

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 020 408

②1 N° d'enregistrement national : 14 53717

⑤1 Int Cl⁸ : F 02 C 7/28 (2013.01)

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.04.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.10.15 Bulletin 15/44.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BLANCHARD STEPHANE, PIERRE, GUILLAUME et ITO-LARDEAU YOUKI, OLIVIER.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA.

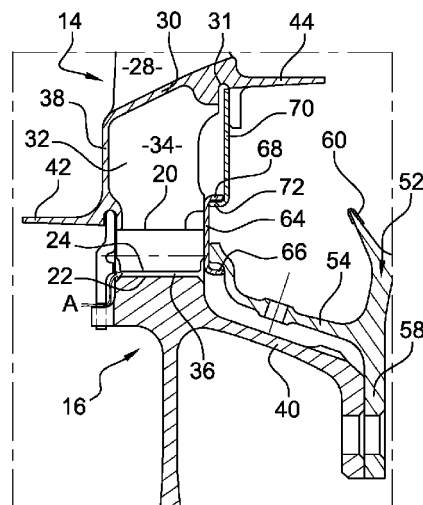
⑦4 Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-RAUD SAS Société par actions simplifiée.

⑤4 ENSEMBLE ROTATIF POUR TURBOMACHINE.

⑤7 L'invention concerne un ensemble rotatif pour turbomachine, comprenant :

- un disque (16) ayant une périphérie externe présentant une alternance d'alvéoles (22) et de dents (20),
- des aubes (14) s'étendant radialement depuis le disque (16) et dont des pieds (24) sont engagés axialement et retenus radialement dans les alvéoles (22) du disque,
- des plates-formes (30) s'étendant circonférentiellement depuis les aubes (14) et qui sont agencées circonférentiellement bout à bout, les unes vis-à-vis des autres,
- des moyens d'étanchéité axiale amont et/ou aval d'une zone annulaire s'étendant radialement depuis les plates-formes (30) jusqu'au disque.

Selon l'invention, les moyens d'étanchéité comprennent radialement une partie annulaire interne (64) et une partie annulaire externe (70) structurellement distinctes l'une de l'autre, et dont la partie annulaire externe est contrainte élastiquement radialement vers l'intérieur par la partie annulaire interne.



FR 3 020 408 - A1



ENSEMBLE ROTATIF POUR TURBOMACHINE

L'invention se rapporte à un ensemble rotatif pour turbomachine, telle qu'en particulier un turboréacteur d'avion, ainsi qu'à une turbomachine
5 comprenant un tel ensemble.

Un tel ensemble, que l'on retrouve notamment dans une turbine, comprend un disque, et des aubes s'étendant radialement vers l'extérieur depuis le disque et dont les pieds sont engagés axialement et retenus radialement dans des alvéoles de la périphérie externe du disque, lesdites
10 alvéoles étant disposées en alternance avec des dents du disque. Les aubes comprennent également des plates-formes internes agencées circonférentiellement bout à bout de manière à définir ensemble la limite interne du flux d'écoulement des gaz chauds circulant dans la turbine. La partie de l'aube située intérieurement par rapport à la veine, c'est-à-dire
15 entre la plate-forme interne et le pied, est appelée échasse. Selon cette disposition, des espaces sont formés entre deux échasses adjacentes, et forment des cavités inter-échasses ou inter-aubes. Des cavités dites de fond d'alvéole sont également formées par des espaces radiaux situés entre les pieds d'aubes et les fonds des alvéoles.

20 Afin d'améliorer les performances de la turbomachine, et d'éviter l'échauffement du disque par le flux des gaz chauds issus d'une chambre de combustion amont et s'écoulant à travers la veine, il est important de limiter au maximum la circulation de ces gaz sous les plates-formes et à travers les cavités inter-aubes, à l'aide de moyens d'étanchéité. En effet, la
25 partie des gaz de veine s'écoulant sous les plates-formes ne participe pas à l'entraînement en rotation des aubes et chauffe directement les dents du disque. Il est particulièrement avantageux d'agencer les moyens d'étanchéité à l'aval des cavités inter-aubes afin d'autoriser une pressurisation de ces cavités à une valeur sensiblement identique à celle
30 des gaz de veine, ce qui limite l'effet d'aspiration dans les cavités.

A cette fin, il est connu de prolonger les plates-formes à leurs

extrémités amont et/ou aval par des parois s'étendant radialement vers l'intérieur jusqu'aux dents du disque afin d'obturer axialement les cavités inter-aubes. Toutefois, chaque couple de parois adjacentes est inévitablement séparé circonférentiellement par un interstice autorisant la circulation des gaz de veine. Le nombre d'interstices, correspondant au nombre d'aubes, est alors trop important pour permettre une étanchéité acceptable des cavités inter-aubes.

Selon une autre solution connue, un jonc annulaire métallique, formé d'une paroi annulaire radiale comprenant une seule fente radiale, est agencé en aval des cavités inter-aubes. La périphérie annulaire externe du jonc est insérée dans une gorge s'étendant sur les faces internes des plates-formes, et sa périphérie annulaire interne est maintenue serrée contre les dents du disque et les pieds d'aubes par un élément aval tel qu'un anneau labyrinthe. Le jonc, lorsqu'il est seulement fendu, offre l'avantage de ne présenter quasiment aucun interstice de circulation des gaz, une fois monté, et assure donc une bonne étanchéité. Toutefois, dans ce cas, la fente induit un balourd du jonc qui est nuisible au fonctionnement de l'ensemble. De plus, dans tous les cas, en rotation, le jonc s'appuie sur les plates-formes par effet centrifuge avec un effort relativement important, ce qui risque de porter atteinte à l'intégrité des plates-formes, ou nécessite de sur-dimensionner de manière indésirable ces dernières.

En outre, lorsque les aubes sont réalisées en Composite à Matrice Céramique (dans la suite abrégé en C.M.C.), les plates-formes également en C.M.C. sont encore moins aptes à supporter le poids du jonc en rotation, le rapport de densité entre un matériau métallique et un matériau C.M.C. étant compris entre trois et quatre. De plus, le rapport de dilatation en augmentation de température étant compris entre deux et trois, les dilatations différentielles en fonctionnement entre le jonc d'un côté, et les aubes et le disque d'un autre côté, risquent soit d'accentuer les contraintes engendrées sur les plates-formes, soit de laisser apparaître des jeux autorisant la circulation des gaz de veines au niveau des extrémités

radiales du jonc.

La présente invention apporte une solution simple, efficace et économique au problème d'étanchéité des cavités inter-aubes, tout en s'affranchissant des inconvénients liés aux solutions de l'art antérieur.

5 A cette fin, elle propose un ensemble rotatif pour turbomachine, comprenant :

- un disque ayant une périphérie externe présentant une alternance d'alvéoles et de dents,
- des aubes s'étendant radialement depuis le disque et dont des pieds
10 sont engagés axialement et retenus radialement dans les alvéoles du disque,
- des plates-formes s'étendant circonférentiellement depuis les aubes et qui sont agencées circonférentiellement bout à bout, les unes vis-à-vis des autres,
- 15 - des moyens d'étanchéité axiale amont et/ou aval d'une zone annulaire s'étendant radialement entre les plates-formes et le disque,

caractérisé en ce que lesdits moyens d'étanchéité comprennent radialement une partie annulaire interne et une partie annulaire externe
20 structurellement distinctes l'une de l'autre, la partie annulaire externe étant contrainte élastiquement radialement vers l'intérieur par la partie annulaire interne.

Grâce à l'invention, lors de la mise en rotation de l'ensemble, les plates-formes ne supportent généralement plus aucune charge provenant
25 des moyens d'étanchéité en rotation, car les moyens d'étanchéité sont dissociés radialement en deux parties, la partie interne contraignant la partie externe vers l'intérieur et l'empêchant ainsi de s'appuyer contre les plates-formes des aubes, malgré les effets centrifuges et les dilatations. Il est ainsi ouvert plus de liberté de conception au niveau de l'aube, telle
30 qu'une conception en C.M.C., et il est permis plus généralement de diminuer la fatigue des plates-formes. De plus, la réalisation de cette

contrainte entre la partie interne et la partie externe implique un montage serré ou ajusté entre ces deux parties, ce qui permet de pouvoir assurer une bonne étanchéité entre la partie interne et la partie externe quelles que soient les conditions de fonctionnement. Il est donc permis de conserver
5 une étanchéité axiale de la zone annulaire s'étendant radialement depuis les plates-formes jusqu'au disque, qui comprend les cavités inter-aubes, cette étanchéité étant équivalente à celle permise par des moyens d'étanchéité formés d'un seul élément annulaire.

Préférentiellement, les moyens d'étanchéité de l'invention sont
10 formés en aval de ladite zone annulaire afin d'autoriser une pressurisation des cavités inter-aubes à une valeur sensiblement identique à celle des gaz de veine, ce qui limite l'effet d'aspiration dans ces cavités.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la partie annulaire externe des moyens d'étanchéité est déformée élastiquement radialement
15 vers l'intérieur par la partie annulaire interne. De manière avantageuse, la partie interne est elle-même déformée élastiquement radialement vers l'extérieur par la partie annulaire externe.

Cette réalisation permet d'assurer un ajustement radial relatif entre la partie interne et la partie externe des moyens d'étanchéité. Les deux
20 parties radialement décalées l'une par rapport à l'autre coopèrent entre elles et se déforment élastiquement radialement mutuellement jusqu'à une position radiale d'équilibre où les forces de rappel élastique se compensent, laquelle position pourra être prédéterminer. Ce montage constamment précontraint par les forces de rappel élastique permet de
25 s'assurer que le contact ajusté et serré sera conservé entre la partie interne et la partie externe des moyens d'étanchéité quelles que soient les conditions de fonctionnement.

Avantageusement, la partie annulaire interne et la partie annulaire externe des moyens d'étanchéité sont formées respectivement d'un
30 anneau fendu interne et d'un anneau fendu externe, les fentes respectives des anneaux étant diamétralement opposées.

Ainsi, deux fentes s'opposent et s'équilibrent dans les moyens d'étanchéité, ce qui permet d'éviter l'apparition d'un balourd en fonctionnement, contrairement à l'art antérieur qui ne propose qu'un seul anneau et donc qu'une seule fente.

5 Préférentiellement, la fente de l'anneau fendu externe est inclinée par rapport à un rayon de l'anneau, de manière à ce que l'anneau fendu externe présente une pointe en regard de l'extrémité externe de la fente, cette pointe étant repliée axialement pour former un appui circonférentielle contre une butée formée sur une des plates-formes.

10 Ainsi, on assure facilement un blocage en rotation entre l'anneau fendu externe et le reste de l'ensemble rotatif.

Selon une autre caractéristique, des moyens de blocage en rotation sont formés entre la partie annulaire interne et la partie annulaire externe des moyens d'étanchéité.

15 On s'assure ainsi que les deux fentes décrites ci-dessus restent diamétralement opposées quelles que soient les conditions de fonctionnement.

20 Selon une autre particularité, la partie externe des moyens d'étanchéité comprend une extrémité externe engagée dans une gorge annulaire radiale formée sur les faces internes des plates-formes.

Cette gorge permet d'offrir à la partie externe des moyens d'étanchéité un appui axial contre les plates-formes, afin d'assurer une bonne étanchéité entre les plates-formes et la partie externe des moyens d'étanchéité.

25 La partie interne des moyens d'étanchéité est maintenue axialement contre le disque par un bras annulaire d'un flasque monté à l'aval ou à l'amont du disque. Ce flasque est par exemple un anneau d'étanchéité comprenant des léchettes annulaires destinées à coopérer de façon étanche avec un élément de stator externe.

30 Préférentiellement, un rebord annulaire axial formé à l'extrémité externe de la partie interne des moyens d'étanchéité est accroché à un

rebord annulaire axial formé à l'extrémité interne de la partie externe des moyens d'étanchéité. En particulier, ces rebords sont cylindriques.

Le rebord annulaire de la partie interne sera donc engagé à l'extérieur du rebord de la partie externe. Les rappels élastiques tendent à écarter radialement les parties interne et externe, ce qui crée un appui serré entre les deux rebords. L'appui s'effectue sur toute la circonférence des rebords, ce qui assure l'étanchéité entre la partie interne et la partie externe des moyens d'étanchéité.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, le rebord de l'anneau fendu externe comprend deux découpes formant une patte, laquelle est repliée et agencée dans la fente de l'anneau fendu interne.

Cette patte assure l'anti-rotation entre les deux anneaux. De manière équivalente, on pourra former la patte sur l'anneau fendu interne, et l'agencer dans la fente de l'anneau fendu externe.

Dans un mode de réalisation particulier, les moyens d'étanchéité sont formés radialement à l'extérieur du fond des alvéoles.

En effet, il est important que malgré le montage des moyens d'étanchéité selon l'invention, un air de refroidissement puisse circuler librement axialement à travers les fonds des alvéoles, afin d'assurer le refroidissement du disque. Cela est essentiellement valable dans les premiers étages de la turbine, dans lesquels la température de veine est très élevée.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, les aubes sont à composite à matrice céramique. Comme expliqué plus haut, l'invention permet l'utilisation d'un tel matériau au niveau des aubes sans risquer l'endommagement des plates-formes.

L'invention concerne également une turbine de turbomachine comprenant un ensemble rotatif tel que décrit dans la présente demande de brevet.

L'invention concerne enfin une turbomachine, telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur, comprenant un ensemble rotatif tel

que décrit dans la présente demande de brevet.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 5 – la figure 1 est une vue schématique partielle en coupe axiale d'une turbine basse-pression de turbomachine selon l'art antérieur ;
- la figure 2 est une vue schématique partielle en coupe axiale d'un étage rotatif de la turbine selon l'art antérieur ;
- la figure 3 est une vue schématique en coupe axiale d'un ensemble
10 rotatif selon l'invention ;
- la figure 4 est une vue représentant une méthode adaptée pour obtenir l'ensemble rotatif représenté en figure 3 ;
- la figure 5 est une vue en perspective d'une réalisation de l'invention, dans laquelle on forme des moyens de blocage en rotation entre les
15 moyens d'étanchéité des cavités inter-aubes, et les plates-formes des aubes ;
- la figure 6 est une vue schématique représentant des moyens de blocage en rotation entre la partie interne et la partie externe des moyens d'étanchéité selon l'invention.

20 On se réfère tout d'abord à la figure 1 qui représente une turbine basse pression 10 selon la technique antérieure, agencée en aval d'une turbine haute pression 12. La turbine basse pression 10 comprend une alternance axiale d'étages de rangées annulaires d'aubes fixes 18, appelées distributeurs, et d'étage de disques rotatifs 16 comportant à leurs
25 périphéries une pluralité d'aubes 14, ces étages étant agencés autour d'un axe X de la turbomachine.

Dans le présent document, tout comme dans le domaine technique concerné, les termes amont AM et aval AV sont définis de sorte que
30 l'amont se trouve axialement du côté d'où provient le flux d'écoulement général de la turbomachine, et l'aval se trouve axialement du côté vers lequel s'écoule ce même flux.

Chaque disque 16 comprend à sa périphérie externe des dents (dont le sommet est référencé 20) disposées en alternance avec des alvéoles (dont le fond est référencé 22) dans lesquelles sont engagés axialement et retenus radialement des pieds d'aubes (dont l'extrémité interne est référencée 24), ces aubes 14 s'étendant radialement depuis les alvéoles 22 dans une veine annulaire d'écoulement 26 d'un flux de gaz chaud issu d'une chambre de combustion amont (non représenté).

Plus particulièrement, chaque aube comprend radialement depuis l'extérieur vers l'intérieur une pale 28, une plate-forme 30 s'étendant sensiblement perpendiculairement par rapport à l'axe d'allongement de l'aube 14, et une échasse 32 reliant la plate-forme au pied d'aube 24. Les pieds d'aube 24 ont une forme par exemple en queue d'aronde ou analogue pour assurer leur retenue radiale dans les alvéoles 22. Les plates-formes 30 des aubes sont agencées circonférentiellement bout à bout de manière à définir ensemble la limite interne idéale du flux d'écoulement des gaz chauds circulant dans la turbine. Selon cette disposition, des espaces sont formés entre deux échasses 32 circonférentiellement adjacentes, dans la zone annulaire s'étendant radialement depuis les plates-formes 30 jusqu'au disque 16, et sont appelés des cavités inter-échasses ou inter-aubes 34. Des cavités dites de fond d'alvéole 36 sont également formées par des espaces radiaux séparant les pieds d'aubes 24 des fonds 22 des alvéoles. Des parois 38, 40 s'étendent radialement vers l'intérieur depuis l'amont et l'aval des plates-formes jusqu'aux pieds 24 des aubes et forment des moyens d'étanchéité axiale de la zone annulaire s'étendant radialement depuis les plates-formes 30 jusqu'au disque 16, et donc des cavités inter-aubes 34, en assurant leur obturation.

Cette étanchéité axiale des cavités inter-aubes 34 est importante, car si une partie des gaz de veine circule à travers ces cavités, elle ne participe pas à l'entraînement en rotation des aubes 14 et chauffe directement les dents 20 du disque formant le fond des cavités inter-aubes

34, ce qui conduit à une augmentation de la température des disques 16 pouvant les endommager et réduire leur durée de vie.

La paroi radiale amont 38 de la plate-forme est reliée à un becquet 42 s'étendant vers l'amont et la paroi radiale aval 40 est reliée à un becquet 44 s'étendant vers l'aval. Les becquets 42, 44 s'étendent axialement entre les étages consécutifs de la turbine afin de conserver en partie l'intégrité structurelle de la veine 26 entre chaque étage de turbine, ce qui limite la circulation de gaz chauds radialement vers l'intérieur de la turbine.

Les disques sont fixés les uns aux autres par boulonnage, en 46, de brides annulaires 48, 50 s'étendant axialement les unes en direction des autres depuis chaque disque. Un anneau labyrinthe 52 est également positionné axialement entre chaque couple de disques 16 adjacents et comprend des bras annulaires amont et aval 54, 56 s'étendant axialement jusqu'à ces disques. Les brides de fixation 48, 50 entre les disques sont ainsi protégées des gaz de veine par les bras 54, 56 de l'anneau labyrinthe 52. L'anneau labyrinthe 52 comprend en outre une paroi annulaire radiale interne 58 de fixation au boulonnage 46 des brides 48, 50 des disques, et coopère par des léchettes 60 annulaires externes avec les extrémités internes des aubes 18 des distributeurs, afin de limiter la circulation des gaz de veine intérieurement par rapport à ces aubes 18.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de la turbomachine, un air de refroidissement A est prélevé, dans un compresseur basse-pression ou haute-pression par exemple, et acheminé vers la partie interne de la turbine jusqu'aux cavités de fond d'alvéole 36 afin d'assurer le refroidissement du disque 16 et de protéger ce dernier de l'échauffement provoqué par les gaz chauds du flux de veine 26. Afin d'autoriser la circulation de l'air de refroidissement A en aval des cavités 36 de fond d'alvéole, ces dernières débouchent en aval intérieurement par rapport au bras 54 de l'anneau labyrinthe 52 en appui axial sur le disque 16. Cette configuration permet à l'air de refroidissement A de circuler plus en aval radialement entre

l'anneau labyrinthe 52 et les brides 48, 50 de fixation entre les disques 16, afin d'en assurer également le refroidissement.

En fonctionnement, les gaz chauds circulant dans la veine 26 peuvent circuler à travers des interstices (non représentés) formés entre les bords en vis-à-vis circonférentiel des parois radiales amont et aval 38, 40 reliées aux plates-formes 30 et recouvrant axialement les cavités inter-aubes 34. Le nombre d'interstices 62 est relativement élevé puisqu'il dépend directement du nombre de plates-formes 30 formant la limite interne de la veine, ce qui induit une fuite totale non négligeable à travers les cavités inter-aubes, qui nuit aux performances de la turbine.

Par ailleurs, avec les outils industriels actuellement disponibles, la fabrication de l'ensemble formé par la plate-forme 30 et les parois radiales 38 et 40 n'est pas possible en une seule et même pièce de Composite à Matrice Céramique (C.M.C.). Or, les récents développements conduisent de préférence à utiliser des aubes réalisées en matériau C.M.C., car l'utilisation de ce type de matériau permet notamment de réduire le poids des aubes et d'augmenter leur résistance aux températures élevées.

Dans un autre type de réalisation de l'art antérieur, représenté en figure 2, on remplace les parois 40 de la figure 1, qui assurent l'étanchéité à l'aval des cavités inter-aubes, par un anneau fendu 41 qui comprend une paroi radiale s'étendant radialement entre les pieds d'aubes 24 et les plates-formes 30 des aubes 14. Plus particulièrement l'extrémité ou périphérie externe de l'anneau fendu 41 est engagé dans une gorge annulaire radiale 31 formée sur les faces internes des plates-formes 30. L'anneau fendu 41 est de plus plaqué axialement contre le disque 16 et les aubes 14 par le bras 54 de l'anneau labyrinthe aval 52. Afin de monter l'anneau fendu 41 dans la gorge 31, on contraint l'anneau fendu 41 de manière à refermer la fente par déformation élastique, ce qui diminue par la même le rayon de l'anneau fendu 41. On agence alors l'anneau fendu 41 au regard de la gorge 31 et à l'intérieur de celle-ci, avant de relâcher la

contrainte appliquée sur l'anneau 41 pour qu'il retrouve son diamètre d'origine et s'engage dans la gorge 31.

Dans cette réalisation, en fonctionnement et donc en rotation, par effet centrifuge, l'anneau fendu 41 a tendance à s'ouvrir et par conséquent à appuyer contre le fond de la gorge 31, ce qui génère des contraintes indésirables sur les plates-formes 30. De plus, lorsque les aubes 14 sont réalisées en C.M.C., les dilations relatives entre l'anneau fendu 41 et les aubes 14 accentuent ces contraintes. Enfin, la fente de l'anneau fendu 41 interrompt la symétrie circonférentielle de l'ensemble rotatif, ce qui crée un déséquilibre, ou balourd, en rotation, et nuit aux performances de l'ensemble.

Afin de pouvoir réaliser les aubes 14 en C.M.C., de limiter les fuites au sein des cavités inter-aubes 34, ou d'éviter le balourd précité, il est donc nécessaire de concevoir de nouveaux moyens d'étanchéité axiale de la zone annulaire s'étendant radialement depuis les plates-formes 30 jusqu'au disque 16, ces moyens d'étanchéité ne devant pas générer un poids trop important supporté par les plates-formes en rotation, du aux effets centrifuges.

La solution proposée, d'après les caractéristiques évoquées plus haut dans la présente demande, est représentée dans les figures 3 à 6.

Dans la réalisation représentée, on forme les moyens d'étanchéité selon l'invention à l'aval de la zone annulaire s'étendant radialement depuis les plates-formes 30 jusqu'au disque 16, et comprenant les cavités inter-aubes 34. De manière équivalente et symétrique, il est possible de placer ces moyens d'étanchéité à l'amont de cette zone.

Ainsi, en se référant à la figure 3, les plates-formes 30 sont reliées à leurs extrémités amont à des parois 38 s'étendant radialement jusqu'aux dents 20 des disques, et comprenant chacun au voisinage de leurs extrémités internes des becquets 42 s'étendant vers l'amont. Les plates-formes 30 sont en outre chacune reliées à leurs extrémités aval à un becquet 44 s'étendant vers l'aval.

Les moyens d'étanchéité aval sont formés de deux anneaux fendus 64, 70, respectivement interne et externe. L'anneau fendu 64 interne est formé d'une paroi radiale s'étendant radialement entre une zone du disque située au niveau des pieds d'aubes 20, et approximativement le milieu des échasses 32. L'anneau fendu interne 64 est maintenu en appui contre les 5 extrémités aval des échasses 32 et des dents 20 du disque par un bras annulaire amont 54 d'un anneau labyrinthe 52 aval.

L'air de refroidissement A provenant des cavités de fond d'alvéole 36 peut s'échapper vers l'aval en circulant à l'intérieur de l'anneau fendu 64 et 10 du bras annulaire amont 54 de l'anneau labyrinthe 52 aval, pour longer axialement la bride aval 48 du disque.

L'anneau fendu interne 64 comprend à ses extrémités ou périphéries interne et externe respectivement deux rebords annulaires cylindriques 66, 68 vers l'aval.

15 L'anneau fendu 70 externe est formé d'une paroi radiale et s'étend radialement entre l'extrémité externe de l'anneau fendu 64 interne, et la gorge 31 formée dans les plates-formes 30. L'anneau fendu externe 70 comprend à son extrémité ou périphérie interne un rebord annulaire cylindrique 72 vers l'amont, engagé radialement à l'intérieur et en regard du 20 rebord externe 68 de l'anneau fendu interne 64. L'anneau fendu 70 externe est de plus en ajustement axial serré, entre d'une part la paroi aval de la gorge 31 en appui contre sa périphérie externe, et d'autre part l'anneau fendu 64 interne en appui contre son rebord interne 72.

Dans ce montage, l'anneau fendu interne 64 est dans un état de 25 déformation élastique obtenu en élargissant sa fente, de sorte que l'anneau fendu 64 possède un rayon plus grand qu'à son état de repos. Un rappel élastique tend donc à refermer l'anneau 64 vers l'intérieur.

De manière équivalente, l'anneau fendu externe 70 est dans un état de déformation élastique obtenu en resserrant sa fente, de sorte que 30 l'anneau fendu 70 possède un rayon plus petit qu'à son état de repos. Un rappel élastique tend donc à ouvrir l'anneau 70 vers l'extérieur.

Les deux anneaux fendus 64, 70 ont été dimensionnés et ajustés de manière à ce que les forces de rappel élastique précitées mettent en appui radial les rebords 68 et 72 sur toutes leurs circonférences. Cet appui empêche les anneaux 64, 70 de retrouver leurs états de repos respectifs, ce qui permet de conserver les forces de rappel élastique dans une position d'équilibre entre les deux anneaux, et donc un appui serré entre les rebords 68 et 72. Cet appui serré assure l'étanchéité entre les deux anneaux.

L'ensemble est également ajusté pour que dans cette position d'équilibre, la périphérie externe de l'anneau fendu 70 externe ne soit pas en contact avec le fond de la gorge 31, bien que la force de rappel élastique l'y incite. Ainsi, dans cette position d'équilibre, aucune contrainte ne s'applique sur les plates-formes 30 des aubes 14, et même si un contact se créait en fonctionnement du fait de dilatations ou de forces centrifuges, ces contraintes seraient fortement atténuées par le rappel élastique vers l'intérieur occasionné par l'anneau fendu 64 interne.

Afin de supprimer toute possibilité de désengagement de l'anneau fendu 70 externe de la gorge 31, on forme en position d'équilibre la distance d'introduction de l'anneau 70 dans la gorge 31 plus grande que la distance radiale séparant le rebord interne 72 et le bras annulaire 54 de l'anneau labyrinthe 52. Ainsi, l'anneau 70 viendra radialement en butée contre le bras 54 avant de pouvoir se désengager de la gorge 31.

De préférence, à l'état d'équilibre, on forme aussi la distance radiale séparant le rebord interne 66 de l'anneau fendu interne 64 et le bras annulaire 54 de l'anneau labyrinthe 52 plus petit que la distance radiale séparant l'extrémité externe de l'anneau fendu 70 externe et le fond de la gorge 31. Ainsi, si l'ensemble constitué des deux anneaux 64, 70 venait à s'écarter et s'agrandir en fonctionnement, le rebord 66 viendrait en butée contre le bras 54 avant que l'anneau externe 70 n'appuie contre le fond de la gorge 31, et n'applique des contraintes aux plates-formes 30.

Bien que la figure 3 ne permette pas de le représenter, les fentes respectives des anneaux fendus 64, 70 sont diamétralement opposées, ce qui permet d'éviter la création d'un balourd en fonctionnement.

La figure 4 permet de mieux comprendre la manière dont les deux anneaux fendus 64, 70 sont montés et agencés l'un par rapport à l'autre. On voit qu'on fait dans un premier temps on fait appel à un outil de montage 74 qui permet de maintenir l'anneau fendu interne 64 dans un état ouvert, c'est-à-dire avec un rayon plus élevé qu'à son état de repos grâce à une déformation élastique ouvrant la fente de l'anneau, et axialement contre la face aval du disque 16 et des pieds d'aubes 20.

A ce stade, on met l'anneau fendu externe 70 dans un état fermé, c'est-à-dire avec un rayon plus petit qu'à son état de repos grâce à une déformation élastique refermant la fente de l'anneau. Dans cet état, il est permis de positionner l'anneau fendu externe 70 en regard de la gorge 31, et de manière à ce que le rebord cylindrique 72 s'agence à l'intérieur du rebord cylindrique 68 de l'anneau 64, qui est dans un état ouvert.

On relâche alors l'anneau externe 70 de manière à ce que ce dernier tende dans son état de repos plus ouvert. L'anneau 70 entre alors en butée contre le fond de la gorge 31.

Puis, on retire l'outil de montage 74. L'anneau interne 64 se referme par rappel élastique jusqu'à ce que le rebord 68 vienne en butée contre le rebord 72. L'anneau interne 64 continue alors à se fermer en entraînant avec lui l'anneau externe 70, jusqu'à ce que les forces de rappel élastique des anneaux respectifs 64, 70 se compensent l'une l'autre. On obtient alors la position d'équilibre représentée à la figure 3.

La figure 5 représente un agencement anti-rotatif entre l'anneau fendu externe 70 et le reste de l'ensemble rotatif formé par le disque 16 et les aubes 14. On voit que la fente 76 de l'anneau 70 est formée inclinée par rapport à un rayon de cet anneau. De cette manière, l'anneau 70 comprend une pointe 78 formée circonférentiellement en regard de l'extrémité externe de la fente 76. Cette pointe 78 est recourbée ou repliée axialement vers

l'aval de manière à former une butée circonférentielle, qui coopère avec une excroissance 80 formée sur la face interne d'une plate-forme 30, à l'aval de la gorge 31.

La figure 6 représente un agencement anti-rotatif entre l'anneau fendu externe 70 et l'anneau fendu interne 64. La fente 82 de l'anneau interne 64 est élargie au niveau de sa périphérie externe qui inclut également le rebord 68.

Deux découpes radiales 84 sont formées à proximité l'une de l'autre dans la périphérie interne de l'anneau externe 70, qui inclut également le rebord 72. Une patte 86 est obtenue entre ces deux découpes 84, laquelle est repliée vers l'aval et l'extérieur. Cette patte est introduite dans la portion élargie 88 précitée à l'extérieur de la fente 82 de l'anneau interne 64. Cette patte 86 est donc retenue entre les bords circonférentiels de cette portion élargie 88 de la fente 82, ce qui assujettit les anneaux fendus 64 et 70 en rotation.

De préférence, on laisse un jeu circonférentiel entre la patte 86 et les bords circonférentiels de la portion élargie 88 de la fente 82, égal à au moins la largeur de la fente 82. Ainsi, la fente 82 peut se refermer complètement si nécessaire, sans être contrainte contre la patte 86, en conditions de montage ou de fonctionnement.

REVENDICATIONS

1. Ensemble rotatif pour turbomachine, comprenant :
 - 5 - un disque (16) ayant une périphérie externe présentant une alternance d'alvéoles (22) et de dents (20),
 - des aubes (14) s'étendant radialement depuis le disque (16) et dont des pieds (24) sont engagés axialement et retenus radialement dans les alvéoles (22) du disque,
 - des plates-formes (30) s'étendant circonférentiellement depuis les aubes (14) et qui sont agencées circonférentiellement bout à bout, 10 les unes vis-à-vis des autres,
 - des moyens d'étanchéité axiale amont et/ou aval d'une zone annulaire s'étendant radialement entre les plates-formes (30) et le disque (16),
- 15 caractérisé en ce que lesdits moyens d'étanchéité comprennent radialement une partie annulaire interne (64) et une partie annulaire externe (70) structurellement distinctes l'une de l'autre, la partie annulaire externe étant contrainte élastiquement radialement vers l'intérieur par la partie annulaire interne.
- 20 2. Ensemble rotatif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie annulaire externe (70) des moyens d'étanchéité est déformée élastiquement radialement vers l'intérieur par la partie annulaire interne (64), qui est elle-même déformée élastiquement radialement vers l'extérieur par la partie annulaire externe (70).
- 25 3. Ensemble rotatif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la partie annulaire interne (64) et la partie annulaire externe (70) des moyens d'étanchéité sont formées respectivement d'un anneau fendu interne (64) et d'un anneau fendu externe (70), les fentes respectives (82, 76) des anneaux étant diamétralement opposées.
- 30 4. Ensemble rotatif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la fente (76) de l'anneau fendu externe (70) est inclinée par rapport à un

- rayon de ce même anneau (70), de manière à ce que l'anneau fendu externe (70) présente une pointe (78) en regard de l'extrémité externe de la fente (76), cette pointe étant repliée axialement pour former un appui circonférentielle contre une butée (80) formée sur une des plates-formes (30).
- 5
5. Ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que des moyens de blocage en rotation (86, 88) sont formés entre la partie annulaire interne (64) et la partie annulaire externe (70) des moyens d'étanchéité.
- 10
6. Ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie externe (70) des moyens d'étanchéité comprend une extrémité externe engagée dans une gorge (31) annulaire radiale formée sur les faces internes des plates-formes (30).
- 15
7. Ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie interne (64) des moyens d'étanchéité est maintenue axialement contre le disque (16) par un bras annulaire (54) d'un flasque monté à l'aval ou à l'amont du disque.
- 20
8. Ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un rebord annulaire axial (68) formé à l'extrémité externe de la partie interne (64) des moyens d'étanchéité est accroché à un rebord annulaire axial (72) formé à l'extrémité interne de la partie externe (70) des moyens d'étanchéité.
- 25
9. Ensemble rotatif selon la revendication 8, lorsqu'elle dépend de la revendication 3, caractérisé en ce que le rebord (72) de l'anneau fendu externe (70) comprend deux découpes (84) formant une patte (86), laquelle est repliée et agencée dans la fente (82) de l'anneau fendu interne (64).
- 30
10. Ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les aubes (14) sont en composite à matrice céramique.

11. Turbine de turbomachine, caractérisée en ce qu'elle comprend un ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes.

12. Turbomachine, telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur, caractérisée en ce qu'elle comprend un ensemble rotatif selon l'une des revendications précédentes.

5

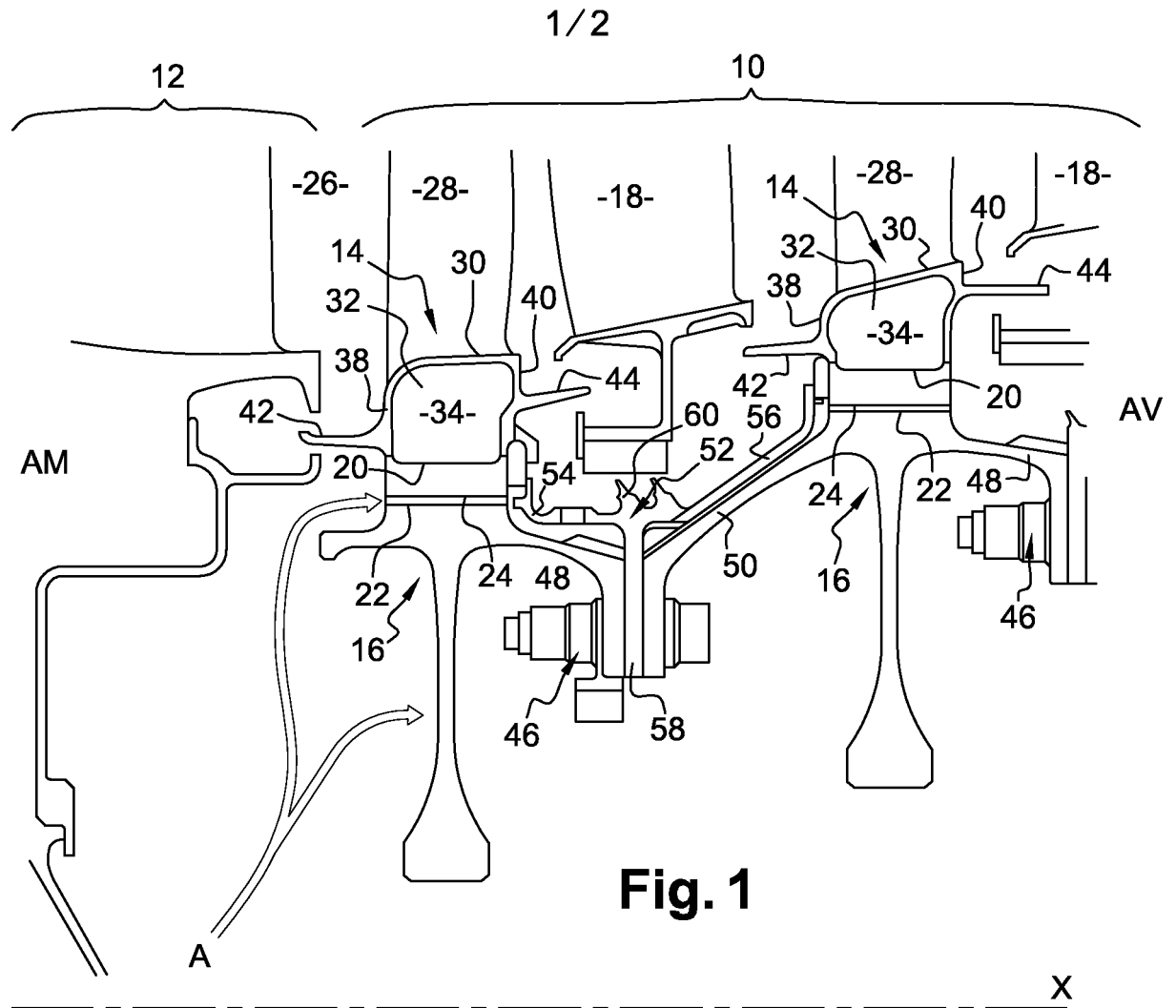
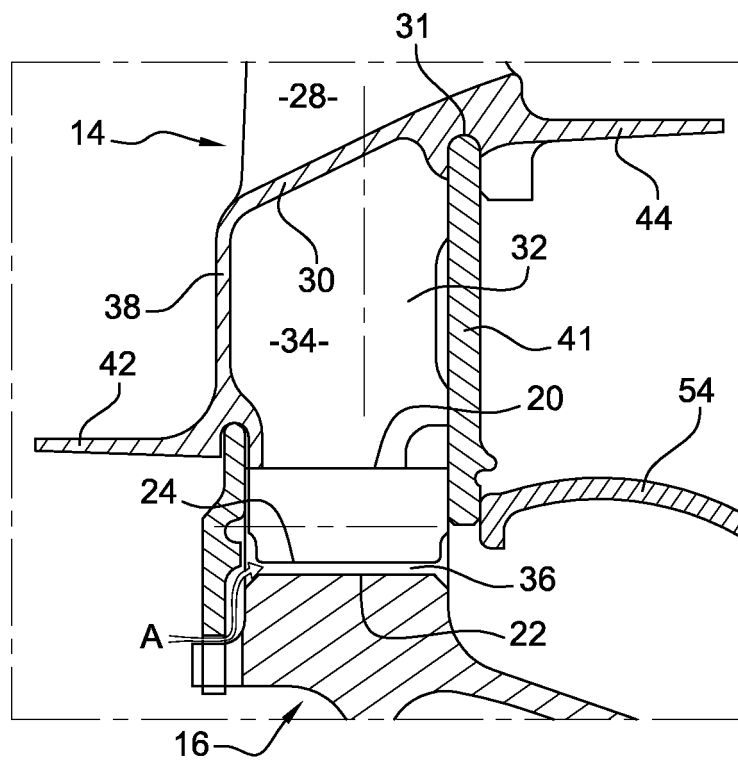


Fig. 1

Fig. 2



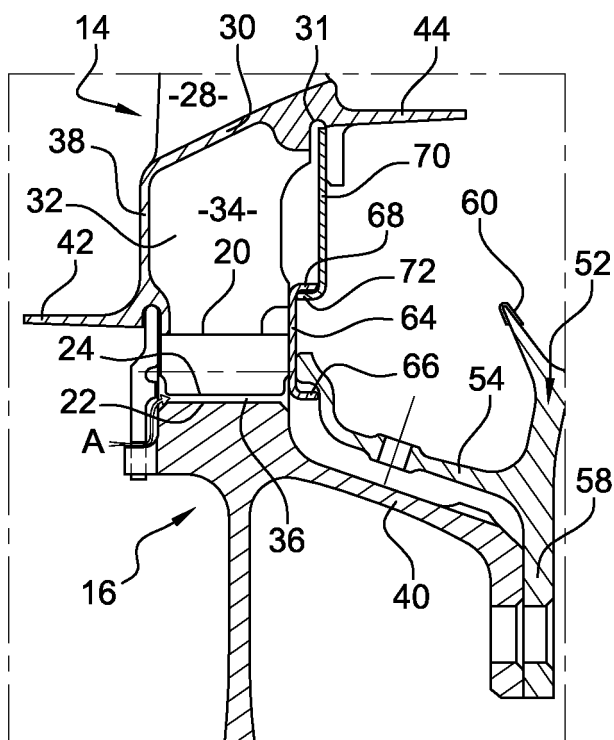


Fig. 3

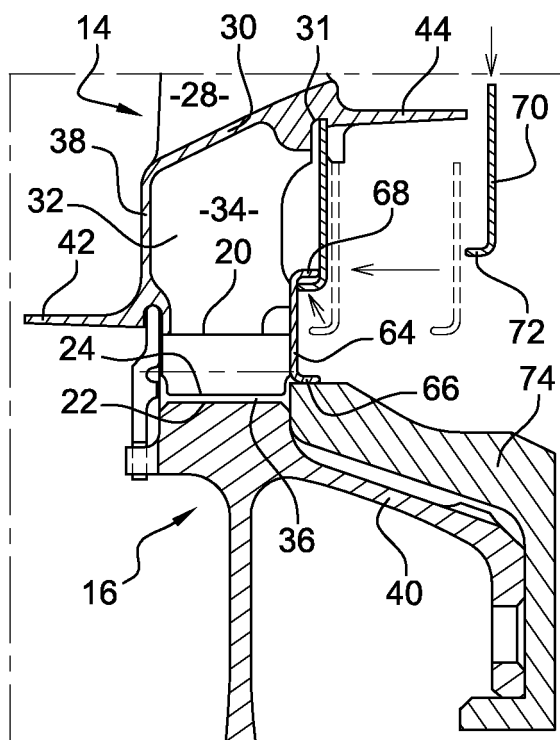
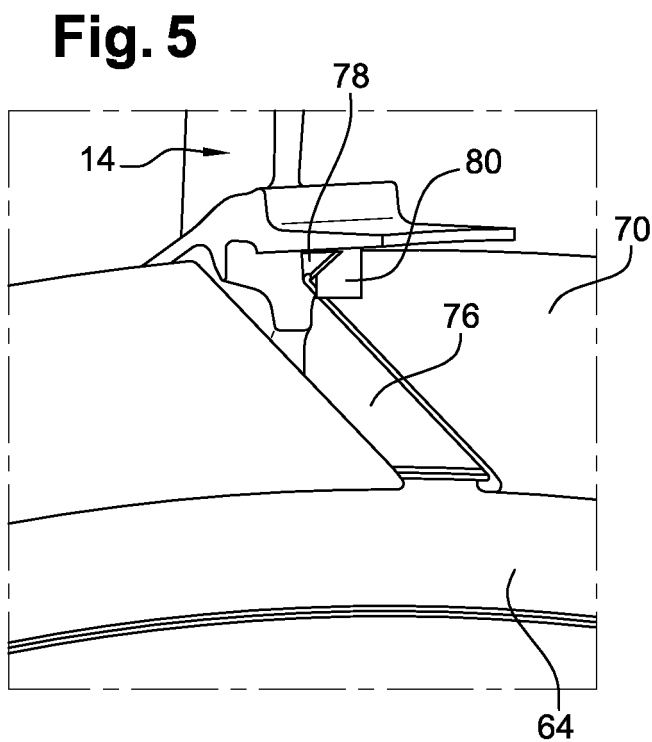


Fig. 4





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 796255
FR 1453717

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 507 052 A (THOMPSON DOUGLAS K [US]) 26 mars 1985 (1985-03-26)	1,2,5-9, 11,12	F02C7/28
Y	* abrégé * * colonne 1, ligne 66 - colonne 4, ligne 26 * * figures *	3,4	
Y	FR 2 930 603 A1 (SNECMA SA [FR] SNECMA [FR]) 30 octobre 2009 (2009-10-30) * page 5, ligne 20 - page 10, ligne 6 * * figures *	3,4	
X	EP 2 626 518 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 14 août 2013 (2013-08-14) * alinéas [0009] - [0016] * * figures *	1-12	
X	JP 2013 234588 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21 novembre 2013 (2013-11-21) * le document en entier *	1,2,5-9, 11,12	
X	EP 1 584 794 A1 (SNECMA [FR]) 12 octobre 2005 (2005-10-12) * alinéas [0022] - [0052] * * figures *	1,2,5-9, 11,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01D
X	JP 5 358031 B (TANAKA TOKUHITO) 4 décembre 2013 (2013-12-04) * le document en entier *	1,2,5-9, 11,12	
X	EP 2 653 660 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 23 octobre 2013 (2013-10-23) * alinéas [0008] - [0032] * * figures *	1,2,5-9, 11,12	
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 février 2015		Rini, Pietro	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 796255
FR 1453717

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 2 413 542 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 27 juillet 1979 (1979-07-27) * page 3, ligne 35 - page 10, ligne 31 * * figures * -----	1,2,5-9, 11,12	
X	FR 2 940 353 A1 (SNECMA [FR]) 25 juin 2010 (2010-06-25) * page 3, ligne 15 - page 6, ligne 31 * * figures * -----	1,2,5-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 février 2015		Rini, Pietro	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. 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			

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1453717 FA 796255**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 02-02-2015

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4507052	A	26-03-1985	AUCUN	
FR 2930603	A1	30-10-2009	FR 2930603 A1 US 2011123341 A1 WO 2010122235 A1	30-10-2009 26-05-2011 28-10-2010
EP 2626518	A1	14-08-2013	CN 103244200 A EP 2626518 A1 JP 2013160229 A RU 2013104947 A US 2013202433 A1	14-08-2013 14-08-2013 19-08-2013 20-08-2014 08-08-2013
JP 2013234588	A	21-11-2013	AUCUN	
EP 1584794	A1	12-10-2005	CA 2503011 A1 EP 1584794 A1 FR 2868808 A1 JP 4656983 B2 JP 2005299649 A RU 2358116 C2 UA 85046 C2 US 2005271511 A1	09-10-2005 12-10-2005 14-10-2005 23-03-2011 27-10-2005 10-06-2009 25-12-2008 08-12-2005
JP 5358031	B	04-12-2013		
EP 2653660	A1	23-10-2013	CN 103375205 A EP 2653660 A1 JP 2013221513 A US 2013272886 A1	30-10-2013 23-10-2013 28-10-2013 17-10-2013
FR 2413542	A1	27-07-1979	DE 2841793 A1 FR 2413542 A1 GB 2012006 A IT 1098860 B JP S641642 B2 JP S5491605 A US 4192633 A	12-07-1979 27-07-1979 18-07-1979 18-09-1985 12-01-1989 20-07-1979 11-03-1980
FR 2940353	A1	25-06-2010	FR 2940353 A1 US 2010166560 A1	25-06-2010 01-07-2010