes « intérieur » et « extérieur » renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation de la turbomachine axiale. Les termes « transversal » et « latéral » sont exprimés par rapport à la direction longitudinale de la turbomachine et du redresseur, cette direction correspondant à l'axe de rotation de la machine.

[0048] La figure 1 schématise 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. Des moyens de démultiplication peuvent augmenter la vitesse de rotation transmise aux compresseurs. Ou encore, les différents étages de turbines peuvent chacun être reliés aux étages de compresseur via des arbres concentriques. Ces derniers comportent plusieurs rangées annulaires d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stators. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 8.

[0049] Un ventilateur d'entrée communément désigné « turbofan » 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 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine.

[0050] La figure 2 est une vue en coupe d'un compresseur basse-pression 4 d'une turbomachine axiale 2 telle que celle de la figure 1. On peut y observer une partie du turbofan 16 et le bec de séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées annulaires d'aubes rotoriques 26, par exemple trois ; et plusieurs rangées annulaires d'aubes statoriques 28, par exemple quatre. Chaque rangée d'aubes statoriques 28 est associée à une rangée d'aubes rotoriques 26 pour redresser son flux d'air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression. Chaque paire de rangées d'aubes de rotor et de stator associées forme un étage de compression du compresseur 4.

[0051] Le compresseur basse pression 4 présente un stator mécanosoudé avec un carter 30 servant de support de fixation pour les aubes statoriques 28. Le carter 30 forme une paroi délimitant indirectement le flux primaire 18. Il peut présenter une surface intérieure essentiellement lisse, préférentiellement libre de rebord. Il présente une forme de révolution autour de l'axe 14 de rotation du compresseur basse pression 4 qui correspond à l'axe de la turbomachine. Son profil de révolution peut être courbe et se rapprocher de l'axe 14 en aval. Le carter 30 peut comprendre ou former plusieurs éléments annulaires, telles des viroles disposées axialement les unes par rapport aux autres de sorte à s'étendre sur la longueur du compresseur. Il est remarquable qu'au niveau de la quatrième rangée d'aubes statoriques 28, le carter présente une inclinaison supérieure à 15°. Eventuellement, l'inclinaison peut être supérieure à 25°.

[0052] Les aubes statoriques 28 comprennent des plates-formes 32 plaquées contre la surface intérieure du carter 30. Elles peuvent être essentiellement planes ou être des surfaces gauches. Leurs surfaces venant en contact du carter 30 sont généralement lisses. Le contact entre une plate-forme 32 et la surface intérieure du carter 30 est proche d'un contact plan sur plan. L'inclinaison des plates-formes 32 par rapport à l'axe de rotation 14 augmente sensiblement dans les rangées aval.

[0053] Entre les rangées d'aubes statoriques 28, des

bandes 35 de matériau abrasables sont appliquées. Plus précisément, ces bandes 35 sont disposées entre les plates-formes 32 des différentes rangées d'aubes statoriques 28. L'épaisseur des bandes est sensiblement égale à l'épaisseur globale des plates-formes 32.

[0054] Les aubes statoriques 28 sont fixées au carter 30 à l'aide de moyens de fixation 34. Les moyens de fixation 34 s'étendent depuis leur plate-forme dans un sens opposé à la partie aérodynamique de l'aube. Les moyens de fixation sont essentiellement cylindriques. Des moyens de fixation 34 peuvent comprendre un axe de fixation tels une vis ou un goujon, destiné à recevoir un écrou. Préférentiellement, les moyens de fixation de chaque aube comprennent essentiellement un axe de fixation. Ils sont insérés dans des orifices ménagés dans le carter 30.

[0055] Les moyens de fixation comprennent des moyens de serrage, par exemple des écrous aptes à s'engager sur une vis ou un goujon. L'effort de serrage d'un moyen de serrage peut faire pivoter sensiblement une aube autour de ses moyens de fixation 34 puisque sa plate-forme 32 est lisse et en appui plan sur plan contre le carter 30.

[0056] Afin d'endiguer ce pivotement, les plates-formes 32 ont des contours spécifiques. La figure 3 représente une plate-forme 32 selon un premier mode de réalisation de l'invention. La plate-forme 32 peut présenter une forme générale de quadrilatère tel un rectangle, un trapèze ou un parallélogramme. Le contour de la plate-forme 32 comprend des bords latéraux 36 opposés, et deux bords transversaux 38 qui sont disposés perpendiculairement à l'axe de rotation 14, l'un étant en amont du corps de l'aube et l'autre étant en aval. La plate-forme 32 présente une forme de « Z » inversé. Les bords latéraux 36 présentent un profil coudé et matérialisent un engagement de matière permettant un blocage en rotation.

[0057] Les profils coudés des bords 36 comprennent, chacun, une portion d'appui 48 destinée à venir en contact avec la portion correspondante du bord contigu d'une aube voisine. Cet appui forme un engagement de matière. Les portions d'appui 48 forment, chacune, une zone en saillie 40. Les profils coudés comprennent également, chacun, une zone en forme de creux 42 par rapport à la forme générale de rectangle de la plate-forme. La zone en forme de creux correspond à la zone en saillie du bord opposé.

[0058] Suivant un mode préféré de l'invention, les plates-formes 32 d'une même rangée d'aubes sont identiques. De la sorte, une zone en saillie d'une plate-forme 32 peut coopérer par engagement de matière avec une zone en découpe ou forme de creux 42 d'une plate-forme 32 voisine. Les bords latéraux 36 contigus s'interpénètrent et bloquent en rotation les plates-formes 32 suivant au moins un, éventuellement deux sens de rotation autour de leurs moyens de fixation 34. Ainsi, l'orientation angulaire d'une aube statorique 28 peut être réglée précisément lors du montage. L'orientation angulaire des

aubes statoriques peut être atteinte de manière fiable et répétitive. Les opérations de mesure de calage peuvent être réduites, éventuellement supprimées.

[0059] L'orientation angulaire ou calage d'une aube est déterminé par l'angle que forme la corde 44 d'une aube avec l'axe de rotation 14 de la turbomachine 2. La corde utilisée pour cette mesure est celle à la jonction au niveau de la plate-forme 32.

[0060] La portion d'appui 48 d'un bord latéral vient en appui sur la portion correspondante du bord contigu de l'aube voisine lors du pivotement de l'aube provoqué par le serrage. Dans le cas de la représentation de la plate-forme de la figure 3, le serrage tend à la faire pivoter dans le sens horloger. La portion d'appui est généralement parallèle à la direction transversale, correspondant à la direction circonférentielle de la rangée d'aube. Pour cette raison, l'effort de contact entre deux aubes voisines ne génère pas ou peu d'effort suivant la direction transversale. De plus, cet appui permet une position angulaire indépendante des tolérances au niveau de la distance entre les aubes, plus précisément entre les orifices de la virole recevant les moyens de fixation 34. Les tolérances au niveau des distances entre les orifices sont plus grandes que celles relatives à leur alignement selon la circonférence de la virole.

[0061] La plate-forme 32 est réalisée en métal, préférentiellement en titane. Elle peut être venue de matière avec le corps de l'aube. Pour respecter une forme précise, son contour est usiné, éventuellement rectifié afin de respecter des tolérances strictes.

[0062] Les bords latéraux 36 décrivent des profils similaires, préférentiellement identiques. On constate que les profils coïncident généralement si on en translate un sur une distance égale à la largeur de la plate-forme 32, suivant un vecteur orienté selon les bords transversaux (amont et aval) 38. La plate-forme 32 présente généralement une largeur constante. La largeur peut diminuer sensiblement vers l'aval en raison de la courbure du carter 30. La largeur est mesurée transversalement. Les deux profils présentent sensiblement une symétrie par rapport au centre des moyens de fixation 34.

[0063] Les deux profils peuvent correspondre exactement par translation dans le cas de plates-formes 32 parallèles à l'axe de rotation 14. En ce qui concerne les plates-formes 32 inclinées, et en particulier celles de la dernière rangée d'aubes statoriques, les deux profils sont sensiblement divergents. Les deux profils peuvent être mis en correspondance en effectuant une isométrie, à savoir une rotation selon l'axe de rotation 14 de la turbomachine.

[0064] La plate-forme 32 présente une surépaisseur 46. Cette dernière forme un disque coupé latéralement par les bords longitudinaux 36. En raison de la forme gauche de la virole ou carter 30, le contact avec le disque pourra être en deux points ou en deux arcs amont et aval. Ces contacts facilitent un léger glissement lors du montage d'une rangée d'aubes et améliore le positionnement et l'orientation automatique des aubes.

[0065] La figure 4 représente l'aube statorique 28 de la figure 1, suivant le premier mode de réalisation de l'invention. Elle présente un corps 50, ou pale 50, formant une surface profilée destinée à s'étendre dans le flux primaire 18. Sa forme permet de modifier l'écoulement du flux. La tête de l'aube peut présenter des dispositifs permettant une fixation à une virole interne.

[0066] Au niveau de la surépaisseur 46, les bords latéraux 36 présentent une hauteur accrue. Ainsi, les plates-formes présentent un meilleur blocage en rotation et un meilleur blocage en translation tangentielle. Les moyens de fixation 34 peuvent comprendre une portée cylindrique 54 lisse qui s'étend dans l'épaisseur du carter 30. Ils comprennent également une portion filetée 52 en dehors du carter 30.

[0067] Pour faciliter le montage d'une rangée d'aubes, des jeux mécaniques sont définis au niveau des plates-formes 32 ainsi qu'au niveau des moyens de fixation 34. La figure 5 illustre une partie d'une rangée d'aubes selon le premier mode de réalisation de l'invention. La rangée, qui forme généralement un anneau, est ici vue en plan. Afin de permettre le montage de la rangée, des jeux mécaniques au niveau des bords latéraux 36 sont définis. On observe un premier jeu de mécanique J1 entre les parties rectilignes 56 des bords latéraux 36, et un deuxième jeu mécanique J2 entre les parties coudées des bords latéraux 36. Les parties rectilignes 56 de deux, préférentiellement de toutes les aubes voisines peuvent être à distance l'une de l'autre. Le deuxième jeu mécanique est présent au niveau du contact entre les zones en saillie 40 et les zones en forme de creux 42, plus précisément au niveau des portions d'appui.

[0068] Le premier jeu J1 autorise un déplacement transversal des plates-formes 32 en combinaison avec les jeux au niveau des moyens de fixation 34. Le deuxième jeu J2 autorise un pivotement des plates-formes 32 ainsi qu'un déplacement suivant la direction longitudinale de la machine, en combinaison avec le jeu J3 au niveau des moyens de fixation 34. Les jeux J2 et J3 peuvent être compris entre 0,01 mm et 0,30 mm, préférentiellement compris entre 0,01 mm et 0,20 mm. Les jeux peuvent être différents, en particulier le jeu J1 peut être plus élevé que les jeux J2 et J3. Il peut par exemple être supérieur à 0,05 mm, ou encore supérieur à 0,50 mm. Pour des raisons aérodynamiques, il peut devenir intéressant de colmater le jeu J1 avec un matériau silicone. Plus les jeux requis sont faibles, plus la précision de fabrication doit être élevée, tout comme lorsque la fourchette de tolérance des jeux est étroite. Il résulte des ces jeux une possibilité de pivotement entre les plates-formes 32 et donc une variation de orientation angulaire des aubes.

[0069] Lors de la conception des aubes, on leur définit une orientation angulaire théorique qui permet d'atteindre un fonctionnement souhaité. Lors de cette même conception, les formes des bords latéraux sont également fixées. Pour permettre le montage d'une rangée d'aube, il est obligatoire de définir les jeux mécaniques J1, J2 et J3. Or ces derniers autorisent un pivotement

des aubes lors du serrage des moyens de fixation, ce qui a pour effet de fausser les orientations angulaires des aubes. Il est à noter que ces erreurs d'orientation angulaire des aubes vont dans le sens de rotation du serrage des moyens de fixation. Ces erreurs présentent en outre une valeur moyenne avec un écart type restreint. Par conséquent, les aubes sont produites avec un angle de compensation, permettant de compenser l'erreur d'orientation angulaire. Puisque l'écart type de l'erreur est restreint, l'angle de compensation permet de réaliser une rangée d'aube dont les dispersions d'orientation angulaire sont acceptables. Avantagusement, l'erreur d'orientation angulaire moyenne et/ou l'angle de compensation est supérieur à 5°, préférentiellement supérieur à 30°. L'angle de compensation est généralement proportionnel aux jeux J1, J2 et J3. Il est à noter que l'angle de compensation est orienté dans le sens inverse du serrage des moyens de serrage. Le calcul de l'angle de compensation peut reposer sur des valeurs moyennes des jeux mécaniques, ainsi que sur leurs écarts types. Le calcul de la différence de calage peut également prendre en compte les tolérances géométriques des surfaces des plates-formes.

[0070] L'invention exploite l'effort de serrage et la géométrie du contour des plates-formes. L'effort de serrage tend à faire pivoter les plates-formes dans un sens donné dans des proportions qui découlent des jeux. Fabriquer les aubes avec une géométrie inverse à l'erreur de positionnement permet de respecter le calage de montage, en présentant une valeur moyenne conforme et un écart type réduit.

[0071] L'enseignement de l'invention peut donc être appliqué à un étage d'aubes statoriques ou rotoriques qui présentent des plates-formes venant en contact les unes des autres, et qui sont fixées sur un support de fixation à l'aide des moyens de fixation susceptibles d'influencer l'orientation angulaire des aubes dans un sens lors du serrage des moyens de serrage. L'enseignement de l'invention peut être employé pour des aubes dont les bords latéraux sont essentiellement droits, libres de coudes.

[0072] Pour monter une rangée d'aubes 28 sur son support, plusieurs procédés sont possibles. Le procédé peut comprendre une étape de placement successif des aubes dans le carter 30. Ensuite le procédé peut comprendre une étape de serrage successif des moyens de serrage chacun leur tour, en procédant d'aube voisine en aube voisine. La fixation peut être effectuée depuis plusieurs points de départ ou aubes de départ. L'imbrication des plates-formes permet de respecter le calage des aubes.

[0073] Pour améliorer la précision du calage, le procédé peut comprendre une étape préalable de montage d'au moins une aube de référence 28A ou aube repaire. Préférentiellement, lors de cette étape, on utilise plusieurs aubes de référence, par exemple plus de six pour une rangée comptant cent vingt aubes en tout. L'aube de référence 28A peut être une aube classique dont le

calage est réglé et conservé après sa fixation. Puis, commence l'étape de placement d'aube de sorte à former une rangée d'aubes. A ce moment, les aubes n'ont pas forcément un calage de montage conforme. Ensuite, débute l'étape de serrage successif des moyens de serrage. Le serrage des écrous s'effectue en continu, en procédant d'aube voisine en aube voisine. La fixation peut s'effectuer en partant d'un côté d'une aube de référence 28A, ou des deux.

[0074] Si la précision de fabrication des aubes 28 est réduite, le nombre d'aubes de référence sera avantageusement augmenté. De la sorte les coûts de fabrication peuvent être réduits. Inversement, il est possible de diminuer le nombre d'aubes de référence si la précision de fabrication est améliorée. De la sorte, les coûts de réglage et de contrôle du calage des aubes de référence peuvent être réduits.

[0075] Pour encore augmenter la précision de calage, il est possible d'employer dans l'étape de montage d'au moins une aube de référence un autre type d'aubes de référence. Ce type d'aubes est similaire aux aubes classiques, mais présente une plate-forme élargie et deux moyens de fixation 34. Ces derniers sont introduits dans deux orifices distants, ce qui permet d'orienter précisément cette aube de référence. Les plates-formes présentent des bords latéraux permettant de bloquer en rotation les aubes voisines selon le calage de montage. L'aube de référence peut être une aube postiche comprenant une plate-forme 32 avec deux moyens de fixation 34. Plus la distance entre les orifices utilisés est importante, plus la précision du calage assuré est importante. Cette précision est atteinte sans avoir besoin d'effectuer des étapes de mesure et de contrôle. Ainsi, il est possible de gagner du temps de main d'oeuvre.

[0076] Suite à l'étape de fixation des aubes, le procédé comprend une étape de remplacement des aubes postiches. Cette étape laisse des espaces libres dans la rangée d'aube formée lors de l'étape de placement des aubes.

[0077] Dès lors, le procédé comprend une étape ultérieure de mise en place et fixation d'aubes dans les espaces libres. Ces dernières aubes bénéficient de la précision de montage des aubes qui étaient en contact des aubes de référence, et qui ont été fixées lors de l'étape de serrage.

[0078] La figure 6 représente une plate-forme selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 6 reprend la numérotation des figures 3 et 4 pour les éléments identiques ou similaires, la numération étant toutefois incrémentée de 100.

[0079] La plate-forme 132 présente une forme générale de rectangle. Elle présente des bords transversaux 138, et des bords latéraux 136 qui présentent chacun des formes d'ergots 140 et de redans 142 conjugués. Les ergots 140 et les redans 142 sont à distance des bords transversaux 138. Leurs angles sont arrondis, ils peuvent toutefois être saillants, par exemple à angle droit. Chacun des ergots 140 comprend deux portions d'appui 148 en

fonction du sens de pivotement de l'aube. Cette plate-forme peut ainsi assurer un blocage en rotation dans les deux sens de pivotement.

[0080] Cette plate-forme 132 est plus allongée que celle représentée en figure 3. Elle est adaptée à une aube dont l'angle de calage est plus proche de 0°, par exemple inférieur à 10°. Sur cette plate-forme 132, les moyens de fixation sont également décalés par rapport au corps de l'aube. Ainsi, les moyens de fixation peuvent être déportés afin de s'adapter à une structure de turbomachine spécifique.

[0081] La figure 7 représente une plate-forme d'aube selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 7 reprend la numérotation des figures 3 et 4 pour les éléments identiques ou similaires, la numération étant toutefois incrémentée de 200. Des numéros spécifiques sont utilisés pour les éléments spécifiques à ce mode de réalisation.

[0082] La plate-forme 232 présente une forme générale en « S » de sorte à être adaptée à des moyens de fixation avec un pas à droite. Elle comprend trois parallélogrammes et est symétrique par rapport à son axe de fixation 234. Le profil des bords latéraux 236 présentent, chacun, une portion d'appui centrale 248 et deux portions amont et aval 249. Les portions amont et aval 249 sont essentiellement parallèles et de même longueur. Les portions d'appui 248 forment un angle proche de 45° avec la direction transversale et sont en contact des portions d'appui 248 des aubes voisines. Cette configuration de plate-forme est adaptée à des moyens de fixation dont le serrage est dans le sens horloger. Pour des moyens de fixation à serrage dans le sens anti-horloger, il convient de prévoir des profils inversés, c'est-à-dire symétriques à ceux de la figure 7 par rapport à la direction longitudinale de machine.

[0083] La figure 8 représente une plate-forme d'aube selon un quatrième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 8 reprend la numérotation des figures 3 et 4 pour les éléments identiques ou similaires, la numération étant toutefois incrémentée de 300.

[0084] Cette plate-forme 332 est similaire à celle présentée en figure 3. Elle comprend deux bords latéraux 336 généralement parallèles. Elle a une forme générale de parallélogramme et décrit un « Z » inversé. La direction générale du parallélogramme est sensiblement parallèle à la corde 344 de l'aube. Par direction générale, on entend la direction des grands côtés du parallélogramme. La plate-forme 332 permet de s'adapter à des aubes présentant un angle de calage opposé à celui de la figure 3.

[0085] La plate-forme 332 comprend des zones en saillie 340 et des zones en découpe 342 formées dans sa forme générale de parallélogramme. Les zones en saillie 340 forment un angle aigu avec les parties longitudinales 354 des bords latéraux 336.

[0086] La figure 9 représente une plate-forme d'aube selon un cinquième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 9 reprend la numérotation des figures 3 et 4

pour les éléments identiques ou similaires, la numérotation étant toutefois incrémentée de 400.

[0087] Cette plate-forme 432 présente une forme générale de parallélogramme. Elle comprend des bords latéraux 436 qui forment des portions d'appui en forme d'arcs 448. Les bords latéraux 436 épousent les bords latéraux contigus sur une majorité de leur longueur. Une partie de leur longueur peut ne pas être en contact du bord latéral de l'aube voisine.

[0088] La figure 10 représente une plate-forme d'aube selon un sixième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 10 reprend la numérotation des figures 3 et 4 pour les éléments identiques ou similaires, la numérotation étant toutefois incrémentée de 500.

[0089] L'aube comprend une plate-forme 532 et des moyens de fixation 534. La plate-forme 532 a une forme générale de « C ». La forme peut être un « C » inversé. Cette plate-forme présente une symétrie par rapport à un plan transversal passant par les moyens de fixation 534.

[0090] La plate-forme 532 comprend des bords latéraux 536 et des bords transversaux 538. Chacun des bords latéraux 536 comprend deux portions d'appui 548. L'une est à une partie amont du bord et l'autre à une partie aval. Elles présentent des inclinaisons opposées, ce qui présente l'avantage que le bord latéral en question permet de prendre appui sur le bord contigu d'une aube voisine dans un sens de rotation comme dans l'autre.

Revendications

1. Aube (28) de redresseur de turbomachine axiale (2), destinée à être montée sur une virole dans une rangée annulaire d'aubes identiques, l'aube (28) comprenant une plate-forme (32, 132, 232, 332, 432, 532) avec des moyens de fixation (34 ; 134 ; 234 ; 334 ; 434 ; 534) à la virole permettant un réglage angulaire de l'aube, un bord amont (38 ; 138 ; 238 ; 338 ; 438 ; 538), un bord aval (38 ; 138 ; 238 ; 338 ; 438 ; 538) et deux bords latéraux opposés (36 ; 136 ; 236 ; 336 ; 436 ; 536) ;
caractérisée en ce que
le contour de la plate-forme présente à chacun de ses bords latéraux un profil coudé apte à engager avec le bord contigu de la plate-forme d'une aube (28) voisine identique, afin d'assurer un positionnement angulaire de l'aube dans au moins un sens de pivotement.
2. Aube (28) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le profil coudé présente au moins une portion d'appui (48 ; 148 ; 248 ; 348 ; 448 ; 548) formant un angle moyen avec l'axe de la turbomachine (14) inférieur ou égal à 45°, préférentiellement inférieur ou égal à 20°.
3. Aube (28) selon la revendication 2, **caractérisée en**

ce que la ou au moins une des portions d'appui (48 ; 148 ; 248 ; 348 ; 448 ; 548) du profil coudé est généralement droite.

- 5 4. Aube (28) selon l'une des revendications 2 et 3, **caractérisée en ce que** les bords amont et aval (38 ; 138 ; 238 ; 338 ; 438 ; 538) sont généralement droits et parallèles, l'axe (14) de la turbomachine étant généralement perpendiculaire auxdits bords (38).
- 10 5. Aube (28) selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisée en ce que** les moyens de fixation de la plate-forme (32, 132, 232, 332, 432, 532) comprennent des moyens de serrage par rotation (34 ; 134 ; 234 ; 334 ; 434 ; 534), disposés essentiellement au centre de la plate-forme, la ou au moins une des portions d'appui (48 ; 148 ; 248 ; 348 ; 448 ; 548) du profil coudé étant positionnée de manière à venir en appui sur le profil correspondant du bord contigu de l'aube voisine lorsque la plate-forme pivote dans le sens de serrage des moyens de fixation.
- 15 6. Aube (28) selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisée en ce que** la portion d'appui (48 ; 148 ; 248 ; 348 ; 448 ; 548) du profil coudé fait partie d'une zone en saillie (40 ; 140 ; 240 ; 340 ; 440 ; 540) du bord latéral correspondant (36 ; 136 ; 236 ; 336 ; 436 ; 536) de la plate-forme.
- 20 7. Aube (28) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** chacun des bords latéraux (36 ; 136 ; 236 ; 336 ; 436 ; 536) de la plateforme comprend en outre une zone en forme de creux (42 ; 142 ; 242 ; 342 ; 442 ; 542), les zones en saillie (40 ; 140 ; 240 ; 340 ; 440 ; 540) et en forme de creux (42 ; 142 ; 242 ; 342 ; 442 ; 542) étant disposées de part et d'autre d'un axe transversal passant par le centre de pivotement de l'aube (28).
- 25 8. Aube (28) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** le profil de chacun des bords latéraux (36 ; 136 ; 336 ; 436 ; 536) de la plate-forme (32 ; 132 ; 332 ; 432 ; 532) présente une portion centrale généralement droite et une portion d'appui (48 ; 148 ; 348 ; 448 ; 548) à une position amont ou aval, préférentiellement à chacune des deux positions amont et aval.
- 30 9. Aube (28) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** les moyens de fixation (34 ; 134 ; 234 ; 334 ; 434 ; 534) comprennent un goujon s'étendant depuis une face de la plate-forme, ladite face servant de face de montage à la virole.
- 35 10. Redresseur de turbomachine (2) axiale, comprenant une virole (30) avec une surface intérieure, et une rangée annulaire d'aubes (28) comprenant des plates-formes (32 ; 132 ; 232 ; 332 ; 432 ; 532) identi-
- 40
- 45
- 50
- 55

ques disposées côte-à-côte sur la surface intérieure de la virole ; **caractérisé en ce que** les aubes sont conformes à l'une des revendications 1 à 9, plusieurs aubes (28) consécutives ayant au moins une partie de leur profil coudé du même côté latéral en appui sur le profil correspondant de l'aube (28) contigüe. 5

11. Redresseur selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les aubes (28) sont conformes à la revendication 5, et les plates-formes (32 ; 132 ; 232 ; 332 ; 432 ; 532) des aubes (28) présentent entre elles un jeu mécanique de montage correspondant à une tolérance de positionnement angulaire des aubes (28), les profils coudés de la pluralité d'aubes consécutives étant en appui mutuel suivant le sens de serrage des moyens de fixation (34 ; 134 ; 234 ; 334 ; 434 ; 534). 10 15

12. Redresseur selon l'une des revendications 10 et 11, **caractérisé en ce que** la pluralité d'aubes (28) consécutives sont configurées pour pouvoir pivoter de plus de 20°, préférentiellement de plus de 40°, plus préférentiellement de plus de 80°, encore plus préférentiellement de plus de 120° autour de leurs moyens de fixation (34 ; 134 ; 234 ; 334 ; 434 ; 534) lorsque ces derniers ne sont pas serrés. 20 25

13. Procédé de montage d'une rangée annulaire d'aubes (28) sur une virole (30) de redresseur de turbomachine axiale (2), les aubes étant selon l'une des revendications 1 à 9 et selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes de : 30

- (a) montage d'une aube de référence (28A) sensiblement selon le positionnement angulaire final de ladite rangée, 35
- (b) placement successif d'une pluralité des aubes (28) sur la virole de sorte à former ladite rangée d'aubes avec l'aube de référence (28A),
- (c) serrage successif des moyens de fixation (34) de la pluralité d'aubes (28) en partant depuis l'aube de référence (28A), de manière à amener successivement la ou au moins une des portions d'appui (48 ; 148 ; 248 ; 348 ; 448 ; 548) du profil coudé de chacune desdites aubes en appui sur le profil correspondant contigu de l'aube précédente. 40 45

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'étape (b) ne couvre qu'une partie de la circonférence du redresseur, l'étape (a) étant opérée à plusieurs endroits de ladite circonférence. 50

15. Procédé selon l'une des revendications 13 et 14, **caractérisé en ce que** l'aube de référence est une aube postiche correspondant à au moins deux aubes contigües, et **en ce que** le procédé comprend en outre l'étape suivante : 55

- (d) remplacement de la ou des aubes de référence postiches par des aubes conformes aux autres aubes.

FIG 1

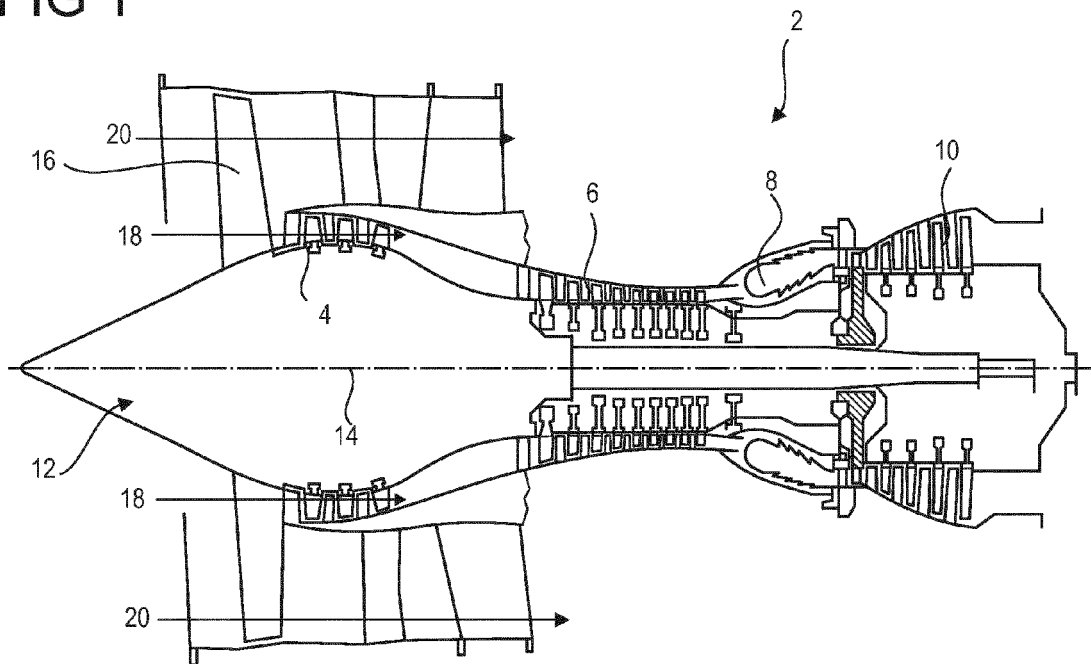


FIG 2

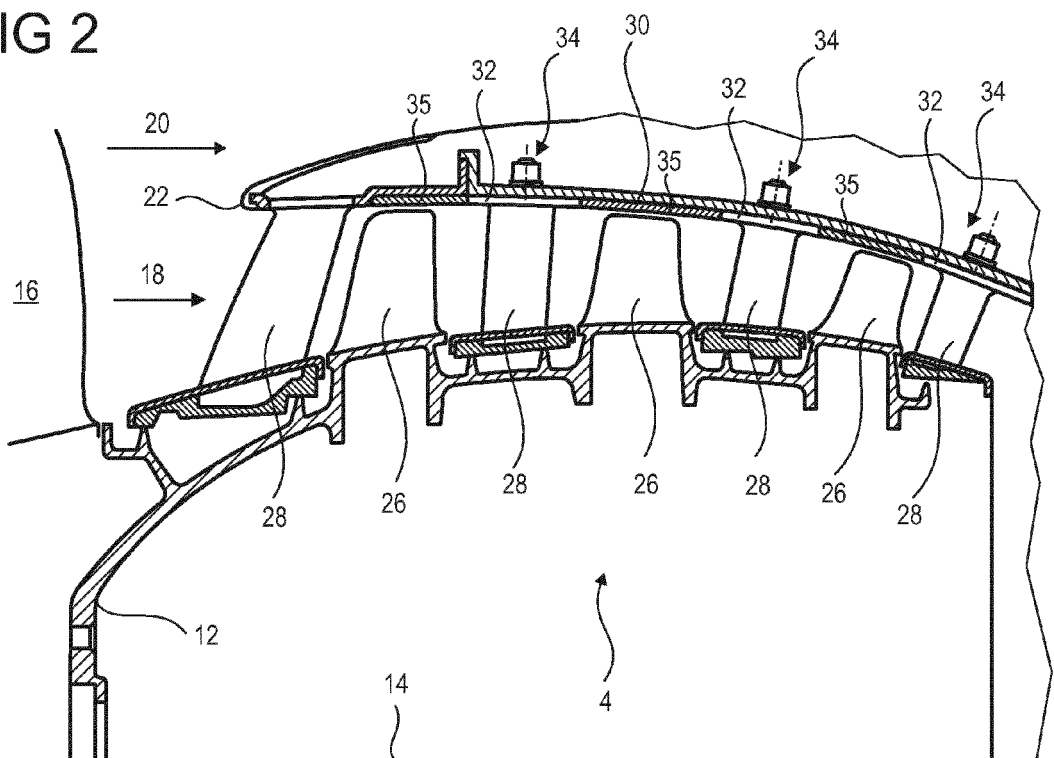


FIG 3

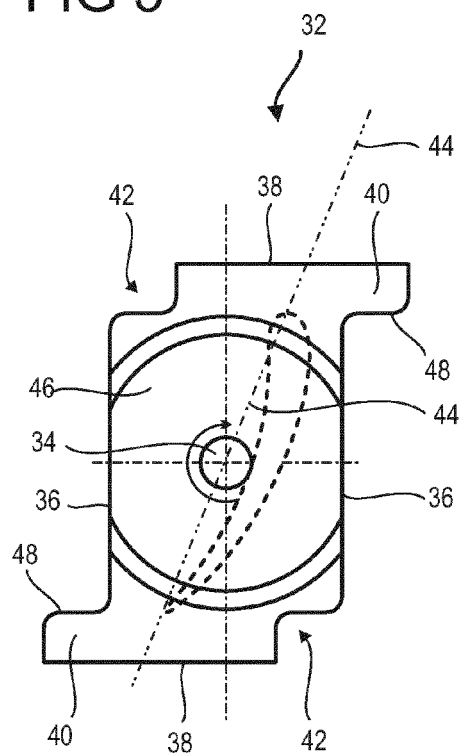


FIG 4

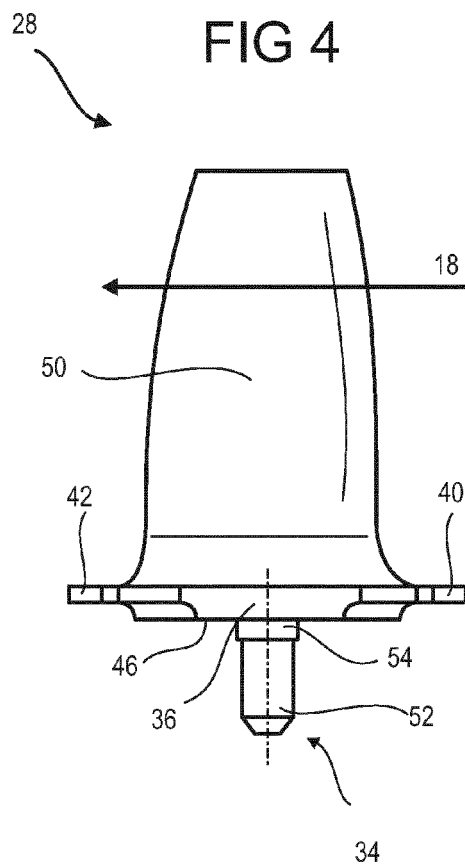


FIG 5

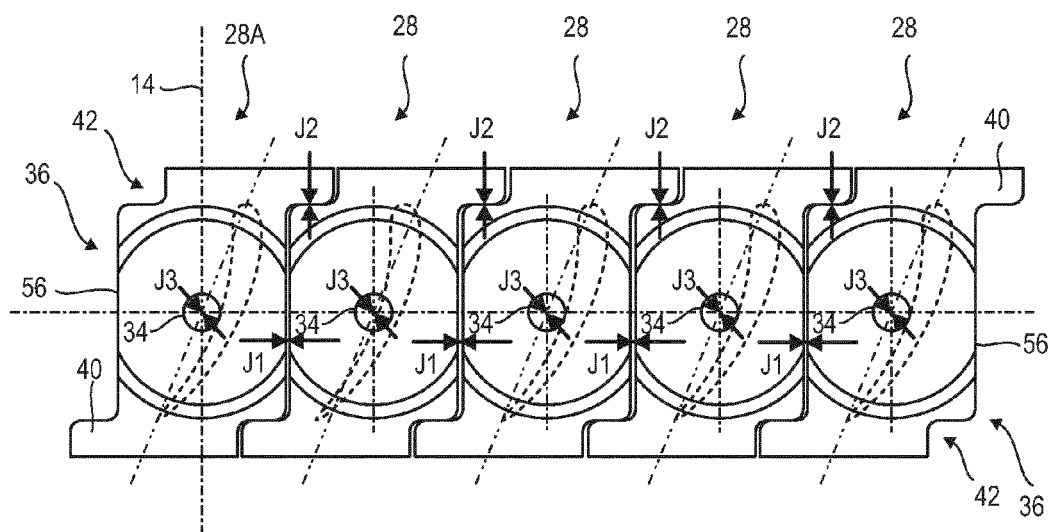


FIG 6

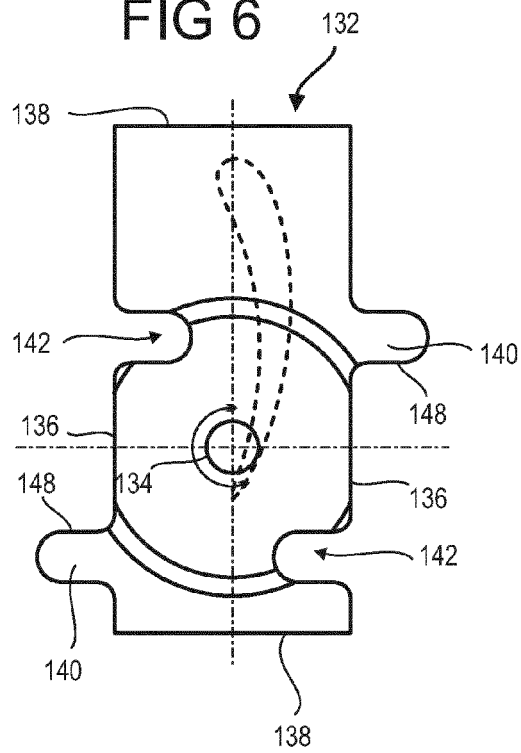


FIG 7

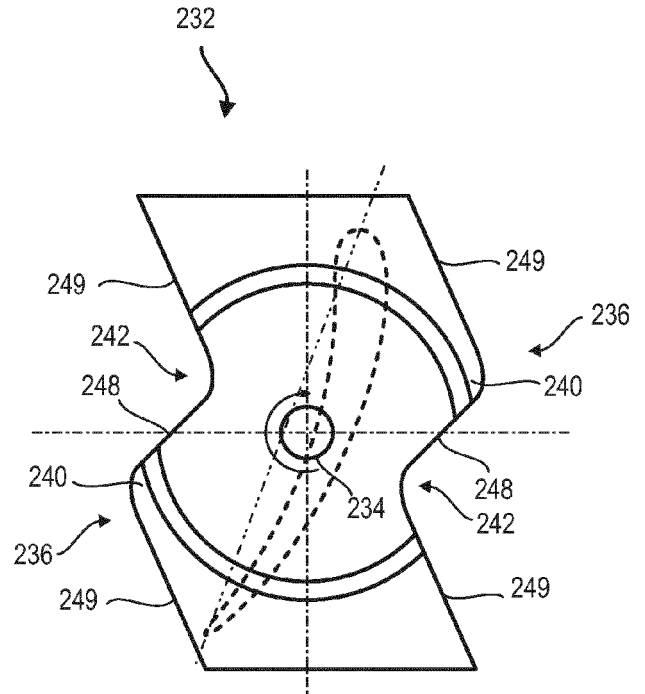


FIG 8

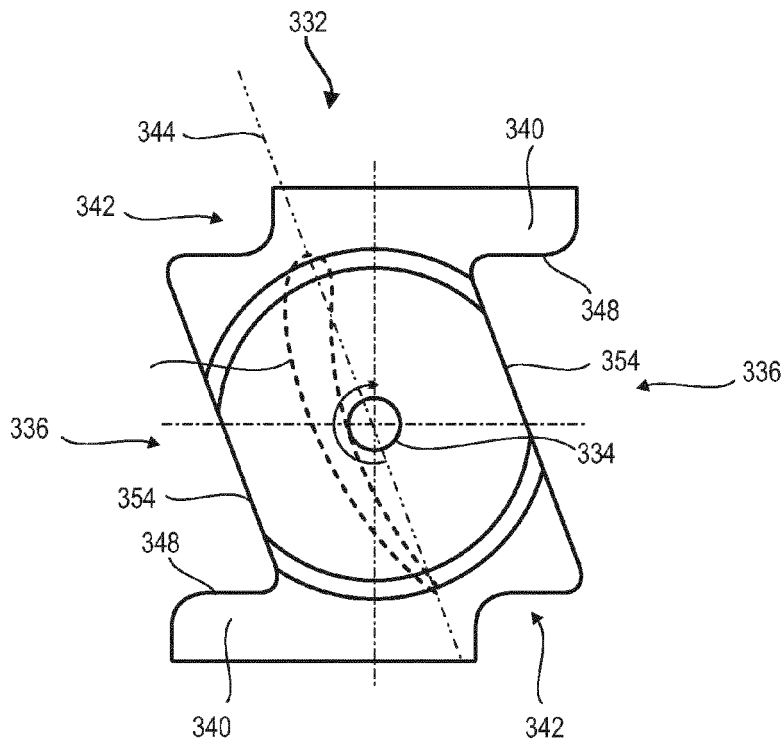


FIG 9

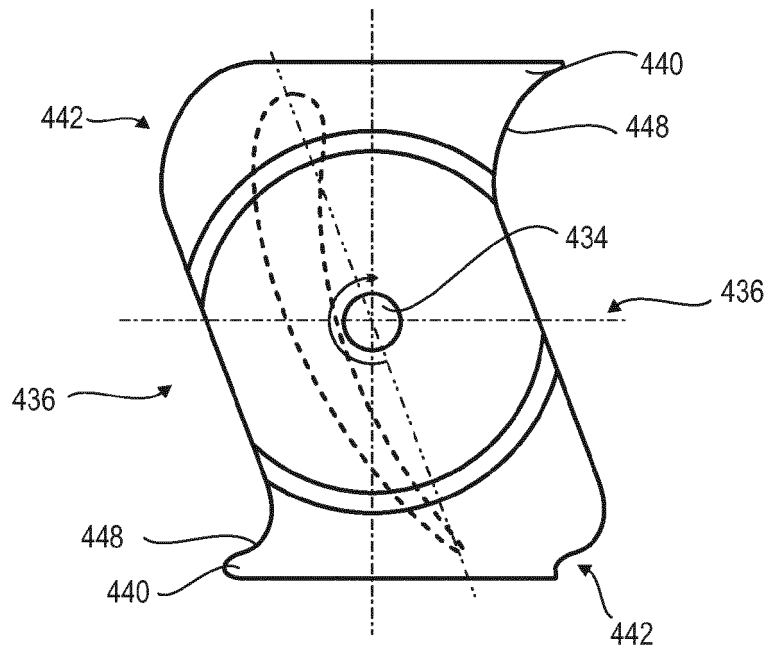
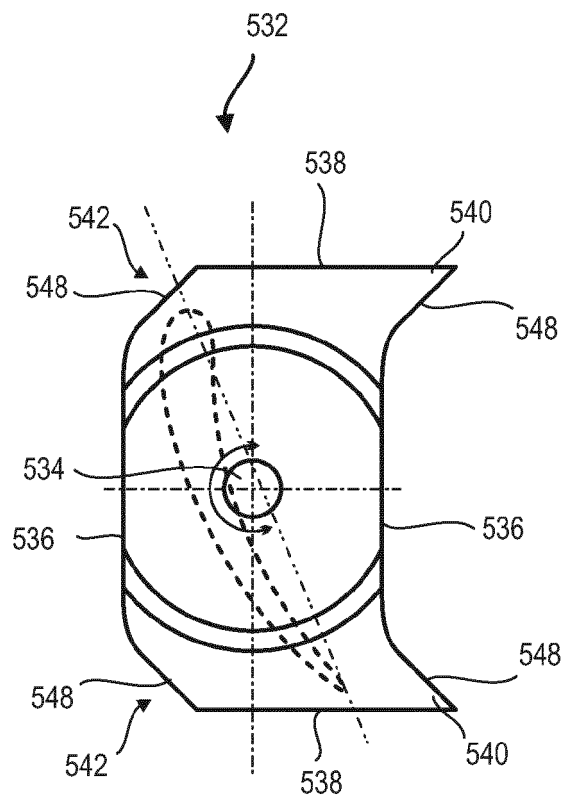


FIG 10





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 19 4852

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 2 236 773 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 6 octobre 2010 (2010-10-06)	1-3,6-12	INV. F01D9/04
Y	* colonne 2, alinéa 8; revendications 1-5,8; figures 1-5,7 * * colonne 3, alinéa 14 - alinéa 15 * * colonne 6, alinéa 27 *	4,5	F01D17/16 F04D29/56
Y	US 2 755 064 A (SIMONSEN NELSON C) 17 juillet 1956 (1956-07-17) * colonne 1, ligne 11 - ligne 17; figures 1,2,7,8 * * colonne 1, ligne 41 - ligne 45 *	4,5	
Y,D	EP 1 936 121 B1 (TECHSPACE AERO [BE]) 2 mai 2012 (2012-05-02) * revendication 1; figures 1-3 *	5	
A	FR 1 548 701 A (UNITED AIRCRAFT CORPORATION) 6 décembre 1968 (1968-12-06) * le document en entier *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F01D F04D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 12 avril 2013	Examineur Lutoschkin, Eugen
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 12 19 4852

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.

12-04-2013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2236773 A2	06-10-2010	CA 2694659 A1 EP 2236773 A2 US 2010232936 A1	11-09-2010 06-10-2010 16-09-2010
US 2755064 A	17-07-1956	AUCUN	
EP 1936121 B1	02-05-2012	AT 556197 T EP 1936121 A1 US 2008206049 A1	15-05-2012 25-06-2008 28-08-2008
FR 1548701 A	06-12-1968	DE 1576987 A1 FR 1548701 A GB 1201949 A SE 326071 B US 3367628 A	21-05-1970 06-12-1968 12-08-1970 13-07-1970 06-02-1968

EPO FORM P0480

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 1936121 B1 [0005]