



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
21.12.2016 Bulletin 2016/51

(51) Int Cl.:
F04D 27/02 ^(2006.01) **F04D 29/52** ^(2006.01)
F04D 29/68 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16174588.0**

(22) Date de dépôt: **15.06.2016**

(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
Etats de validation désignés:
MA MD

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

(72) Inventeur: **HIERNAUX, Stéphane**
4680 Oupeye (BE)

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

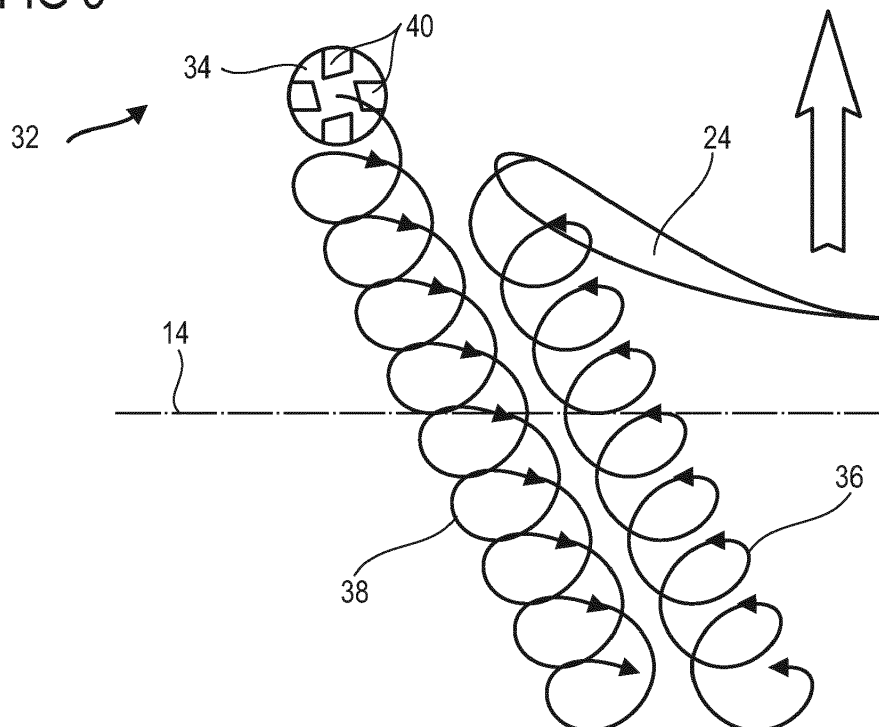
(30) Priorité: **18.06.2015 BE 201505372**

(54) **CARTER À INJECTEURS DE VORTEX POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE**

(57) L' invention propose un compresseur de turbomachine axiale comprenant un rotor avec au moins une rangée annulaire d' aubes rotoriques (24), un carter statorique entourant la rangée d' aubes rotoriques (24), le carter comportant un dispositif générateur (32) de contre-vortex (38). Lors du fonctionnement du compresseur le déplacement des aubes (24) crée des vortex de fuite

(36) en tête d' aubes. De son côté, le dispositif générateur (32) injecte des contre-vortex (38) tournant dans le sens inverse des vortex de fuite (36) afin de les contrer. La marge au pompage du compresseur est ainsi améliorée. L' invention offre en outre une méthode de contrôle de la stabilité d' un compresseur de turbomachine par injection de contre-vortex (38).

FIG 3



Description

Domaine technique

[0001] L'invention concerne les vortex de fuite en têtes d'aubes rotoriques de turbomachine. Plus précisément, l'invention traite d'un carter pour limiter l'effet des vortex en têtes d'aubes qui limitent la stabilité d'un compresseur de turbomachine axiale. L'invention propose également un compresseur, et un turboréacteur d'aéronef.

Technique antérieure

[0002] Un compresseur de turbomachine axiale présente une alternance de rangées d'aubes rotoriques et de rangées d'aubes statoriques. La rotation du rotor et de ses aubes contribue à comprimer progressivement le flux primaire traversant la turbomachine. Toutefois, cette compression s'accompagne de fuites entre les têtes d'aubes rotoriques et le carter qui les entoure. En effet, un jeu mécanique est nécessaire à cette interface pour éviter les contacts.

[0003] Lors de la rotation du rotor, les têtes d'aubes balayent la surface interne du carter et les fuites contournent les têtes d'aubes en formant des vortex vers les intrados. Chaque vortex délimite une zone de blocage contre son aube où le fluide présente une faible quantité de mouvement. Selon certaines circonstances, lorsque la vitesse de l'écoulement principal diminue, le vortex peut gagner le bord d'attaque de l'aube suivante. Dès lors, l'écoulement dans la zone de blocage peut s'inverser et le compresseur peut devenir instable. Un phénomène de pompage peut survenir, un traitement de carter permet de l'éviter.

[0004] Le document US2011/0299979A1 divulgue une turbomachine avec un compresseur. Le compresseur présente un stator fixe et une roue mobile supportant des rangées annulaires d'aubes. Le stator comporte un carter externe entourant les aubes rotoriques, ledit carter présentant des gorges annulaires au niveau des aubes. Ces gorges présentent des profondeurs variables afin de préserver la marge au décrochage du compresseur. Toutefois, la profondeur et la largeur de chaque gorge augmentent les fuites en têtes d'aubes, limitant le taux de compression du compresseur. En sus, le rendement de la turbomachine est dégradé.

[0005] Le document EP2778427A2 divulgue un compresseur pour turbomachine, comportant un système de recirculation d'air aspiré. Le système comprend une pluralité d'orifices d'aspiration s'étendant au travers d'un collecteur. Une cavité annulaire d'aspiration entoure le collecteur et est en communication avec des ouvertures de sortie des orifices d'aspiration. Les orifices d'aspiration permettent la communication entre le passage de flux de gaz principal et la cavité annulaire. La cavité annulaire comprend des passages de sortie avec des orifices disposés dans le collecteur. L'air est passivement aspiré via les trous d'aspirations, circule à travers la ca-

vitité annulaire puis est réinjecté dans le passage de flux de gaz principal dans une seconde position axiale. Toutefois l'efficacité de ce système pour endiguer les fuites en tête d'aube reste limitée. Par ailleurs, la quantité d'air prélevé pénalise significativement le rendement de la turbomachine.

Résumé de l'invention

10 Problème technique

[0006] L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif d'accroître le rendement d'une turbomachine. L'invention a également pour objectif de repousser la limite au décrochage d'un compresseur d'une turbomachine axiale.

Solution technique

[0007] L'invention a pour objet un ensemble pour turbomachine axiale, notamment pour compresseur de turbomachine axiale, l'ensemble comprenant : un rotor avec au moins une rangée annulaire d'aubes rotoriques, un carter statorique entourant la rangée d'aubes rotoriques, l'ensemble étant configuré de sorte que lors du fonctionnement de la turbomachine, le déplacement des aubes crée des vortex de fuite entre le carter et les aubes ; remarquable en ce que le carter comprend un dispositif générateur de contre-vortex au niveau des vortex de fuite, le dispositif étant configuré de sorte qu'en fonctionnement les contre-vortex tournent dans le sens inverse des vortex de fuite qu'ils rencontrent afin de les contrer.

[0008] Selon un mode avantageux de l'invention, chaque dispositif générateur de contre-vortex est configuré de sorte à ce qu'en fonctionnement les contre-vortex présentent des axes de rotation principalement parallèles aux vortex de fuite, chaque dispositif générateur de contre-vortex étant préférentiellement implanté sur le carter.

[0009] Selon un mode avantageux de l'invention, le dispositif générateur de contre-vortex comprend des modules d'injection à orifice, préférentiellement le carter comprend plusieurs modules d'injection répartis angulairement autour du rotor.

[0010] Selon un mode avantageux de l'invention, au moins un ou chaque module d'injection comprend au moins un orifice d'injection disposé en amont de la rangée d'aubes rotoriques.

[0011] Selon un mode avantageux de l'invention, au moins un ou chaque orifice d'injection comprend des ailettes internes configurées pour générer un contre-vortex à partir d'un flux traversant ledit orifice, éventuellement au moins un ou plusieurs modules comprennent plusieurs orifices d'injection à ailettes internes configurées pour générer des contre-vortex.

[0012] Selon un mode avantageux de l'invention, au

moins un ou chaque module d' injection comprend un jeu d' orifices d' injection inclinés les uns par rapport aux autres de sorte à former un contre-vortex à partir d' un flux issu desdits orifices d' injection du jeu.

[0013] Selon un mode avantageux de l' invention, au moins un ou chaque module d' injection comprend au moins un orifice d' injection amont et un orifice d' injection aval qui sont décalés axialement et/ou selon la circonférence du carter ; lesdits orifices étant inclinés les uns par rapport aux autres selon un plan axial et/ou par rapport à un plan perpendiculaire à l' axe de rotation du rotor.

[0014] Selon un mode avantageux de l' invention, au moins un ou chaque module d' injection comprend des moyens de prélèvement d' air, notamment un orifice de prélèvement d' air, éventuellement disposé en aval de la rangée d' aubes.

[0015] Selon un mode avantageux de l' invention, au moins un ou chaque module d' injection comprend une paire de canaux reliant chacun un orifice d' injection en amont des aubes à un orifice de prélèvement en aval des aubes, préférentiellement les canaux de chaque paire se croisent.

[0016] Selon un mode avantageux de l' invention, le carter comprend une surface interne principale entourant les aubes, au moins un ou plusieurs ou chaque orifices affleurant ladite surface interne.

[0017] Selon un mode avantageux de l' invention, les aubes comprennent des bords d' attaque avec des extrémités externes, les orifices d' injection étant en amont des extrémités externes des bords d' attaque.

[0018] Selon un mode avantageux de l' invention, le dispositif générateur de contre-vortex comprend au moins un ou plusieurs canaux traversant axialement la au moins une rangée d' aubes rotoriques.

[0019] Selon un mode avantageux de l' invention, le dispositif générateur de contre-vortex comprend un bloc venu de matière dans lequel au moins un ou plusieurs canaux sont ménagés, préférentiellement le bloc de matière s' étend sur toute la longueur axiale de la au moins une rangée annulaire d' aubes rotoriques.

[0020] Selon un mode avantageux de l' invention, le dispositif générateur de contre-vortex comprend un collecteur entourant le carter, préférentiellement le collecteur entoure un espace dans lequel la rangée d' aubes est inscrite.

[0021] Selon un mode avantageux de l' invention, l' ensemble comprend des moyens de commande pour générer des contre-vortex de manière alternative selon une fréquence qui est fonction de la vitesse de rotation du rotor, le déclenchement de la génération d' un contre-vortex dépendant éventuellement de la proximité d' une aube par rapport à un dispositif générateur.

[0022] Selon un mode avantageux de l' invention, un jeu radial sépare les extrémités externes d' aubes du carter, ledit jeu entourant éventuellement la rangée d' aubes, et/ou le jeu est un jeu annulaire.

[0023] Selon un mode avantageux de l' invention, le carter comprend un joint annulaire, notamment une cou-

che annulaire de matériau abradable, le dispositif générateur de contre-vortex s' étendant d' amont en aval dudit joint annulaire et/ou entourant ledit joint annulaire.

[0024] Selon un mode avantageux de l' invention, au moins un ou chaque module d' injection comprend au moins un canal reliant un orifice d' injection à un orifice de prélèvement.

[0025] Selon un mode avantageux de l' invention, l' ensemble comprend plusieurs dispositifs générateurs dont les contre-vortex tournent dans le même sens.

[0026] Selon un mode avantageux de l' invention, au moins un ou chaque orifice d' injection et/ou au moins un ou chaque orifice de prélèvement forme un passage orienté principalement radialement.

[0027] Selon un mode avantageux de l' invention, la surface interne principale est celle présentant la plus grande étendue.

[0028] Selon un mode avantageux de l' invention, le collecteur est un distributeur alimentant en air pressurisé chaque dispositif générateur de contre-vortex.

[0029] Selon un mode avantageux de l' invention, le carter présente une surface interne avec un profil de révolution généralement droit ou sensiblement arqué, ledit profil s' étendant axialement tout le long d' une rangée d' aubes rotoriques.

[0030] Selon un mode avantageux de l' invention, les vortex de fuite et les contre-vortex s' écoulent vers l'aval.

[0031] Selon un mode avantageux de l' invention, les vortex de fuite tournent hélicoïdalement, le dispositif étant configuré de sorte qu' en fonctionnement les contre-vortex tournent hélicoïdalement dans le sens opposé au sens de rotation hélicoïdal des vortex de fuite.

[0032] L' invention a également pour objet une turbomachine comprenant un ensemble, remarquable en ce que l' ensemble est conforme à l' invention; préférentiellement le rotor comprend plusieurs rangées annulaires d' aubes et l' ensemble comporte plusieurs dispositifs générateurs de contre-vortex.

[0033] L' invention a également pour objet une méthode de contrôle de la stabilité d' un compresseur de turbomachine, notamment d' un compresseur basse pression, le compresseur comprenant : un rotor avec au moins une rangée annulaire d' aubes rotoriques, un carter entourant la rangée d' aubes rotoriques, lors du fonctionnement de la turbomachine, le déplacement des aubes crée des vortex de fuite entre le carter et les aubes ; remarquable en ce que la méthode comprend la génération de contre-vortex vers les vortex de fuite et tournant dans le sens inverse des vortex de fuite afin de les limiter, la turbomachine étant éventuellement conforme à l' invention.

[0034] Selon un mode avantageux de l' invention, les contre-vortex générés sont générés de manière discontinue, notamment à l' approche d' un vortex de fuite.

[0035] Selon un mode avantageux de l' invention, les contre-vortex générés sont injectés vers l'aval, notamment vers les vortex de fuite.

[0036] Selon un mode avantageux de l' invention, les

extrémités externes d' aubes présentent des cordes inclinées par rapport à l' axe de rotation du rotor, lors de leur génération les contre-vortex présentant des axes d' enroulement hélicoïdaux généralement parallèles aux cordes inclinées des extrémités externes d' aubes.

[0037] Selon un mode avantageux de l' invention, l'ensemble est configuré pour un écoulement transsonique générant un choc au niveau des aubes.

[0038] De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l' invention sont également applicables aux autres objets de l' invention. Dans la mesure du possible, chaque objet de l' invention est combinable aux autres objets.

Avantages apportés

[0039] L' invention permet de confiner les vortex de fuite, et éventuellement de les amenuiser. Leur action est réduite à la fois en terme d' espace et de durée, si bien que leur propagation vers l' aube voisine est endiguée. Dès lors, chaque vortex de fuite est rabattu contre son aube de référence. La zone de blocage est réduite, et est repoussée de l' aube rotorique suivante. La marge de stabilité est alors accrue, et le rendement est préservé.

[0040] L' invention permet de conserver un jeu homogène entre l' aube et le carter, ce qui améliore le taux de compression de chaque étage de compression. La surface interne du carter devient également plus simple à réaliser puisqu' elle reste droite, et/ou lisse. Une réalisation en matériau composite à préforme tissée reste simple.

[0041] L' emploi de canaux entre les orifices permet d' y former des pertes de charges, éventuellement dynamiques. Par ce biais, il est possible de piloter le flux réinjecté par les orifices en fonction de la différence de pression amont-aval des aubes. Le dispositif générateur de vortex peut alors être adapté pour favoriser la génération de contre-vortex à un régime prédéfini, et pour limiter ces vortex à un autre régime. Il devient alors plus aisé de concevoir une turbomachine optimisée pour un régime nominal, tout en disposant d' un système autorégulé ou passif.

Brève description des dessins

[0042]

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 vue en plan d' une portion de compresseur avec un dispositif générateur de contre-vortex selon un premier mode de réalisation de l' invention.

La figure 4 esquisse une coupe d' une portion de compresseur avec un dispositif générateur de contre-vortex selon un deuxième mode de réalisation

de l' invention.

La figure 5 présente une vue en plan d' une portion de compresseur avec un dispositif générateur de contre-vortex selon le deuxième mode de réalisation de l' invention.

La figure 6 représente une coupe axiale du carter au niveau d' un dispositif générateur de contre-vortex selon le deuxième mode de réalisation de l' invention.

La figure 7 représente une coupe transversale du carter au niveau d' un dispositif générateur de contre-vortex selon le deuxième mode de réalisation de l' invention.

La figure 8 esquisse une coupe d' une portion de compresseur avec un dispositif générateur de contre-vortex selon un troisième mode de réalisation de l' invention.

La figure 9 est une vue isométrique d' une portion de carter avec des canaux d' un dispositif générateur de contre-vortex selon un quatrième mode de réalisation de l' invention.

Description des modes de réalisation

[0043] Dans la description qui va suivre, les termes intérieur ou interne et extérieur ou externe renvoient à un positionnement par rapport à l' axe de rotation d' une turbomachine axiale. La direction axiale correspond à la direction le long de l' axe de rotation de la turbomachine.

[0044] La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale. Il s' agit dans ce cas précis d' un turboréacteur double-flux. Le turboréacteur 2 comprend un premier niveau de compression, dit compresseur basse-pression 4, un deuxième niveau de compression, dit compresseur haute-pression 6, une chambre de combustion 8 et un ou plusieurs niveaux de turbines 10. En fonctionnement, la puissance mécanique de la turbine 10 transmise via l' arbre central jusqu' au rotor 12 met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6. Ces derniers comportent plusieurs rangées d' aubes de rotor associées à des rangées d' aubes de stators. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d' air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu' à l' entrée de la chambre de combustion 8. Des moyens de démultiplication peuvent augmenter la vitesse de rotation transmise aux compresseurs.

[0045] Un ventilateur d' entrée communément désigné fan ou soufflante 16 est couplé au rotor 12 et génère un flux d' air qui se divise en un flux primaire 18 traversant les différents niveaux sus mentionnés de la turbomachine, et un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine. Le flux secondaire peut être accéléré de sorte à générer une réaction de poussée. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont des flux annulaires, ils sont canalisés par le carter de la turbomachine. A cet effet, le carter présente des parois cylindriques ou viroles qui peuvent être inter-

nes et externes.

[0046] La figure 2 est une vue en coupe d' un compresseur d' une turbomachine axiale telle que celle de la figure 1. Le compresseur peut être un compresseur basse-pression 4. On peut y observer une partie du fan 16 et le bec de séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées d' aubes rotoriques 24, en l' occurrence trois.

[0047] Le compresseur basse pression 4 comprend plusieurs redresseurs, en l' occurrence quatre, qui contiennent chacun une rangée d' aubes statoriques 26. Les redresseurs sont associés au fan 16 ou à une rangée d' aubes rotoriques pour redresser le flux d' air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression statique. Les aubes statoriques 26 s' étendent essentiellement radialement depuis un carter extérieur 28, et peuvent y être fixées et immobilisées à l' aide d' axes. Elles sont régulièrement espacées les unes des autres, et présentent une même orientation angulaire dans le flux. Des joints d' étanchéité 30, par exemple abrasables, peuvent recouvrir le carter 28 au niveau des aubes rotoriques 24.

[0048] Afin de préserver la stabilité du compresseur 4, le carter externe 28 est muni de dispositifs générateurs 32 de contre-vortex, chacun associé à une rangée d' aubes rotoriques 24. Chaque contre-vortex est un vortex. Eventuellement, une ou seules certaines rangée(s) d' aubes rotoriques 24 sont munies de dispositifs générateurs 32.

[0049] La figure 3 esquisse une vue en plan d' une portion de compresseur. Le compresseur peut correspondre à celui de la figure 2. Une aube rotorique 24 est représentée à distance axialement d' un orifice d' injection 34. Un vortex de fuite 36 se propage à partir de la tête de l' aube rotorique.

[0050] Le dispositif 32 présente un orifice d' injection 34 de contre-vortex 38. Ce contre-vortex 38 tourne dans le sens opposé au sens de rotation du vortex de fuite 36 de l' aube. Lorsqu' ils se rencontrent, le vortex de fuite 36 est amoindri et son effet est contré. L' orifice d' injection 34 peut comprendre des ailettes 40. Les ailettes 40 peuvent être hélicoïdales et réparties angulairement à l' intérieur de l' orifice 34. Leurs pas, leurs écartements, leurs hauteurs et leurs longueurs permettent de conférer une composante rotationnelle à un flux traversant l' orifice. Un vortex tout comme un contre-vortex est entendu comme un écoulement en spirale avec un axe d' enroulement, formant éventuellement plusieurs spires successives et cohérentes.

[0051] L' air traversant l' orifice d' injection 34 peut être prélevé en aval dans le compresseur. Il peut également être issu de tout autre endroit de la turbomachine. Des moyens peuvent permettre une alimentation discontinue, par exemple pour permettre une injection d' un contre-vortex vers un vortex de fuite. Ainsi, l' invention propose une méthode pour combattre les vortex de fuite en leur opposant des contre-vortex 38 qui sont injectés localement et périodiquement.

[0052] La figure 4 esquisse un dispositif générateur

132 de contre-vortex 138 selon un deuxième mode de réalisation de l' invention. Cette figure 4 reprend la numérotation des figures précédentes pour les éléments identiques ou similaires, la numération étant toutefois incrémentée de 100. Des numéros spécifiques sont utilisés pour les éléments spécifiques à ce mode de réalisation. L' axe de rotation 114 est représenté en guise de repère.

[0053] Le dispositif générateur 132 comporte un collecteur d' air pressurisé 142, et des orifices permettant de prélever et d' injecter de l' air pressurisé. Le collecteur 142 peut former une cavité annulaire entourant la rangée d' aubes rotoriques 124 et d' acheminer de l' air de l' aval vers l' amont. Le collecteur 142 peut être délimité par le carter 128, éventuellement sous la forme d' une virole externe, et/ou une coquille externe 144 rapportée contre le carter 128. Le collecteur 142 et/ou la coquille 144 peuvent s' étendre axialement tout le long de la rangée d' aubes 124, en s' étendant du bord d' attaque au bord de fuite. Les orifices d' injection peuvent être regroupés en jeux d' au moins deux orifices pour former un contre-vortex. Ils peuvent alors former un module d' injection.

[0054] Le dispositif générateur 132 comporte plusieurs orifices d' injection, dont un orifice amont d' injection 134 et un orifice aval d' injection 146. Ils sont en communication avec l' orifice de prélèvement 148 via le collecteur 142. Lors du passage d' une aube 124 au niveau de l' orifice de prélèvement 148, l' augmentation de pression entraîne un écoulement au travers du collecteur 142. Cet écoulement rentre par l' orifice de prélèvement 148 puis ressort par les orifices d' injection (134 ; 146). La pression dans le collecteur 142 peut donc être oscillante en raison du passage répété des aubes 124.

[0055] Le dispositif 132 selon ce mode de réalisation peut être passif en ce sens qu' il ne nécessite pas d' apport d' énergie externe. Le simple passage d' une aube 124 suffit à le rendre opérationnel grâce à la variation de pression. La fiabilité et l' économie d' énergie sont optimisées.

[0056] La figure 5 esquisse une vue en plan d' une partie du compresseur selon le deuxième mode de réalisation de l' invention. Un ensemble avec une portion de rotor et une portion de carter représentée par des orifices (134 ; 146) est illustré. L' axe de rotation 114 est représenté en guise de repère.

[0057] L' orifice amont d' injection 134 et l' orifice aval d' injection 146 peuvent se chevaucher axialement et/ou selon la circonférence. Ils peuvent présenter des formes rectangulaires. Leur décalage, les inclinaisons de leurs directions de sortie respectives favorisent la naissance d' un contre-vortex 138. Par exemple, les flux injectés s' enroulent l' un sur l' autre, éventuellement en combinaison du flux primaire.

[0058] La figure 6 représente une coupe axiale du carter 128. La coupe est effectuée le long de l' axe de rotation 114. Les orifices (134 ; 146) peuvent correspondre à ceux tracés sur la figure 5.

[0059] Les orifices d' injection (134 ; 146) sont formés dans l' épaisseur de la paroi du carter 128, en la traversant

radialement. Ils peuvent être inclinés l'un par rapport à l'autre, et/ou inclinés par rapport à des droites perpendiculaires 149 à l'axe de rotation 114 selon des angles différents. Par inclinaison d'un orifice, on peut considérer la direction du flux qui le traverse, et/ou la direction de son axe médian 150. L'orifice amont 134 peut être incliné par rapport à une perpendiculaire 149 à l'axe de rotation 114 d'un angle α_1 compris entre 30° et 50°. L'orifice aval 146 peut être incliné dans le même sens, mais d'un angle inférieur ; par exemple un angle α_2 compris entre 25° et 45°

[0060] La figure 7 représente une coupe transversale du carter 128 au niveau d'un dispositif générateur 132. La coupe transversale est selon un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. Les orifices (134 ; 146) peuvent correspondre à ceux tracés sur la figure 5 et/ou la figure 6.

[0061] Les orifices d'injection (134 ; 146) sont inclinés sans le plan perpendiculaire. Ils peuvent être inclinés l'un par rapport à l'autre, et/ou inclinés par rapport à une perpendiculaire 149 à l'axe de rotation 114 selon des angles différents. Par exemple, l'orifice amont 134 est incliné par rapport à une perpendiculaire 149 d'un angle β_1 compris entre 25° et 50° dans le sens opposé au sens de rotation. Optionnellement, l'orifice aval 146 est incliné par rapport à une perpendiculaire 149 d'un angle β_2 compris entre 25° et 50° dans le sens de rotation du rotor.

[0062] La figure 8 esquisse une coupe de dispositif générateur 232 selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 8 reprend la numérotation des figures précédentes pour les éléments identiques ou similaires, la numérotation étant toutefois incrémentée de 200. Des numéros spécifiques sont utilisés pour les éléments spécifiques à ce mode de réalisation. L'axe de rotation 214 est représenté en guise de repère.

[0063] Le dispositif générateur 232 peut généralement être similaire à celui du deuxième mode de réalisation de l'invention. Il comporte en outre un bloc de matière 252 accolé au collecteur 242, ou du moins à la coquille 244. Le bloc 252 peut être fixé au carter 228 et présenter deux canaux 254 chacun en communication avec le collecteur 242. Les canaux (234 ; 246) injectent chacun des flux orientés dans le flux primaire. L'ajout de ce bloc 252 permet de mieux guider les flux, et donc mieux former un contre-vortex 238. Le bloc 252 peut être annulaire ou en forme d'arc de cercle. Il peut être réalisé par fabrication additive pour former des canaux 254 présentant des géométries complexes. En effet, la courbure et la section des canaux 254 peuvent évoluer.

[0064] La figure 9 esquisse un dispositif générateur 332 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention. Cette figure 9 reprend la numérotation des figures précédentes pour les éléments identiques ou similaires, la numérotation étant toutefois incrémentée de 300. Des numéros spécifiques sont utilisés pour les éléments spécifiques à ce mode de réalisation.

[0065] Les orifices d'injection (334 ; 346) peuvent être généralement similaires à ceux du deuxième et/ou du troisième mode de réalisation. Chaque orifice (334 ; 346)

peut être alimenté à l'aide d'un canal 354 dédié. Le dispositif 332 peut comprendre plusieurs orifices de prélèvement 348, chacun en communication fluïdique à l'aide d'un canal 354 dédié. Ces canaux peuvent être formés à l'aide de tuyaux, ou dans un bloc de matière. Les canaux 354 peuvent se croiser. Ils peuvent être disposés à l'extérieur du carter 328.

[0066] Alternativement, plusieurs canaux communiquent avec un même orifice de prélèvement et/ou avec plusieurs orifice d'injection.

Revendications

1. Ensemble pour turbomachine axiale (2), notamment pour compresseur (4 ; 6) de turbomachine axiale, l'ensemble comprenant :

- un rotor (12) avec au moins une rangée annulaire d'aubes rotoriques (24 ; 124),
- un carter statorique (28 ; 128 ; 228 ; 328) entourant la rangée d'aubes rotoriques (24 ; 124),

l'ensemble étant configuré de sorte que lors du fonctionnement de la turbomachine (2), le déplacement des aubes (24 ; 124) crée des vortex de fuite (36) entre le carter (28 ; 128 ; 228 ; 328) et les aubes (24 ; 124) ;

caractérisé en ce que

le carter (28 ; 128 ; 228 ; 328) comprend un dispositif générateur (32 ; 132 ; 232 ; 332) de contre-vortex (38 ; 138 ; 238) au niveau des vortex de fuite (36), le dispositif (32 ; 132 ; 232 ; 332) étant configuré de sorte qu'en fonctionnement les contre-vortex (38 ; 138 ; 238) tournent sur eux même dans le sens inverse au sens de rotation des vortex de fuite (36).

2. Ensemble selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque dispositif générateur (32 ; 132 ; 232 ; 332) de contre-vortex (38 ; 138 ; 238) est configuré de sorte à ce qu'en fonctionnement les contre-vortex (38 ; 138 ; 238) présentent des axes de rotation principalement parallèles aux vortex de fuite (36), chaque dispositif générateur (32 ; 132 ; 232 ; 332) de contre-vortex (38 ; 138 ; 238) étant préférentiellement implanté sur le carter (28 ; 128 ; 228 ; 328).
3. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** le dispositif générateur de contre-vortex (38 ; 138 ; 238) comprend des modules d'injection à orifice, préférentiellement le carter (28 ; 128 ; 228 ; 328) comprend plusieurs modules d'injection répartis angulairement autour du rotor (12).
4. Ensemble selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'** au moins un ou chaque module d'injection comprend au moins un orifice d'injection (34 ; 134 ; 146 ; 234 ; 246 ; 334 ; 346) disposé en amont de la

rangée d' aubes rotoriques (24 ; 124).

5. Ensemble selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'** au moins un ou chaque orifice d' injection (34) comprend des ailettes (40) internes configurées pour générer un contre-vortex (38) à partir d' un flux traversant ledit orifice (34), éventuellement au moins un ou plusieurs modules comprennent plusieurs orifices d' injection (34) à ailettes internes (40) configurées pour générer des contre-vortex (38). 5
6. Ensemble selon l'une des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce qu'** au moins un ou chaque module d' injection comprend un jeu d' orifices d' injection (134 ; 146 ; 234 ; 246 ; 334 ; 346) inclinés les uns par rapport aux autres de sorte à former un contre-vortex (38 ; 138 ; 238) à partir d' un flux issu desdits orifices d' injection du jeu. 10
7. Ensemble selon l'une des revendications 3 à 6, **caractérisé en ce qu'** au moins un ou chaque module d' injection (134 ; 146 ; 234 ; 246 ; 334 ; 346) comprend au moins un orifice d' injection amont (134 ; 234 ; 334) et un orifice d' injection aval (146 ; 246 ; 346) qui sont décalés axialement et/ou selon la circonférence du carter (128 ; 228 ; 328); lesdits orifices (134 ; 146 ; 234 ; 246 ; 334 ; 346) étant inclinés les uns par rapport aux autres selon un plan axial et/ou par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de rotation (114 ; 214) du rotor. 15
8. Ensemble selon l'une des revendications 3 à 7, **caractérisé en ce qu'** au moins un ou chaque module d' injection (32 ; 132 ; 232 ; 332) comprend des moyens de prélèvement d' air, notamment un orifice de prélèvement d' air (148 ; 348), éventuellement disposé en aval de la rangée d' aubes (124). 20
9. Ensemble selon l'une des revendications 3 à 8, **caractérisé en ce qu'** au moins un ou chaque module d' injection comprend une paire de canaux (254 ; 354) reliant chacun un orifice d' injection (134 ; 146 ; 234 ; 246 ; 334 ; 346) en amont des aubes à un orifice de prélèvement (148 ; 348) en aval des aubes (24 ; 124), préférentiellement les canaux (354) de chaque paire se croisent. 25
10. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le dispositif générateur (32 ; 132 ; 232 ; 332) de contre-vortex (38 ; 138 ; 238) comprend un bloc (252) venu de matière dans lequel au moins un ou plusieurs canaux (254 ; 354) sont ménagés, préférentiellement le bloc de matière (252) s' étend sur toute la longueur axiale de la au moins une rangée annulaire d' aubes rotoriques (24 ; 124). 30

11. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 10, **ca-** 35

ractérisé en ce qu' il comprend des moyens de commande pour générer des contre-vortex (38 ; 138 ; 238) de manière alternative selon une fréquence qui est fonction de la vitesse de rotation du rotor (12), le déclenchement de la génération d' un contre-vortex (38 ; 138 ; 238) dépendant éventuellement de la proximité d' une aube (24 ; 124) par rapport à un dispositif générateur (32 ; 132 ; 232 ; 332).

12. Turbomachine (2) comprenant un ensemble, **caractérisée en ce que** l'ensemble est conforme à l'une des revendications 1 à 11 ; préférentiellement le rotor (12) comprend plusieurs rangées annulaires d' aubes (24 ; 124) et l'ensemble comporte plusieurs dispositifs générateurs (32 ; 132 ; 232 ; 332) de contre-vortex (38 ; 138 ; 238). 40

13. Méthode de contrôle de la stabilité d' un compresseur (4 ; 6) de turbomachine (2), notamment d' un compresseur basse pression (4), le compresseur (4 ; 6) comprenant : 45

- un rotor (12) avec au moins une rangée annulaire d' aubes rotoriques (24 ; 124),
- un carter (28 ; 128 ; 228 ; 328) entourant la rangée d' aubes rotoriques (28 ; 128 ; 228 ; 328), 50

lors du fonctionnement de la turbomachine (2), le déplacement des aubes (28 ; 128 ; 228 ; 328) crée des vortex de fuite (36) entre le carter et les aubes (24 ; 124);

caractérisée en ce que

la méthode comprend la génération de contre-vortex (38 ; 138 ; 238) vers les vortex de fuite (36) et tournant dans le sens inverse des vortex de fuite (36) afin de les limiter, la turbomachine étant éventuellement conforme à la revendication 12. 55

14. Méthode selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** les contre-vortex (38 ; 138 ; 238) générés sont générés de manière discontinue, notamment à l'approche d' un vortex de fuite (36). 60

15. Méthode selon l'une des revendications 13 à 14, **caractérisée en ce que** les contre-vortex (36) générés sont injectés vers l'aval, notamment vers les vortex de fuite (36). 65

FIG 1

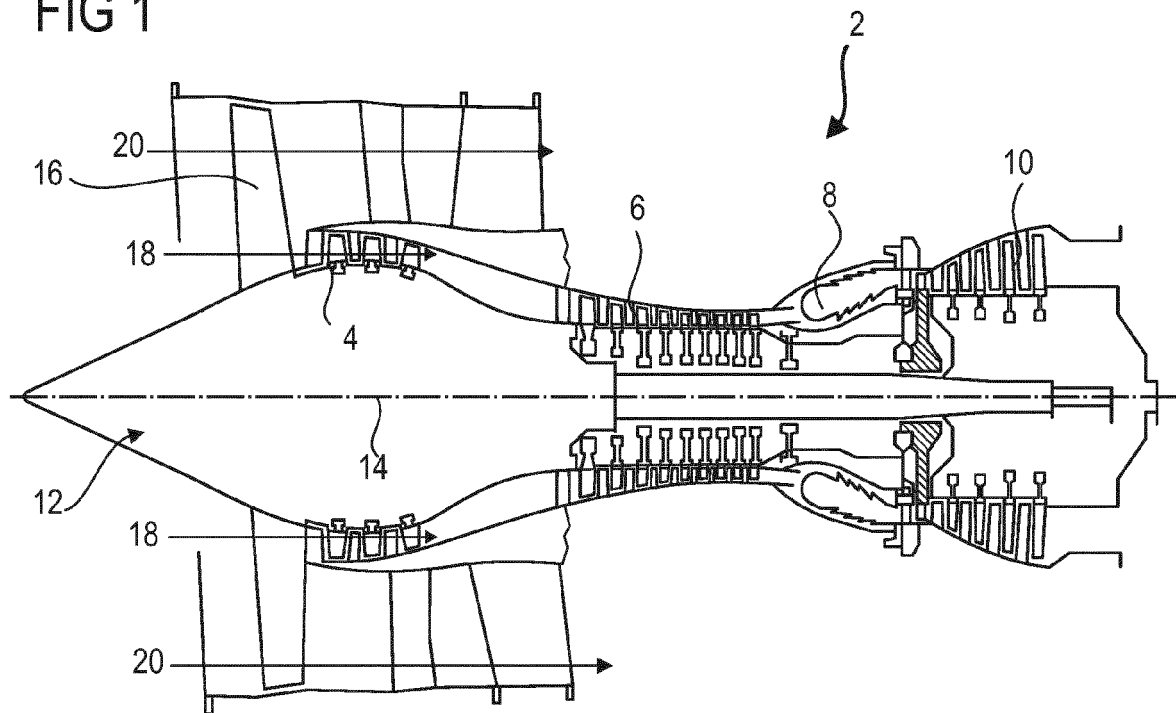


FIG 2

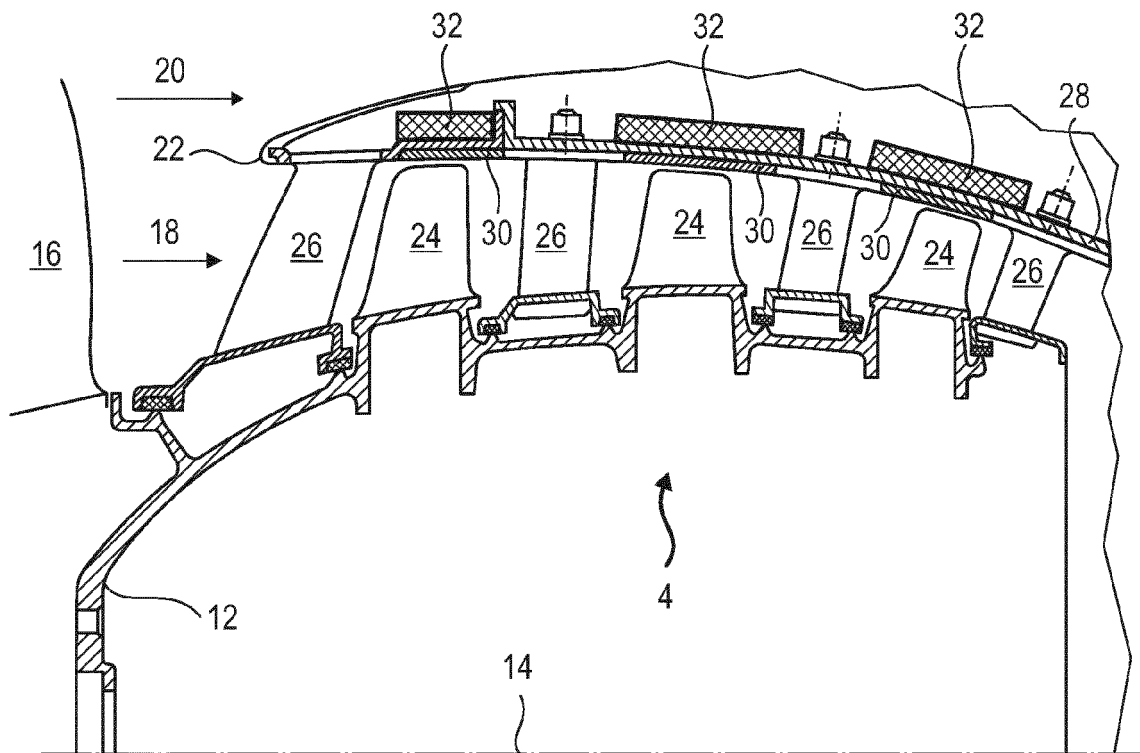


FIG 3

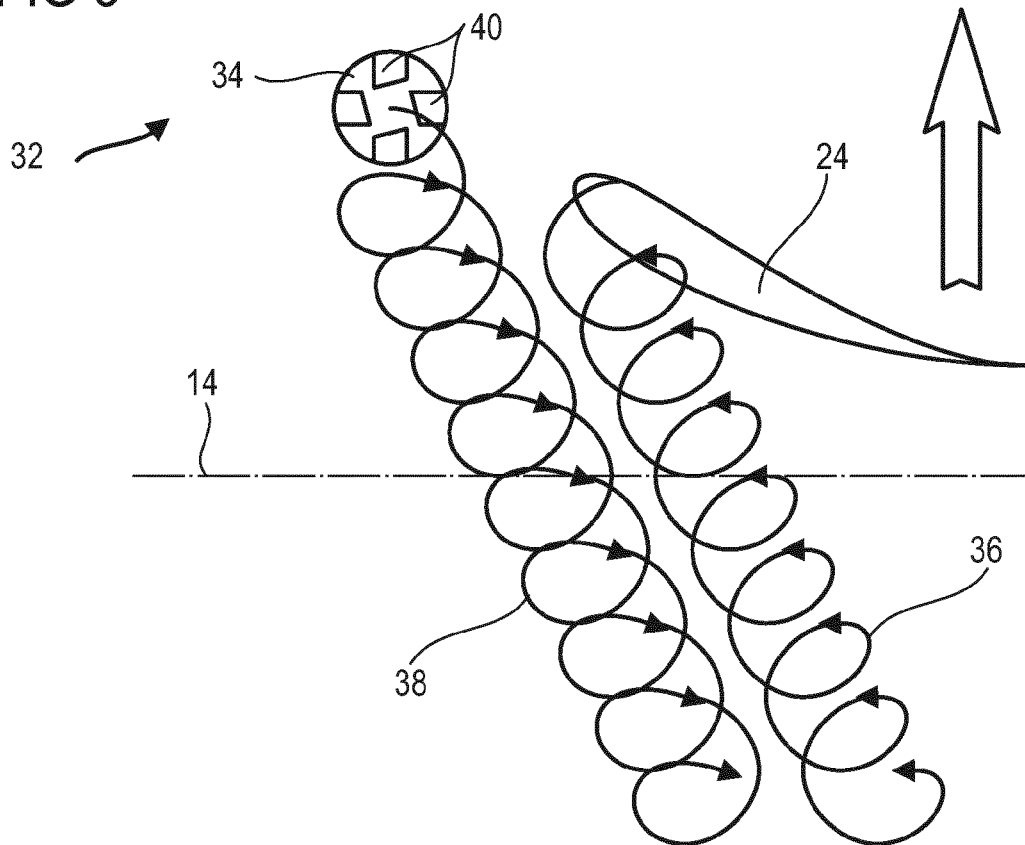


FIG 4

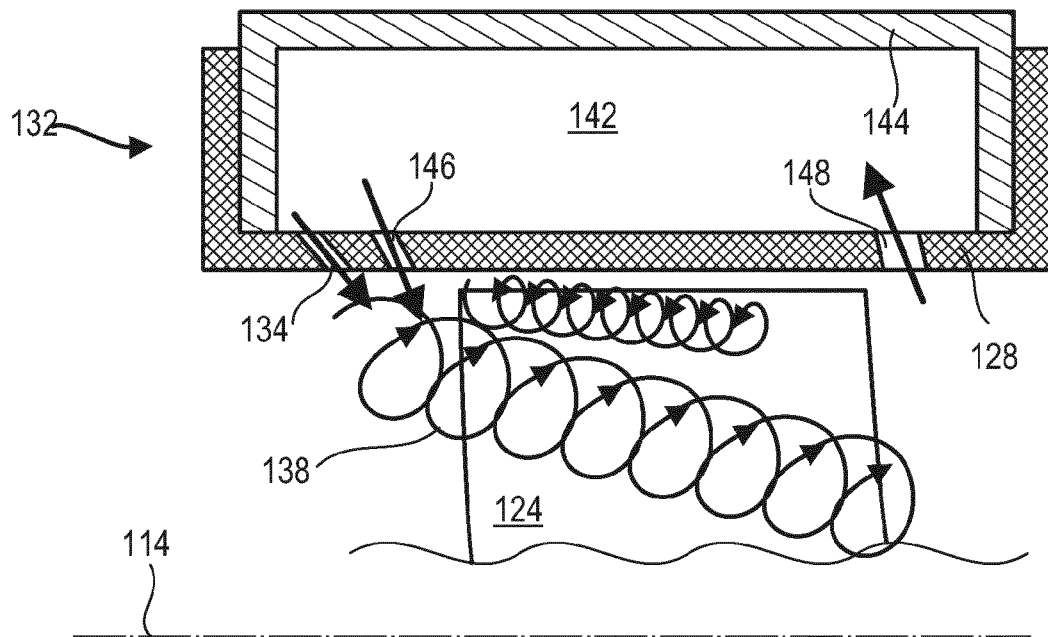


FIG 5

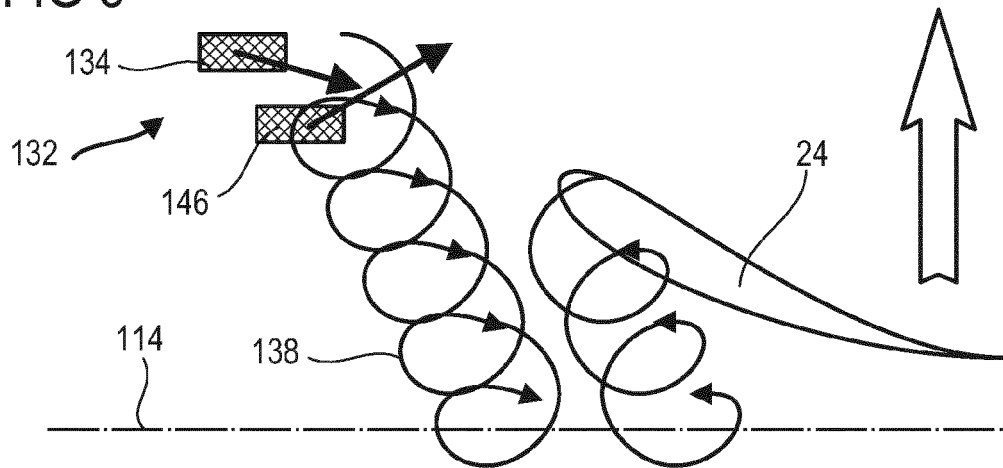


FIG 6

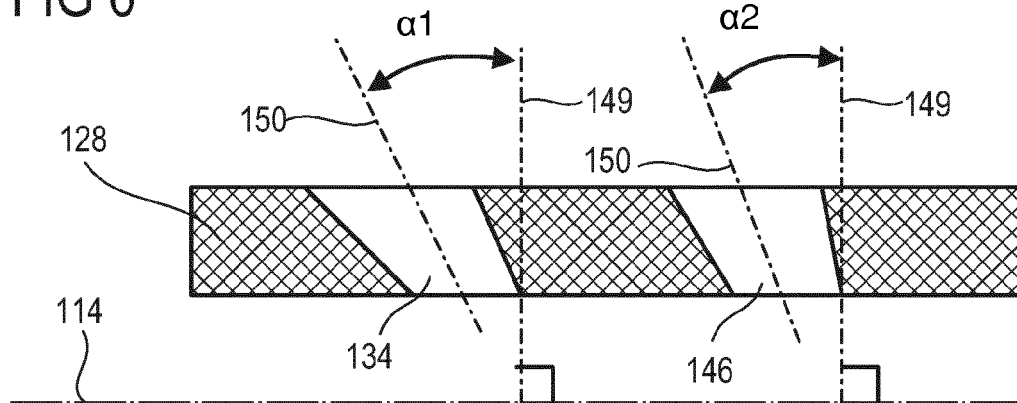


FIG 7

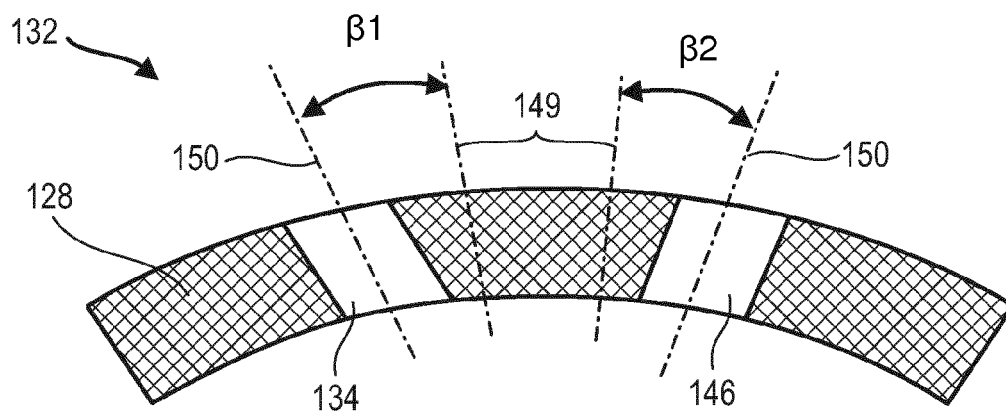


FIG 8

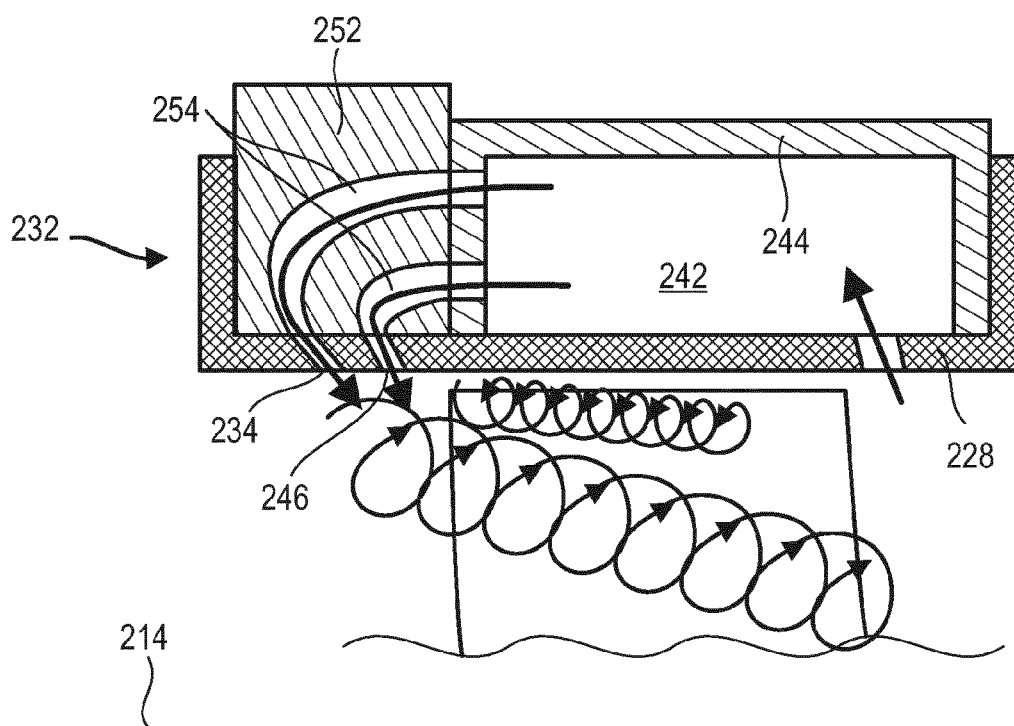
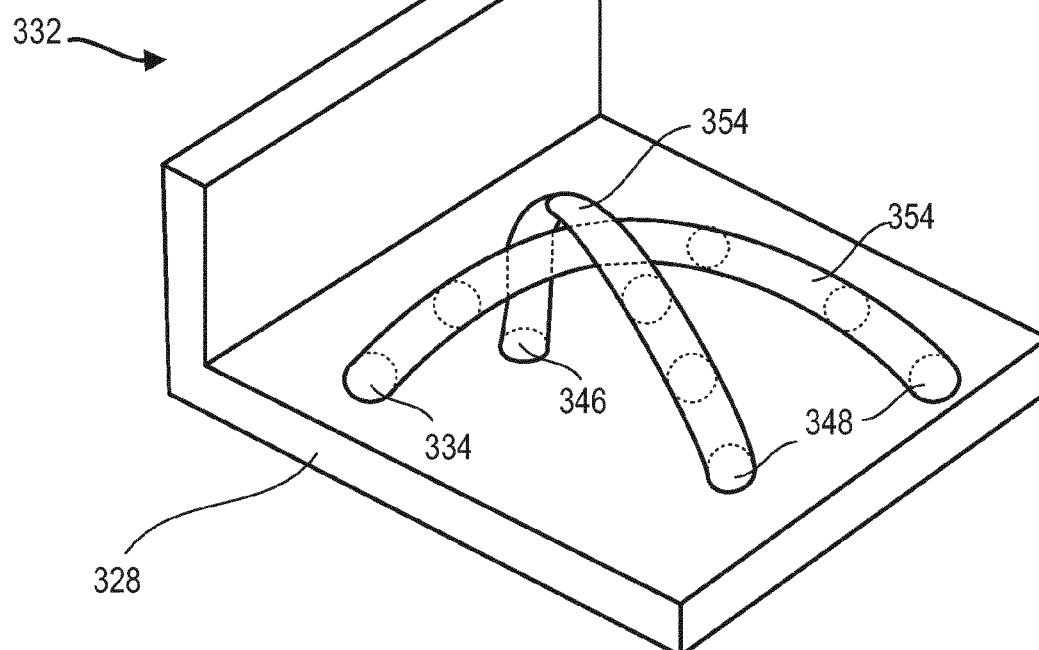


FIG 9





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 17 4588

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 A	EP 2 778 427 A2 (PRATT & WHITNEY CANADA [CA]) 17 septembre 2014 (2014-09-17) * alinéas [0001] - [0003] * * alinéas [0011] - [0016] * * alinéas [0021] - [0022] * * revendications 1-2,6; figures 1-4 *	1-4, 10-15 5-9	INV. F04D27/02 F04D29/52 F04D29/68
X A	EP 2 728 196 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 7 mai 2014 (2014-05-07) * alinéas [0001] - [0004] * * alinéas [0018] - [0019] * * alinéas [0036] - [0037] * * alinéas [0045] - [0050] * * revendications 1,7-8,13-14; figures 1,2,4,8 *	1-4,9-15 5-8	
X A	EP 2 108 784 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 14 octobre 2009 (2009-10-14) * alinéas [0001] - [0002] * * alinéa [0016] * * alinéas [0022] - [0027] * * alinéa [0038] * * revendications 1-2,7,9-10; figures 1,3b,4 *	1-4, 10-15 5-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F01D F04D
X A	EP 1 862 641 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5 décembre 2007 (2007-12-05) * alinéa [0001] * * alinéa [0005] * * alinéas [0026] - [0037] * * revendications 1,8-11; figures 1-4 *	1-5, 10-15 6-9	
		-/--	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 novembre 2016	Examineur Nicolai, Sébastien
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 17 4588

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 2 151 582 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 10 février 2010 (2010-02-10)	1-4,9,10,12,13,15	
A	* alinéas [0001] - [0006] * * alinéas [0010] - [0012] * * alinéa [0042] * * alinéas [0049] - [0050] * * alinéa [0057] * * figures 3a,3c,3l *	5-8,11,14	
X	DE 10 2012 100339 A1 (UNIV DER BUNDESWEHR MUENCHEN [DE]) 18 juillet 2013 (2013-07-18)	1-4,11-13,15	
A	* alinéa [0001] * * alinéa [0021] * * alinéas [0026] - [0040] * * alinéa [0104]; revendications 1,3,4,8,11; figures 3,4 *	5-10,14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 novembre 2016	Examineur Nicolai, Sébastien
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 16 17 4588

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.

02-11-2016

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2778427 A2	17-09-2014	CA 2846374 A1 EP 2778427 A2 US 2014271108 A1	14-09-2014 17-09-2014 18-09-2014
EP 2728196 A2	07-05-2014	EP 2728196 A2 US 2014119883 A1	07-05-2014 01-05-2014
EP 2108784 A2	14-10-2009	DE 102008017844 A1 EP 2108784 A2 US 2009252596 A1	15-10-2009 14-10-2009 08-10-2009
EP 1862641 A1	05-12-2007	CA 2653836 A1 CN 101460707 A EP 1862641 A1 EP 2024606 A1 ES 2399292 T3 JP 5064494 B2 JP 2009539015 A KR 20090018704 A RU 2008152083 A US 2009290974 A1 WO 2007141160 A1	13-12-2007 17-06-2009 05-12-2007 18-02-2009 27-03-2013 31-10-2012 12-11-2009 20-02-2009 20-07-2010 26-11-2009 13-12-2007
EP 2151582 A2	10-02-2010	DE 102008037154 A1 EP 2151582 A2 US 2010034637 A1	11-02-2010 10-02-2010 11-02-2010
DE 102012100339 A1	18-07-2013	CN 104114875 A DE 102012100339 A1 EP 2805059 A1 US 2014356128 A1 WO 2013107489 A1	22-10-2014 18-07-2013 26-11-2014 04-12-2014 25-07-2013

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

- US 20110299979 A1 [0004]
- EP 2778427 A2 [0005]