

(19)



(11)

EP 3 409 902 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
05.12.2018 Bulletin 2018/49

(51) Int Cl.:
F01D 11/00 (2006.01) F01D 11/12 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18173133.2**

(22) Date de dépôt: **18.05.2018**

(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:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Safran Aero Boosters SA**
4041 Herstal (BE)

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

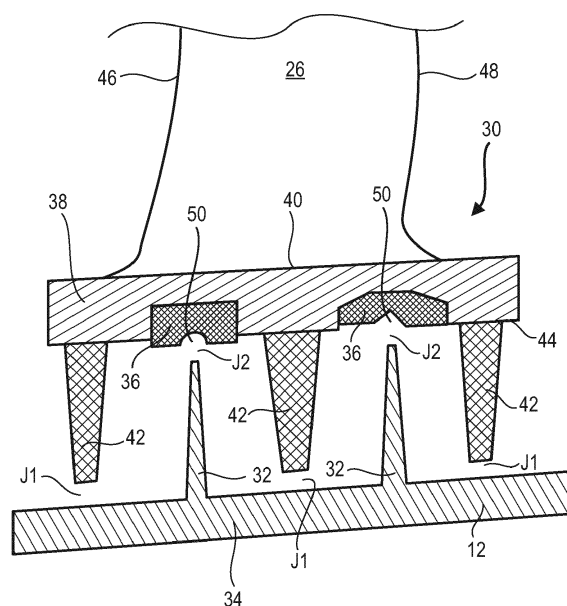
(74) Mandataire: **Lecomte & Partners**
P.O. Box 1623
1016 Luxembourg (LU)

(30) Priorité: **02.06.2017 BE 201705396**

(54) SYSTÈME D'ÉTANCHÉITÉ POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE

(57) L'invention propose un compresseur basse pression de turbomachine, tel un turboréacteur d'aéronef. Le compresseur comprend un rotor (12) avec deux rangées d'aubes rotoriques entre lesquelles sont placées deux nervures annulaires (32) ; une rangée annulaire d'aubes statoriques (26) entre les aubes rotoriques. Une virole interne (30) est reliée aux aubes statorique.

La virole interne comprend du matériau abrasable coopérant avec les nervures annulaires, et des dents annulaires (42) réalisées en matériau abrasable qui s'étendent radialement vers le rotor (12) afin d'assurer une étanchéité. L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un compresseur de turboréacteur double flux.

FIG. 3

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte à l'étanchéité dans un compresseur de turbomachine axiale, notamment au niveau d'une virole interne. L'invention a également trait à une turbomachine axiale, tel un turboréacteur d'avion ou un turbopropulseur d'aéronef. L'invention propose également un procédé de fabrication d'un compresseur.

Technique antérieure

[0002] Le taux de compression en sortie d'un compresseur de turboréacteur dépend de l'étanchéité entre les viroles et le rotor. Cette étanchéité doit s'adapter aux vibrations comme aux ingestions lorsqu'il s'agit d'un compresseur basse pression. La force centrifuge et la dilatation restent des contraintes qui s'ajoutent aux précédentes.

[0003] Le document EP 3 023 595 A1 divulgue un turboréacteur équipé d'un compresseur basse pression où des viroles internes limitent les fuites autour du rotor. Chaque virole interne ou chaque segment de virole interne comprend: une paroi circulaire ou semi-circulaire dont le profil s'étend principalement axialement ; et une rangée d'ouvertures formées dans la paroi axiale. Chaque ouverture présente des bords opposés destinés à être disposés latéralement de part et d'autre d'une aube statorique positionnée dans ladite ouverture en vue de sa fixation. En outre, la paroi comprend une bride radiale qui traverse les ouvertures selon la direction circonférentielle de la virole ou du segment de virole, de sorte à former un lien mécanique au sein de chaque ouverture pour en lier les bords opposés.

Résumé de l'invention

Problème technique

[0004] L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif de pouvoir réduire les fuites dans un compresseur. L'invention a également pour objectif de proposer une solution simple, résistante, légère, économique, fiable, facile à produire, commode d'entretien, d'inspection aisée, et améliorant le rendement.

Solution technique

[0005] L'invention a pour objet un compresseur de turbomachine, notamment un compresseur basse pression de turbomachine, le compresseur comprenant : un rotor avec au moins une nervure annulaire ; une rangée annulaire d'aubes statoriques ; une virole interne reliée aux aubes statoriques et comprenant au moins une couche de matériau abrasable apte à coopérer avec la ou

une nervure annulaire du rotor afin d'assurer une étanchéité ; remarquable en ce que la virole interne comprend au moins une dent annulaire réalisée en matériau abrasable et s'étendant radialement vers le rotor.

[0006] Selon des modes avantageux de l'invention, le réservoir peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- 10 - La dent annulaire et le rotor comprennent entre eux un premier jeu radial J1, la nervure annulaire et la virole interne comprennent entre elles un deuxième jeu radial J2 qui représente entre 50% et 150% du premier jeu radial J1.
- 15 - Le premier jeu radial J1 est égal au deuxième jeu radial J2.
- La dent annulaire comprend un profil de révolution trapézoïdal ou triangulaire. Le profil de révolution est considéré autour de l'axe de rotation du rotor.
- 20 - La dent annulaire est plus épaisse axialement que la nervure annulaire.
- La dent annulaire présente une hauteur radiale égale à la hauteur radiale de la nervure annulaire.
- La dent annulaire et la nervure annulaire se chevauchent radialement sur la majorité de leurs hauteurs radiales.
- 25 - Le matériau de la dent annulaire est différent de celui coopérant avec la nervure annulaire, et est éventuellement plus friable.
- 30 - Le matériau abrasable de la dent annulaire est le même que celui coopérant avec la nervure annulaire ; lesdits matériaux étant éventuellement venus de matière et/ou formant un ensemble monobloc.
- 35 - Le rotor comprend au moins deux rangées annulaires d'aubes rotoriques entre lesquelles est disposée axialement la dent annulaire, les au moins deux rangées annulaires d'aube rotoriques étant un ensemble monobloc.
- 40 - La virole interne comprend une surface annulaire interne d'où s'étend radialement la dent annulaire, ladite surface comprenant une gorge circulaire disposée axialement au niveau de la nervure annulaire.
- La virole interne comprend une paroi annulaire, éventuellement réalisée en un matériau composite.
- 45 - La paroi annulaire sépare radialement les aubes statoriques de la dent annulaire.
- La dent annulaire est une première dent annulaire, la virole interne comprenant d'autres, éventuellement au moins deux autres, dents annulaires réalisées en matériau abrasable et s'étendant radialement vers le rotor, les dents annulaires étant éventuellement réparties axialement le long de la virole interne.
- 50 - La nervure annulaire est une première nervure, le rotor comprenant en outre au moins une deuxième nervure annulaire, les nervures annulaires et la ou chaque dent annulaire formant une alternance.

- Le jeu radial J2 représente entre 80% et 120%, ou entre 90% et 110% du jeu radial J1.
- Le jeu J1 et/ou le jeu J2 représente au plus : 20%, ou 10%, ou 5% ; ou 3% de la hauteur radiale de la dent ou de la nervure respectivement.
- Le compresseur est à écoulement axial.
- La dent comprend une pointe circulaire orientée radialement vers l'intérieur.
- La nervure comprend une pointe circulaire orientée radialement vers l'extérieur.
- La dent présente un profil de révolution dont la hauteur radiale est supérieure à l'épaisseur axiale, éventuellement au moins : deux, ou trois, ou quatre, ou cinq fois supérieure à l'épaisseur axiale. Ces proportions peuvent s'appliquer au profil de révolution de la nervure annulaire.
- En fonctionnement, la dent tourne et/ou rentre dans la gorge.
- Le matériau abradable de la dent est un premier matériau, celui coopérant avec la nervure est un deuxième matériau qui est éventuellement de densité supérieure au, et/ou plus dur que le, premier matériau.
- Le rotor est un tambour monobloc avec une surface externe supportant chaque nervure annulaire.
- La paroi et la dent sont réalisées en des matériaux différents.
- Le rotor comprend une surépaisseur radiale en regard radialement de la dent, et/ou s'étendant radialement vers la dent.
- La dent et la nervure s'étendent sur la majorité de l'espace radial entre l'enveloppe du rotor et la surface interne de la virole. Ledit espace s'étend sur toute la longueur de la virole.
- La nervure présente une dureté supérieure à la dureté de la dent, éventuellement au moins : deux fois, ou cinq fois, ou dix fois supérieure. Les duretés peuvent être des duretés Vickers.

[0007] L'invention a également pour objet un compresseur de turbomachine comprenant : un rotor avec au moins une nervure annulaire ; une rangée annulaire d'aubes statoriques ; une virole interne reliée aux aubes statoriques qui comprend : au moins une couche de matériau abradable apte à coopérer avec la au moins une nervure annulaire du rotor, une dent annulaire réalisée en matériau abradable et s'étendant radialement vers le rotor, les jeux radiaux mesurés au niveau axialement de la nervure annulaire et de la dent annulaire étant égaux.

[0008] L'invention a également pour objet une turbomachine, notamment un turboréacteur d'aéronef, comprenant un compresseur, remarquable en ce que le compresseur est conforme à l'invention, préférentiellement la dent annulaire comprend un matériau organique tel un polymère.

[0009] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un compresseur de turbomachine, le procédé comprenant les étapes suivantes : (a) fourniture ou réalisation d'une rangée annulaire d'aubes statoriques ;

(b) fixation d'une virole interne à la rangée annulaire d'aubes statoriques, ladite virole interne comprenant du matériau abradable ; (d) positionnement du matériau abradable de la virole interne autour d'une nervure annulaire d'un rotor du compresseur ; remarquable en ce que préalablement à l'étape (d) positionnement il comprend une étape (c) ajout d'au moins une dent annulaire en matériau abradable à l'intérieur de la virole interne, à l'issue de l'étape (d) positionnement, le compresseur est éventuellement conforme à l'invention.

[0010] Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (c) ajout comprend une phase de moulage, ou de collage, ou de projection plasma de matériau abradable à l'intérieur de la virole interne ; à l'issue de l'étape (d) positionnement, le compresseur est éventuellement conforme à l'invention.

[0011] Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (c) ajout comprend une phase d'usinage de l'abradable afin d'y tailler la dent annulaire.

[0012] Selon un mode avantageux de l'invention, à l'issue de la phase de moulage, ou de collage, l'abradable forme la dent annulaire.

[0013] Les épaisseurs et/ou les hauteurs peuvent être des valeurs moyennes.

[0014] Les caractéristiques présentées en relation avec une dent annulaire peuvent s'appliquer à chaque dent annulaire. Le même s'applique aux nervures.

[0015] De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Chaque objet de l'invention est combinable aux autres objets, et les objets de l'invention sont également combinables aux modes de réalisation de la description, qui en plus sont combinables entre eux, selon toutes les combinaisons techniques possibles, à moins que le contraire soit explicitement précisé.

Avantages apportés

[0016] L'invention permet de créer d'autres lèchettes embarquées par la virole interne. Leur présence apporte un effet qui s'ajoute à celui du rotor, en amplifiant les tourbillons sous la virole pour freiner les écoulements secondaires. L'étanchéité est améliorée sans pénaliser l'inertie du rotor.

[0017] Par ailleurs, la réalisation des dents en matériau abradable respecte l'intégrité du rotor. Radialement deux niveaux d'étanchéité sont créés et agissent en série, tout en permettant une implantation qui respecte la compacité axiale et radiale.

Brève description des dessins

[0018]

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

La figure 2 est un schéma d'un compresseur de tur-

bomachine selon l'invention.

La figure 3 illustre un système d'étanchéité selon un premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 4 illustre un système d'étanchéité selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 5 est un diagramme du procédé de fabrication d'un compresseur de turbomachine selon l'invention.

Description des modes de réalisation

[0019] Dans la description qui va suivre, les termes « interne » et « 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. La direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'amont et l'aval sont en référence au sens d'écoulement principal du flux dans la turbomachine. Par matériau abrasable, on entend un matériau apte à s'effriter au contact du rotor afin de limiter l'usure de ce dernier.

[0020] 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 stator. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 8.

[0021] 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 susmentionnés de la turbomachine, et en 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. La soufflante peut être du type non carénée.

[0022] Le flux secondaire peut être accéléré de sorte à générer une réaction de poussée nécessaire au vol d'un avion. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont des flux annulaires coaxiaux et emmanchés l'un dans l'autre. Ils sont canalisés par le carter de la turbomachine et/ou des viroles.

[0023] La figure 2 est une vue en coupe d'un compresseur d'une turbomachine axiale telle que celle de la figure 1. Le compresseur peut être un compresseur basse-pression 4. On peut y observer le bec de séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées d'aubes rotoriques 24, en l'occurrence trois. Il peut être un tambour monobloc. Il

forme un solide reliant toutes ses rangées d'aubes. Eventuellement un, ou plusieurs, ou chacune des rangées d'aubes rotoriques 24 est rigidement liée au rotor, et donc au tambour le cas échéant. Alternativement, les aubes rotoriques sont à fixation par queue d'aronde.

[0024] 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 ou à une rangée d'aubes rotoriques pour redresser le flux d'air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression, notamment en pression statique.

[0025] 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. Le carter 28 peut être formé de deux demi-coquilles. Les rangées d'aubes statoriques 26 supportent des viroles internes 30 dont les surfaces externes guident le flux primaire 18. Les viroles internes 30 peuvent présenter un profil de révolution autour de l'axe de rotation 14. Elles assurent des étanchéités dynamiques avec le rotor 12, notamment en combinaison avec ses nervures annulaires, communément appelées léchettes. Elles minimisent les fuites en ce sens qu'elles autorisent un rapprochement avec le rotor, ledit rapprochement refermant les jeux mécaniques en fonctionnement. Ainsi, une virole et une portion de rotor 12 peuvent former un système d'étanchéité.

[0026] La figure 3 esquisse un système d'étanchéité tels que ceux de la figure 2. Sont visibles: une aube statorique 26 représentative de sa rangée, un tronçon axial de rotor 12, et une virole interne 30. La virole 30 peut être segmentée. Elle peut être réalisée en matériau composite à matrice organique renforcée par des fibres. Le système est ici représenté au repos, la vitesse de rotation des nervures 42 par rapport aux dents 32 étant nulle.

[0027] Le rotor 12 comprend au moins une, en l'occurrence deux nervures annulaires 32 qui s'étendent radialement vers l'extérieur depuis l'enveloppe 34 du rotor 12. L'enveloppe 34 peut correspondre à celle du tambour. Ces nervures 32 forment des lames circulaires avec des pointes circulaires en regard de la virole interne 30, notamment en regard radialement de couches de matériau abrasable 36 dédiées. Ces couches 36 peuvent être logées dans l'épaisseur radiale de la paroi annulaire 38 de la virole interne 30.

[0028] Radialement à l'opposé de la surface externe 40 de la virole 30, cette dernière présente au moins une dent annulaire 42, par exemple deux ou trois dents annulaires 42. Ces dents 42 s'étendent radialement depuis la surface interne 44 de la virole 30. Les dents 42 font saillie depuis cette surface interne 44.

[0029] Les dents 42 peuvent être réparties axialement sur la longueur de la virole 30, éventuellement de manière homogène. Celle en amont peut être au niveau axialement, ou en amont, du bord d'attaque 46 de l'aube 26. Celle en aval peut être au niveau axialement, ou en aval, du bord de fuite 48 de l'aube 26. Les dents 42 et

les nervures 32 forment une alternance, si bien qu'elles renferment des chambres annulaires entre le rotor 12 et la virole 30 ; lesdites chambres voient leurs arrêtes circulaires se refermer en fonctionnement, d'où l'amélioration de l'étanchéité, l'augmentation du taux de compression, et l'optimisation du rendement moteur.

[0030] Les dents 42 et les nervures 32 s'étendent radialement dans des sens opposés. Elles peuvent se croiser radialement. Elles peuvent se chevaucher radialement, éventuellement sur la majorité de leurs hauteurs radiales respectives. Leurs faces axiales, éventuellement planes ou sensiblement coniques, sont en regard axialement. Les dents 42 et les nervures 32 peuvent être de hauteurs égales ou similaires, s'est à dire avec une différence d'au plus: 10%, ou 5%.

[0031] Eventuellement, le ou plusieurs ou chaque jeu J1 subsistant radialement entre une des dents 42 et le rotor 12, plus précisément entre une des dents 42 et l'enveloppe 34, peut être égal à au moins un, ou plusieurs, ou chaque jeu J2 entre la virole 38 et l'une des nervures 32. Eventuellement, tous les jeux J1 sont égaux ; et/ou tous les jeux J2 sont égaux. Cet arrangement favorise l'étanchéité, et permet aux dents de jouer un rôle sensiblement équivalent aux nervures. Lorsque les dents se rapprochent radialement du rotor, les nervures réduisent leurs marges avec la virole simultanément. En cas de contact, d'un côté comme de l'autre, l'impact mécanique est maîtrisé puisque les dents peuvent s'effriter contre le rotor sans l'endommager.

[0032] Le matériau abrasable des dents 42 peut différer de celui des couches 36 radialement en face des nervures 32. Ainsi, des propriétés différentes peuvent être choisies. A titre d'exemple le premier matériau abrasable, employé dans les dents 42, peut être plus tendre que le deuxième qui est présent dans les couches 36. Cela préserve le rotor 12. Ces matériaux peuvent être des élastomères, éventuellement avec des concentrations de sphères creuses différentes, ou des teneurs en charges distinctes. Aussi, les dents peuvent être plus tendre que les nervures. Les nervures peuvent être en titane, et/ou avec une dureté Vickers supérieure ou égale à : 200 MPa, ou 900 MPa. La dureté Vickers des dents est inférieure ou égale à: 100 MPa, ou 10 MPa.

[0033] Les nervures 32 peuvent être plus fines axialement que les dents 42. Cela optimise l'occupation sous virole, optimise la masse tournante et la résistance mécanique.

[0034] Optionnellement, la virole interne 30 peut comprendre au moins une gorge circulaire 50, éventuellement une pour chaque nervure 32. Chaque gorge circulaire 50 est ouverte radialement vers l'intérieur, et peut recevoir la pointe circulaire d'une nervure 32. Chaque gorge 50 s'étend radialement dans un sens différent des dents 42, notamment depuis la surface interne 44. Ceci permet une meilleure fermeture des jeux en fonctionnement. Chaque jeu J2 peut être mesuré contre le fond de la gorge 50 correspondante. Optionnellement, les gorges 50 sont formées dans les couches 36.

[0035] La figure 4 représente un système d'étanchéité 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.

[0036] Ce système d'étanchéité est sensiblement identique à celui de la figure 3, il en diffère toutefois en ce que les dents annulaires 142 sont formées dans une même couche d'abrasable 136 qui coopère en outre avec les nervures 132.

[0037] Cette dernière est portée par la paroi 138 de la virole interne 130, et forme la surface interne 144. Les nombres de dents 142 et de nervure 132 changent également.

[0038] A nouveau les nervures 132 et les dents 142 sont placés par alternance. Les nervures 142 sont en regard de deux dents 132. Les hauteurs radiales de dents sont égales aux hauteurs des nervures.

[0039] Selon l'invention, il est envisageable de réaliser un compresseur mixte, c'est-à-dire qui comprend un ou plusieurs systèmes d'étanchéité selon la figure 3, et un ou plusieurs systèmes d'étanchéité selon la figure 4. Des gorges circulaires (non représentées) peuvent être ajoutées, notamment dans la couche 136.

[0040] La figure 5 esquisse un diagramme du procédé de fabrication d'un compresseur de turbomachine. Ce procédé peut être un procédé d'assemblage et/ou de mise en forme. Le compresseur peut correspondre à celui décrit en relation avec les figures 1 et 2, les systèmes d'étanchéité du compresseur étant par exemple suivant les enseignements des figures 3 et/ou 4.

[0041] Le procédé de fabrication du compresseur peut comprendre les étapes suivantes, éventuellement réalisées dans l'ordre qui suit:

- (a) fourniture ou réalisation 200 d'une rangée annulaire d'aubes, et montage de ces aubes au carter externe du compresseur ;
- (b) fixation 202 d'une virole interne à la rangée annulaire d'aube, ladite virole interne comprenant du matériau abrasable ;
- (c) ajout 204 d'au moins une ou de plusieurs dents annulaires en matériau abrasable à l'intérieur de la virole interne ;
- (d) positionnement 206 du matériau abrasable de la virole interne autour des nervures annulaires du rotor du compresseur.

[0042] L'étape (c) ajout 204 peut être une étape de réalisation ou de montage d'une dent à l'intérieur de la virole. L'étape (c) ajout 204 peut comprendre une phase d'application 208 de matériau abrasable dans la virole. La phase application 208 peut s'effectuer par moulage, ou collage, ou projection plasma.

[0043] Par la suite, l'étape (c) ajout 204 comprend une phase d'usinage 210 de l'abrasable afin d'y tailler la dent

annulaire. L'usinage peut être par tournage, notamment en plaçant la virole sur un mandrin. Dans ce cas, la phase d'application 208 tend à mettre en oeuvre une strate annulaire d'abradable en surépaisseur par rapport aux dents. La matière superflue est taillée pour ne garder que la matière propre aux dents.

[0044] En alternative ou en complément, la phase d'application 208 d'abradable permet de former directement une ou chaque dent. Eventuellement, une dent présente sa forme définitive, une autre montre un surplus de matière qui est enlevé, par découpe et/ou usinage.

Revendications

1. Compresseur (4 ; 6) de turbomachine (2), notamment un compresseur basse pression de turbomachine, le compresseur (4 ; 6) comprenant :

- un rotor (12) avec au moins une nervure annulaire (32 ; 132) ;
- une rangée annulaire d'aubes statoriques (26) ;
- une virole interne (30 ; 130) reliée aux aubes statoriques (26) et comprenant au moins une couche de matériau abradable (36 ; 136) apte à coopérer avec la au moins une nervure annulaire (32 ; 132) du rotor (12) ;

caractérisé en ce que

la virole interne (30 ; 130) comprend au moins une dent annulaire (42 ; 142) réalisée en matériau abradable et s'étendant radialement vers le rotor (12).

2. Compresseur (4 ; 6) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la dent annulaire (42 ; 142) et le rotor (12) comprennent entre eux un premier jeu radial J1, la nervure annulaire (32 ; 132) et la virole interne (30 ; 130) comprennent entre elles un deuxième jeu radial J2 qui représente entre 50% et 150% du premier jeu radial J1.
3. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la dureté Vickers de la nervure annulaire (32 ; 132) est supérieure à la dureté Vickers de la dent annulaire (42 ; 142).
4. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la dent annulaire (42 ; 142) présente une hauteur radiale égale à la hauteur radiale de la nervure annulaire (32 ; 132).
5. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le matériau de la dent annulaire (42) est différent de celui coopérant avec la nervure annulaire (32), et est éventuellement plus friable.

6. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le matériau abradable de la dent annulaire (142) est le même que celui coopérant avec la nervure annulaire (132) ; lesdits matériaux étant éventuellement venus de matière et/ou formant un ensemble monobloc.

7. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le rotor (12) comprend au moins deux rangées annulaires d'aubes rotoriques (24) entre lesquelles est disposée axialement la dent annulaire (42 ; 142), les au moins deux rangées annulaires d'aube rotoriques (24) formant un ensemble monobloc.

8. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la virole interne (30) comprend une surface annulaire interne (44) d'où s'étend radialement la dent annulaire (42), ladite surface interne (44) comprenant une gorge circulaire (50) disposée axialement au niveau de la nervure annulaire (32).

9. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la dent annulaire (42 ; 142) est une première dent annulaire, la virole interne (30 ; 130) comprenant d'autres, éventuellement au moins deux autres, dents annulaires réalisées en matériau abradable et s'étendant radialement vers le rotor (12), les dents annulaires étant éventuellement réparties axialement le long de la virole interne.

10. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la nervure annulaire (32 ; 132) est une première nervure, le rotor (12) comprenant en outre au moins une deuxième nervure annulaire, les nervures annulaires et la ou chaque dent annulaire (42 ; 142) formant une alternance.

11. Turbomachine (2), notamment un turboréacteur d'aéronef, comprenant un compresseur (4 ; 6) axial, **caractérisée en ce que** le compresseur (4 ; 6) est conforme à l'une des revendications 1 à 10, préférentiellement la dent annulaire (42 ; 142) comprend un matériau organique tel un polymère.

12. Procédé de fabrication d'un compresseur (4 ; 6) de turbomachine, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- (a) fourniture ou réalisation (200) d'une rangée annulaire d'aubes statoriques (26) ;
- (b) fixation (202) d'une virole interne (30 ; 130) à la rangée annulaire d'aubes statoriques (26), ladite virole interne (30 ; 130) comprenant du matériau abradable ;
- (d) positionnement (206) du matériau abradable

de la virole interne (30 ; 130) autour d'une nervure annulaire (32 ; 132) d'un rotor (12) du compresseur (4 ; 6);

caractérisé en ce que préalablement à l'étape (d) positionnement (206), il comprend une étape :

(c) ajout (204) d'au moins une dent annulaire (42 ; 142) en matériau abrasable à l'intérieur de la virole interne (30 ; 130) ; à l'issue de l'étape (d) positionnement (206), le compresseur (4 ; 6) est éventuellement conforme à l'une des revendications 1 à 10.

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** l'étape (c) ajout (204) comprend une phase (208) de moulage, ou de collage, ou de projection plasma de matériau abrasable à l'intérieur de la virole interne (30 ; 130).

14. Procédé selon l'une des revendications 12 à 13, **caractérisé en ce que** l'étape (c) ajout (204) comprend une phase d'usinage (201) de l'abrasable afin d'y tailler la dent annulaire (42 ; 142).

15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce qu'**à l'issue de la phase de moulage, ou de collage, l'abrasable forme la dent annulaire (42 ; 142).

FIG. 1

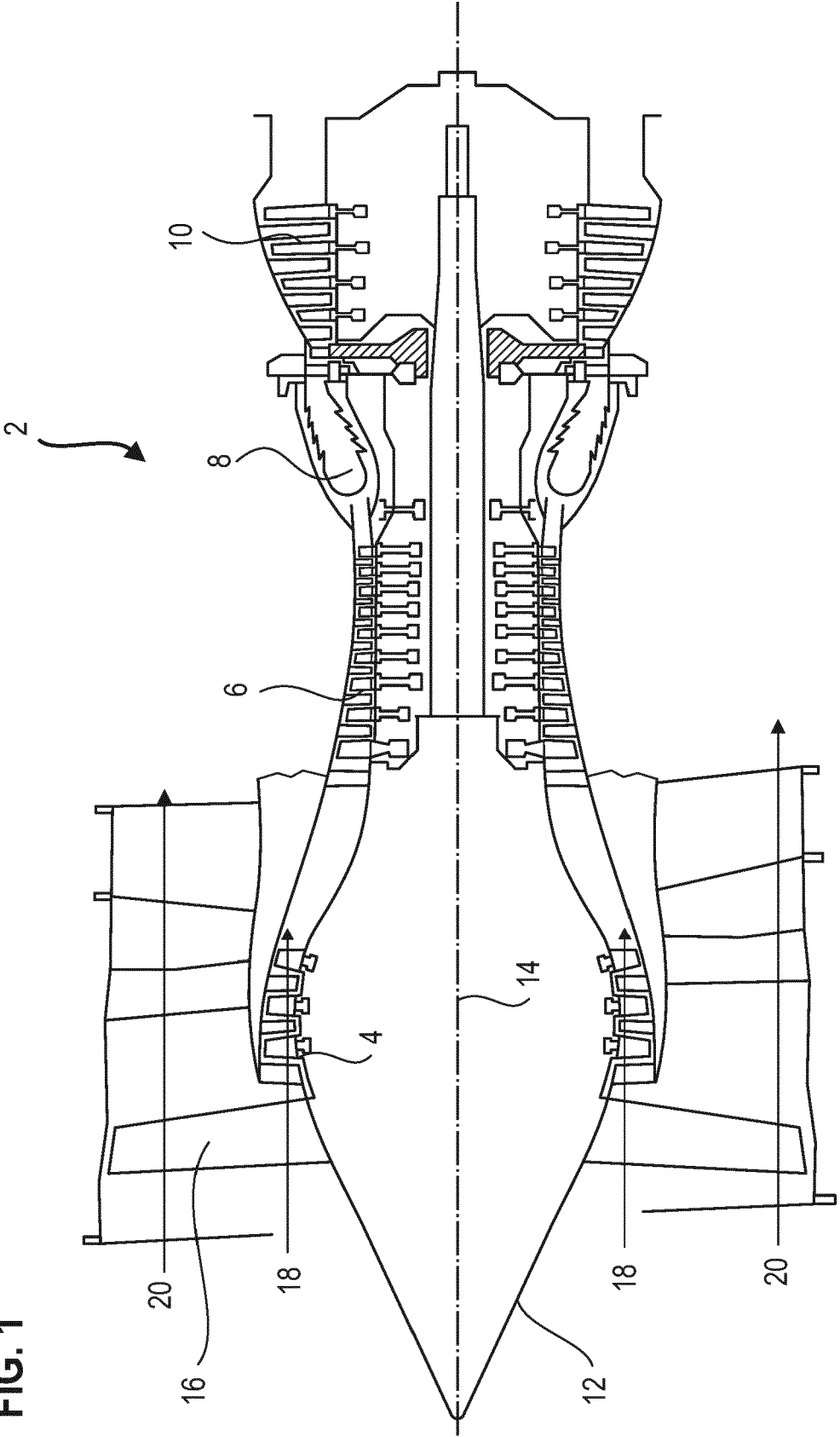


FIG. 2

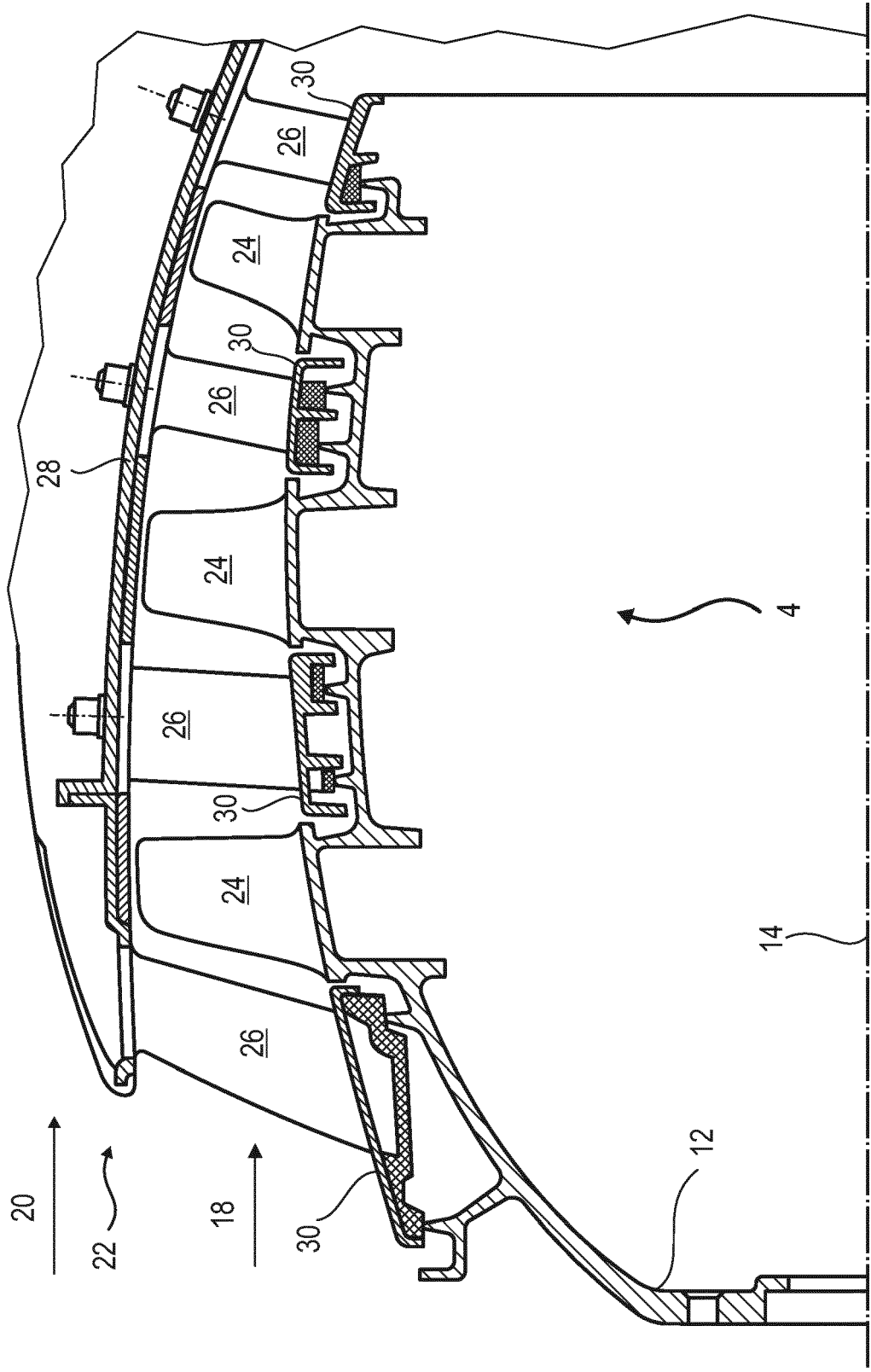


FIG. 3

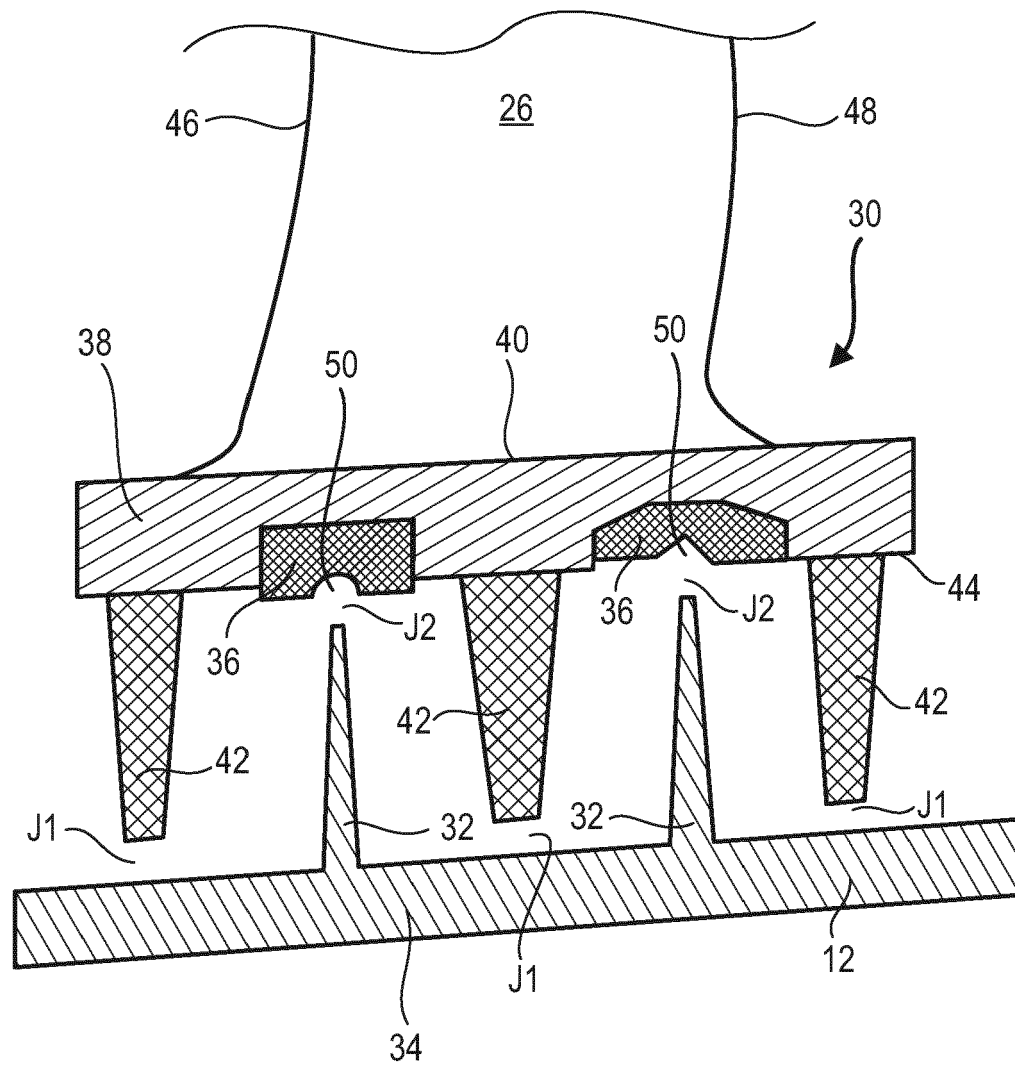


FIG. 4

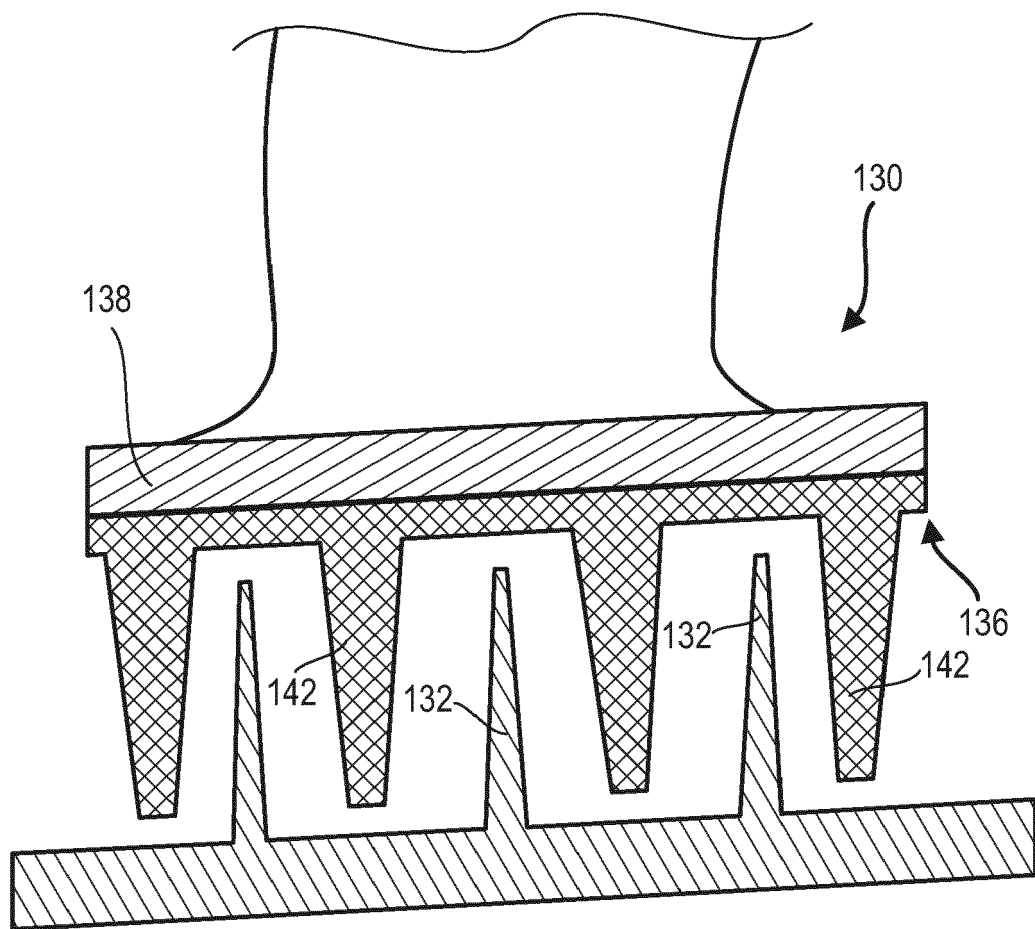
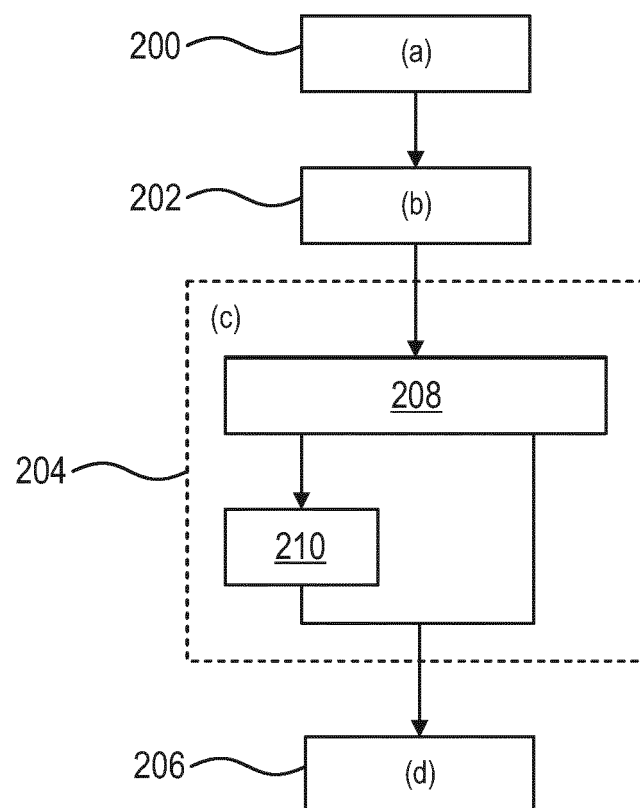


FIG. 5





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 17 3133

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)
A,D	EP 3 023 595 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 25 mai 2016 (2016-05-25) * le document en entier *	1-15	INV. F01D11/00 F01D11/12
A	US 2014/205444 A1 (ZHENG XIAOQING [US] ET AL) 24 juillet 2014 (2014-07-24) * le document en entier *	1-15	
A	WO 2016/059348 A1 (SNECMA [FR]; HERAKLES [FR]) 21 avril 2016 (2016-04-21) * le document en entier *	1-15	
A	EP 1 712 743 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 18 octobre 2006 (2006-10-18) * le document en entier *	1-15	
A	EP 3 073 055 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 28 septembre 2016 (2016-09-28) * le document en entier *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F01D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		29 juin 2018	Teissier, Damien
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 18 17 3133

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.

29-06-2018

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

EP 3023595 A1 25-05-2016 CA 2909256 A1 18-05-2016
CN 105604612 A 25-05-2016
EP 3023595 A1 25-05-2016
EP 3351736 A1 25-07-2018
RU 2015146074 A 16-05-2017
US 2016138413 A1 19-05-2016

20

US 2014205444 A1 24-07-2014 CH 707543 A2 31-07-2014
CN 103939151 A 23-07-2014
DE 102014100241 A1 24-07-2014
JP 6216643 B2 18-10-2017
JP 2014139436 A 31-07-2014
US 2014205444 A1 24-07-2014

25

WO 2016059348 A1 21-04-2016 BR 112017007761 A2 16-01-2018
CA 2966126 A1 21-04-2016
CN 107002690 A 01-08-2017
EP 3207221 A1 23-08-2017
US 2017226861 A1 10-08-2017
WO 2016059348 A1 21-04-2016

30

EP 1712743 A2 18-10-2006 CN 1847625 A 18-10-2006
EP 1712743 A2 18-10-2006
JP 2006291959 A 26-10-2006
US 2006228209 A1 12-10-2006

35

EP 3073055 A2 28-09-2016 EP 3073055 A2 28-09-2016
US 2016281531 A1 29-09-2016

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 3023595 A1 [0003]