

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 120 918**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **21 02793**

⑤① Int Cl⁸ : **F 02 C 7/18 (2020.12), F 01 D 11/00, F 01 D 25/12**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Refroidissement par ventilation d'une cavité autour d'un rotor de turbomachine.

②② Date de dépôt : 19.03.21.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 23.09.22 Bulletin 22/38.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 19.07.24 Bulletin 24/29.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : AMARA Hassane et PAPAIL Jean
Michel Anthime.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

FR 3 120 918 - B1



Description

Titre de l'invention : Refroidissement par ventilation d'une cavité autour d'un rotor de turbomachine

- [0001] La présente invention se rapporte à une turbomachine équipée d'un dispositif de refroidissement, par ventilation d'un gaz froid, d'une cavité autour de son rotor.
- [0002] Il est usuel de refroidir certaines parties très chaudes des turbomachines, comme la turbine basse pression, par des ventilations de gaz froid soutiré d'une autre partie de la turbomachine. On renvoie aux figures 1 et 2, qui illustrent un dispositif connu. On y reconnaît un rotor 1, un stator 2 concentrique au rotor 1 et délimitant avec lui une veine 3 annulaire d'écoulement des gaz, des cercles d'aubes fixes 4 et d'aubes mobiles 5 alternant le long de la veine 3 et respectivement assujetties au stator 2 et au rotor 1 ; la turbomachine comporte des compresseurs 6, une chambre de combustion 7 et des turbines haute pression 8 et basse pression 9 qui se succèdent d'un amont à un aval de la veine 3 et de la turbomachine. Un axe de rotation du rotor 1 est noté XX, et sa direction sera appelée direction axiale dans cette description ; la direction angulaire sera autour de l'axe XX, et la direction radiale perpendiculaire à lui.
- [0003] Un dispositif de refroidissement 10 de parties chaudes de la turbomachine par un gaz froid, généralement de l'air, est présent ; il comprend notamment (en pouvant être plus complexe) une première partie 11 qui s'étend dans le stator 2, depuis une origine 12 qui est un orifice de soutirage d'un débit de gaz froid, donnant dans un des compresseurs 6, vers les turbines 8 et 9 ; et une deuxième partie 13, jointe à la première partie 11, qui s'étend à travers la veine 3 à l'intérieur d'un bras creux 14, et débouche ensuite dans une cavité centrale 15 du rotor 1 à l'endroit de la turbine basse pression 9. Le gaz opère un refroidissement du rotor 1 pendant son trajet dans la cavité centrale 15, avant de la quitter en traversant la paroi du rotor 1 et d'accéder à d'autres cavités, qui sont des cavités extérieures 16 circulaires entourant le rotor 1 et adjacentes à la veine 3, et de rejoindre la veine 3 ensuite. Le refroidissement de ces cavités extérieures 16 et des portions avoisinantes du rotor 1 est nécessaire à cause des températures très élevées des gaz de la veine 3 à ces endroits, mais il est plus difficile à bien accomplir car le gaz de ventilation a déjà été échauffé dans la cavité centrale 15, chaude elle aussi. La [Fig.2] illustre le trajet sinueux, et donc propice à l'échauffement, du gaz dans la cavité centrale 15, en la parcourant d'abord vers l'aval à partir d'une entrée 50, puis vers l'amont à un plus grand rayon, après avoir été dévié par une paroi conique d'extrémité aval 51, avant d'atteindre la paroi extérieure du rotor 1.
- [0004] La [Fig.3] illustre que le gaz de ventilation traverse la paroi du rotor 1 par ce qu'on appelle des lunules 17, qui sont des échancrures taillées par endroits dans des nervures

18 de support d'anneaux mobiles 19 assujettis au rotor 1. Les anneaux mobiles 19 sont pourvus de viroles d'étanchéité 20 annulaires qui s'étendent dans les cavités extérieures 12 autour de viroles de disques 22 qui constituent la partie principale de la structure du rotor 1 à cet endroit. Les viroles d'étanchéité 20 ont pour fonction de couvrir des fonds d'alvéoles 23 des disques 22, dans lesquels des pieds 24 des aubes mobiles 5 sont montés avec des jeux importants, afin d'obliger le gaz de ventilation ayant franchi les lunules 17 à passer dans les fonds des alvéoles 23 puis contre la paroi du rotor 1 immédiatement en aval, et de refroidir aussi ces endroits au lieu d'être immédiatement relâchés dans la veine 3. L'assemblage du rotor 1 est fait par des boulons 25 qui ensèrent les nervures 18 des anneaux mobiles 19 entre des paires de brides 26 d'extrémité des viroles des disques 22. Mais comme les lunules 17 doivent entailler les nervures 18 sur toute la hauteur des brides 26 afin de faire communiquer la cavité centrale 15 et les cavités extérieures 16, elles causent un affaiblissement considérable de la résistance des anneaux mobiles 19, et constituent ainsi une autre insuffisance du dispositif existant.

[0005] Il est proposé ici un dispositif de refroidissement modifié des cavités extérieures 16, qui remédie à ces inconvénients en imposant un trajet différent au gaz de refroidissement, de manière à le soumettre à un échauffement préliminaire moindre et à rendre les lunules 17 inutiles. Ce dispositif peut être appliqué individuellement à chaque cavité extérieure 16, et à un nombre quelconque d'elles ; le dispositif existant peut éventuellement être maintenu concurremment au dispositif nouveau, par exemple pour les autres cavités extérieures 16.

[0006] Sous une forme générale, l'invention peut être définie par une turbomachine comprenant un rotor, un stator concentrique au rotor, un cercle d'aubes fixes de redressement d'un écoulement de gaz dans une veine annulaire délimitée par le rotor et le stator, les aubes fixes étant assujetties au stator à des extrémités extérieures radialement et comprenant des extrémités intérieures, radialement adjacentes au rotor et porteuses d'un anneau de liaison commun, la turbomachine comprenant encore un dispositif de refroidissement d'une cavité, délimitée par le rotor et par l'anneau de liaison, par une ventilation d'un gaz froid, ledit dispositif comprenant une première partie logée dans le stator et une deuxième partie traversant la veine, caractérisée en ce que la deuxième partie est logée dans certaines au moins des aubes fixes, et le dispositif comprend une troisième partie, jointe à la deuxième partie, incorporée à l'anneau de liaison et pourvue d'injecteurs du gaz froid dans la cavité.

[0007] On évite ainsi de faire passer le gaz de refroidissement par la cavité centrale 15 ; les lunules 17 deviennent inutiles pour les cavités extérieures 16 concernées. Le gaz s'échauffe peu tant qu'il circule à l'intérieur du stator 2 dans la première partie du dispositif de refroidissement, et le trajet dans la deuxième et la troisième partie est bref.

L'échauffement du gaz reste donc modéré. Cela est d'autant plus vrai si, d'après une réalisation préférée de l'invention, la deuxième partie comprend une canalisation du gaz froid et une chemise d'isolation thermique entourant la canalisation.

[0008] Bien des constructions de la troisième partie du dispositif sont concevables. D'après l'une d'elles qui est particulièrement envisagée, la troisième partie comprend des boîtiers creux de soufflage du gaz froid, joints à l'anneau de liaison et dont les injecteurs traversent une paroi. Ces boîtiers peuvent être facilement intégrés à des anneaux de liaison existants. Ils peuvent recevoir des injecteurs de toute forme, et contribuer à une régularisation de l'écoulement du gaz froid ou à sa distribution en direction angulaire. Par ailleurs, il est usuel que les anneaux de liaison comprennent des plates-formes s'étendant dans la direction axiale de la turbomachine pour aider à mieux séparer la veine 3 des cavités extérieures 16. Il est alors préféré que les injecteurs soient entourés par cette plate-forme annulaire. Il est alors particulièrement envisageable que les injecteurs s'étendent entre ladite plate-forme annulaire de l'anneau de liaison et un support annulaire, concentrique à ladite plate-forme annulaire et entouré par elle, d'un élément de joint d'étanchéité entre le rotor et le stator dans la cavité.

[0009] D'autres caractéristiques du dispositif de soufflage relèvent de l'orientation et de la forme des injecteurs et des jets de gaz soufflés hors du dispositif de refroidissement. On peut ainsi préconiser que les jets de gaz soient dirigés surtout vers les parties du rotor 1 qui nécessitent le plus d'être refroidies, ou sur lesquelles le soufflage de gaz froid a l'effet le plus grand, comme les fonds des alvéoles 23. Il est alors préconisé que les injecteurs soient orientés vers ces fonds d'alvéoles, avec l'obliquité en direction radiale requise par leurs positions respectives. Si alors le rotor 1 porte un anneau mobile 18 qui s'étend dans la cavité extérieure 16 et devant les fonds des alvéoles 23, donc sur les trajets du gaz soufflé, il peut être muni de lumières ou d'échancrures devant les injecteurs pour permettre aux jets de gaz d'atteindre ces fonds d'alvéoles.

[0010] Le refroidissement des cavités extérieures 16 peut être amélioré d'une autre façon, si les courants de gaz soufflé hors du dispositif forment une barrière plus ou moins continue qui contrarie les fuites des gaz de la veine 3 dans les cavités extérieures 16 au rotor 1, et qui complète les dispositifs matériels de séparation existants, comme les plates-formes annulaires déjà mentionnées. Une telle barrière peut être procurée si les injecteurs ont, vers la cavité, des sections divergentes dans une direction angulaire de la turbomachine, et émettent des jets du gaz froid en forme d'éventails, qui tendent donc à se joindre.

[0011] L'invention a été conçue notamment pour une turbine basse pression d'une turbomachine, mais elle pourrait trouver emploi ailleurs.

- [0012] Les différents aspects, caractéristiques et avantages de l'invention seront maintenant décrits plus en détail au moyen des figures suivantes, qui représentent notamment une réalisation préférée quoique purement illustrative de celle-ci :
- [0013] [Fig.1] : vue partielle d'une turbomachine et d'un dispositif connu de refroidissement, en coupe méridienne ;
- [0014] [Fig.2] : détail du rotor et de sa cavité centrale ;
- [0015] [Fig.3] : détail de la [Fig.2], représentant une cavité extérieure du rotor ;
- [0016] [Fig.4] : vue générale d'une réalisation de l'invention ;
- [0017] [Fig.5] : détail d'un anneau mobile modifié ;
- [0018] [Fig.6] : le réseau d'injecteurs, en coupe perpendiculaire à la direction radiale.
- [0019] On passe au commentaire de la [Fig.4]. Le dispositif de refroidissement porte la référence générale 30 et se compose de trois parties. Une première partie 31 s'étend dans le stator 2, et elle peut ressembler à la première partie 11 du dispositif de refroidissement 10 déjà décrit, s'étendant à partir de la même origine 12 ; mais elle continue ici plus en aval, et aboutit au cercle des aubes fixes 4 qui entoure une des cavités extérieures 16 à refroidir. Le dispositif de refroidissement 30 peut comprendre des bifurcations non représentées pour desservir plusieurs cavités extérieures 16 qui se succèdent en direction axiale de la turbomachine par les aubes fixes 4 qui les entourent respectivement (ou pour refroidir une autre partie de la turbomachine). Après chaque bifurcation, le dispositif de refroidissement 30 comprend une deuxième partie 33, jointe à la première partie 31 et s'étendant dans le cercle des aubes fixes 4 entourant la cavité extérieure 16, ou au moins certaines de ces aubes fixes 4, qui sont creuses. La deuxième partie 33 est constituée par une canalisation 34 parcourue par le gaz de refroidissement, et par une chemise d'isolation thermique 35 qui entoure la canalisation 34, car les aubes fixes 4 et mobiles 5 des turbines 8 et 9 sont à température élevée. Elle s'étend jusqu'à un anneau de liaison 36 qui relie les extrémités radialement intérieures du cercle des aubes fixes 4, et qui délimite la cavité extérieure 16. En arrivant à l'anneau de liaison 36, le gaz, qui a été très peu chauffé dans le stator 2, et modérément chauffé dans les aubes fixes 4 grâce à la chemise d'isolation thermique 35, reste à une température modérée. Il est alors injecté dans la cavité extérieure 16 après avoir franchi une troisième partie 37 du dispositif de refroidissement 30, qui succède immédiatement à la deuxième partie 33.
- [0020] L'anneau de liaison 36 comprend une plate-forme 38 annulaire conique, radialement à l'extérieur, un support 39 annulaire cylindrique, concentrique à la plate-forme 38 et entouré par elle, et une échasse 40 circulaire et plate joignant la plate-forme 38 au support 39. La plate-forme 38 contribue à dessiner le contour de la veine 3, en la séparant ainsi de la cavité extérieure 16. La séparation est complétée par des plates-formes mobiles 41, cylindriques et dépendant des aubes mobiles 5 adjacentes, qui

s'étendent dans la direction axiale de la machine à des rayons intermédiaires à ceux de la plate-forme 38 et du support 39. Le support 39 porte un anneau abrasable 42 à sa face intérieure, qui forme un joint d'étanchéité à labyrinthe avec des léchettes 43 (crêtes circulaires rigides) érigées sur la portion d'étanchéité 20 de l'anneau mobile 19.

[0021] La troisième partie 37 comprend des boîtiers 44 de soufflage du gaz froid, installés sur les deux faces principales de l'échasse 40 et dont la paroi latérale est percée et munie d'injecteurs 45 par lesquels le gaz est éjecté du dispositif de refroidissement 30 dans la cavité extérieure 16, tout en ayant son écoulement guidé par la forme et l'orientation des injecteurs 45. Les boîtiers 44 peuvent être alimentés chacun par un nombre quelconque des canalisations 34, avoir une extension angulaire quelconque et un nombre quelconque d'injecteurs 45 répartis sur leur extension angulaire et entre lesquels le débit du gaz froid se répartit. Les boîtiers 44 peuvent donc contribuer à l'intégration des injecteurs 45 à l'anneau de liaison 36, à la régularisation de l'écoulement de gaz froid et à sa répartition entre les injecteurs 45, mais ils sont seulement optionnels. Les injecteurs 45 sont orientés vers les portions de la cavité extérieure 16 où le refroidissement est jugé le plus utile, comme les fonds des alvéoles 23. Les jets 49 issus des injecteurs 45 peuvent donc avoir une obliquité radiale importante, afin aussi de les faire passer sous les plates-formes mobiles 41 même si les boîtiers 44 sont à un rayon plus grand. Si un bord 46 de la portion d'étanchéité 20 couvre les fonds des alvéoles 23, il peut être percé d'échancrures 47 à son bord, ou de lumières 48 ailleurs, pour exposer les fonds des alvéoles 23 aux jets de gaz ([Fig.5]).

[0022] Un autre aspect favorable des jets 49 est que leur cohésion peut permettre de renforcer la séparation entre la veine 3 et la cavité extérieure 16 grâce à leur pression dynamique. Ce renforcement est bien réalisé en construisant les injecteurs 45 avec une section divergente en direction angulaire hors des boîtiers 44 ([Fig.6]), ce qui produit des jets 49 en éventails et plats, qui peuvent se joindre dans la cavité extérieure 16 pour former une barrière continue ou presque, qui contrarie l'entrée de fuites de gaz chaud de la veine 3 dans la cavité extérieure 16.

Revendications

- [Revendication 1] Turbomachine comprenant un rotor (1), un stator (2) concentrique au rotor, un cercle d'aubes fixes (4) de redressement d'un écoulement de gaz dans une veine (3) annulaire délimitée par le rotor (1) et le stator (2), les aubes fixes étant assujetties au stator à des extrémités extérieures radialement et comprenant des extrémités intérieures, radialement adjacentes au rotor et porteuses d'un anneau de liaison (36) commun, la turbomachine comprenant encore un dispositif de refroidissement (30) d'une cavité (16), délimitée par le rotor et par l'anneau de liaison, par une ventilation d'un gaz froid, ledit dispositif comprenant une première partie (31) logée dans le stator (2) et une deuxième partie (33) traversant la veine (3), la deuxième partie étant logée dans certaines au moins des aubes fixes (4), et le dispositif comprend une troisième partie (37), jointe à la deuxième partie (33), incorporée à l'anneau de liaison (36) et pourvue d'injecteurs (45) du gaz froid dans la cavité (16), caractérisée en ce que les injecteurs (45) ont, vers la cavité (16), des sections divergentes dans une direction angulaire de la turbomachine, et émettent des jets (49) du gaz froid en forme d'éventails qui se joignent dans la cavité (16) pour former une barrière qui contrarie l'entrée de fuites de la veine (3) dans la cavité (16).
- [Revendication 2] Turbomachine selon la revendication 1, caractérisée en ce que la deuxième partie comprend une canalisation (34) du gaz froid et une chemise d'isolation thermique (35) entourant la canalisation.
- [Revendication 3] Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la troisième partie comprend des boîtiers (44) creux de soufflage du gaz froid, joints à l'anneau de liaison (36) et dont les injecteurs (45) traversent une paroi.
- [Revendication 4] Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les injecteurs (45) sont entourés par une plateforme annulaire (38) de l'anneau de liaison (36), qui sépare la veine (3) de la cavité (16).
- [Revendication 5] Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les injecteurs sont orientés vers des fonds d'alvéoles (23) de disques (22) du rotor, les alvéoles recevant des pieds (24) d'aubes mobiles (5) du rotor.

- [Revendication 6] Turbomachine selon la revendication 3, caractérisée en ce que les boîtiers (44) s'étendent, au moins en partie, radialement à l'extérieur de plates-formes mobiles (41) dépendant d'aubes mobiles (5) du rotor et séparant aussi la veine (3) de la cavité (16), et les injecteurs (45) sont orientés avec une inclinaison radiale.
- [Revendication 7] Turbomachine selon la revendication 4, caractérisée en ce que les injecteurs (45) s'étendent entre ladite plate-forme annulaire (38) de l'anneau de liaison (36) et un support annulaire (39), concentrique à ladite plate-forme annulaire et entouré par elle, d'un élément (42) de joint d'étanchéité entre le rotor et le stator dans la turbomachine.
- [Revendication 8] Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisée en ce que le rotor porte un anneau mobile (18) qui s'étend dans la cavité et devant les fonds des alvéoles, mais est muni de lumières (48) ou d'échancrures (47) devant les injecteurs (45).
- [Revendication 9] Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le cercle des aubes fixes (4) appartient à une turbine basse pression de la turbomachine.

[Fig. 1]

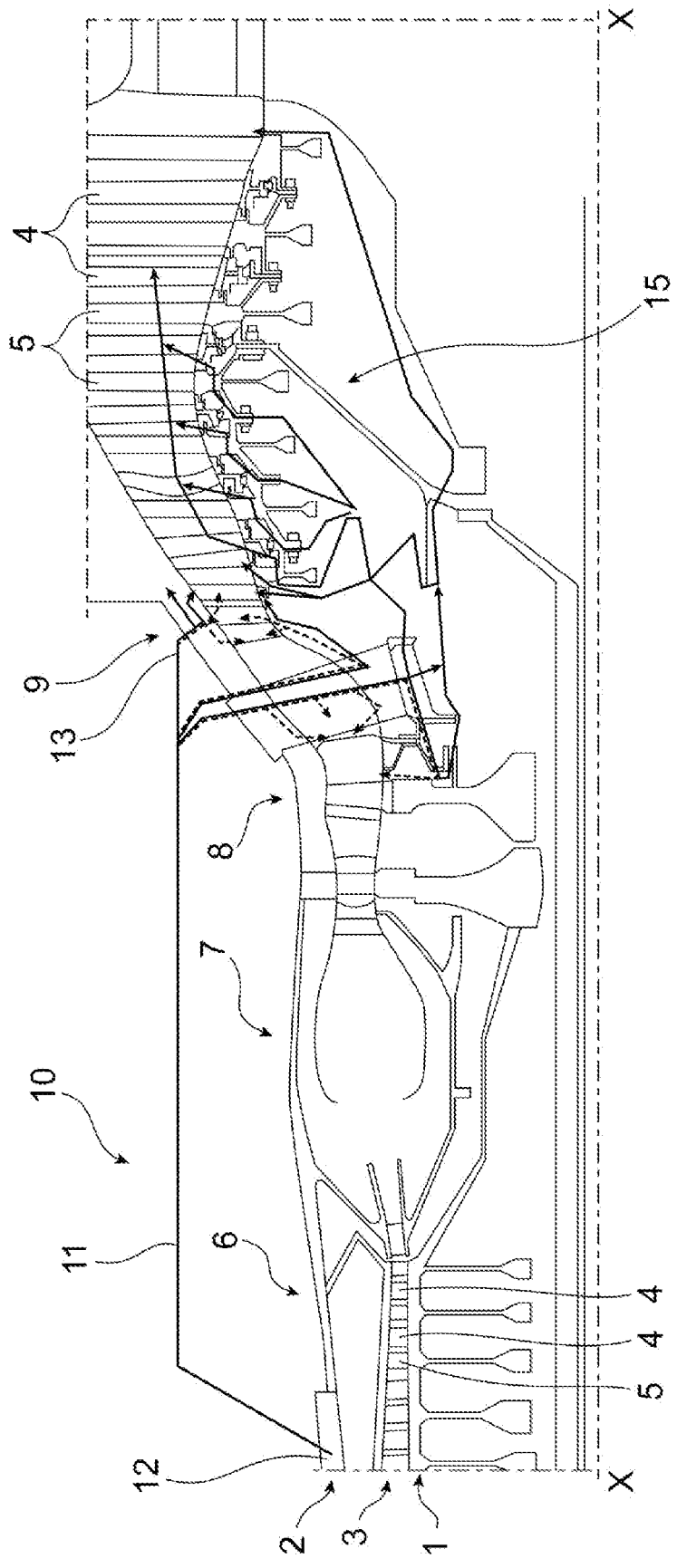
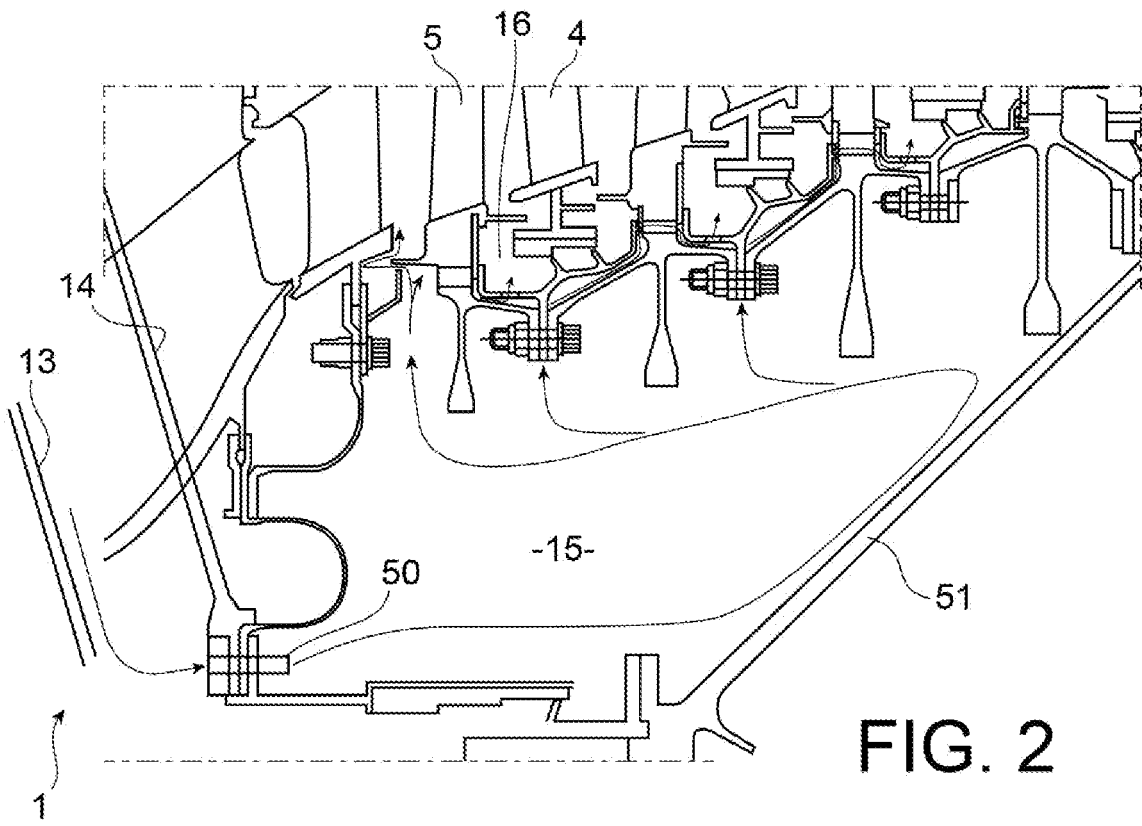
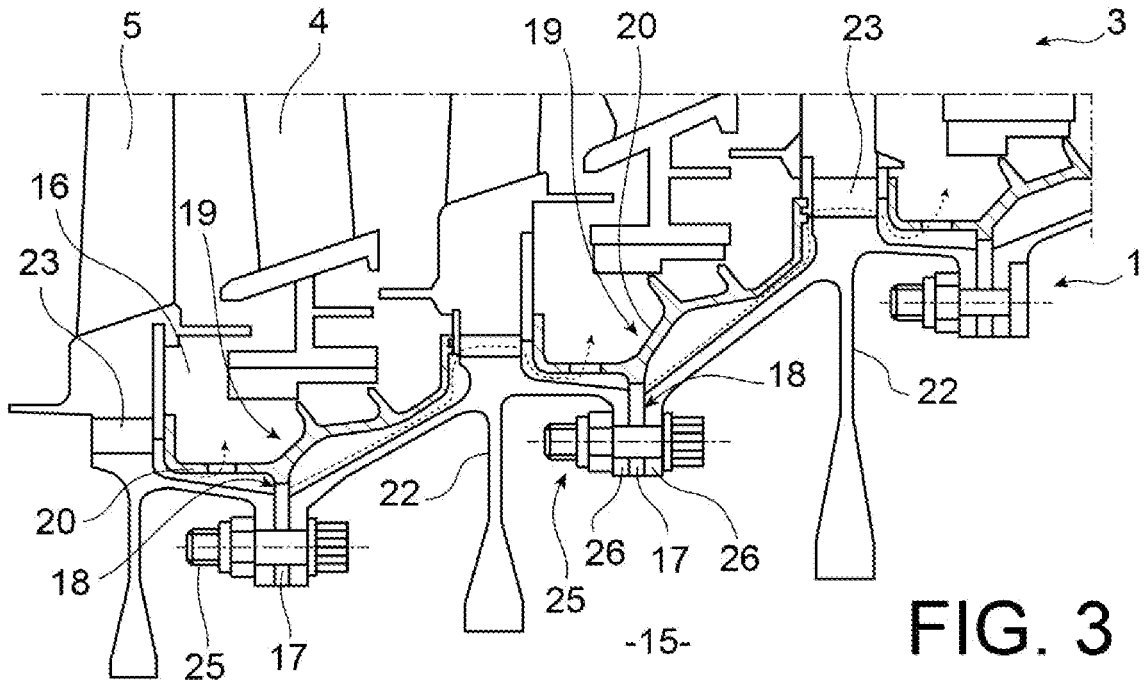


FIG. 1

[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

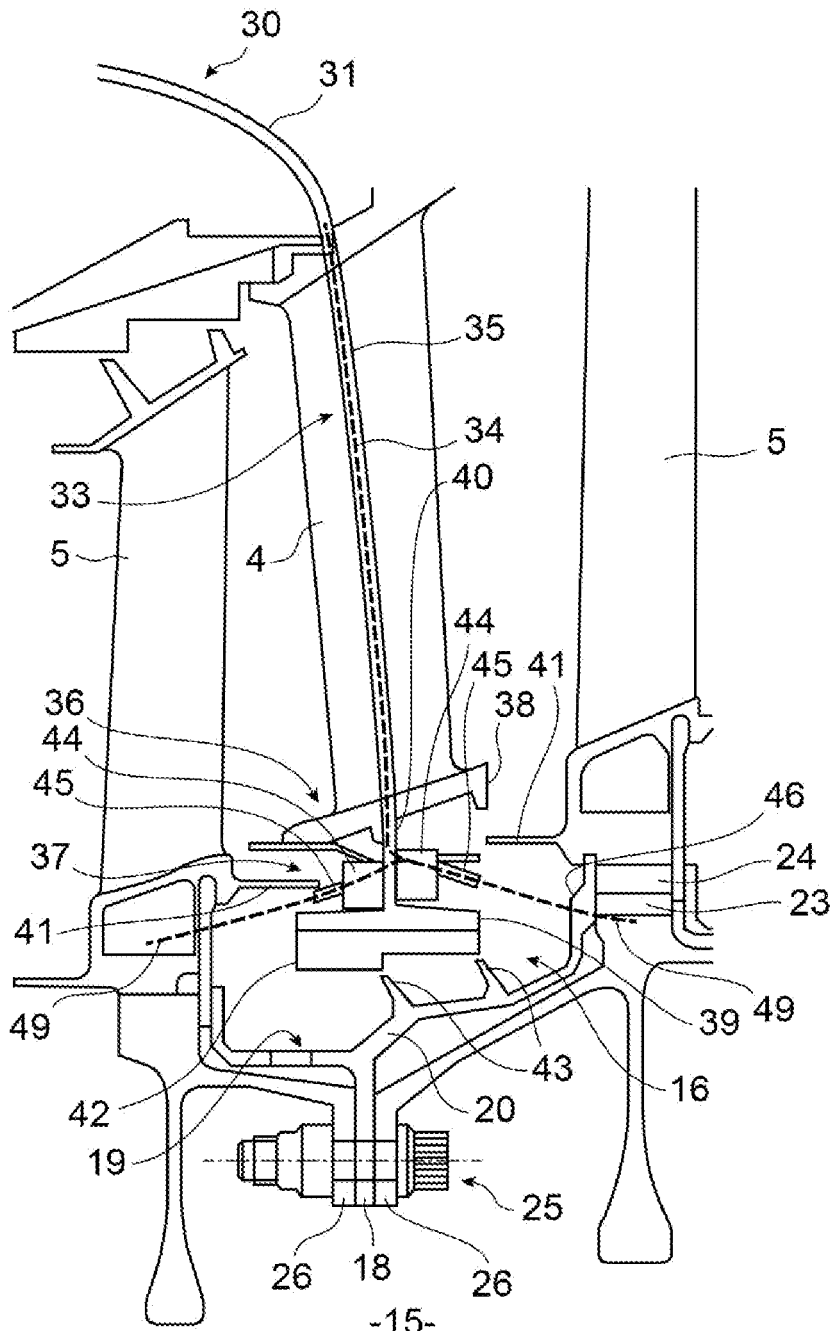


FIG. 4

[Fig. 5]

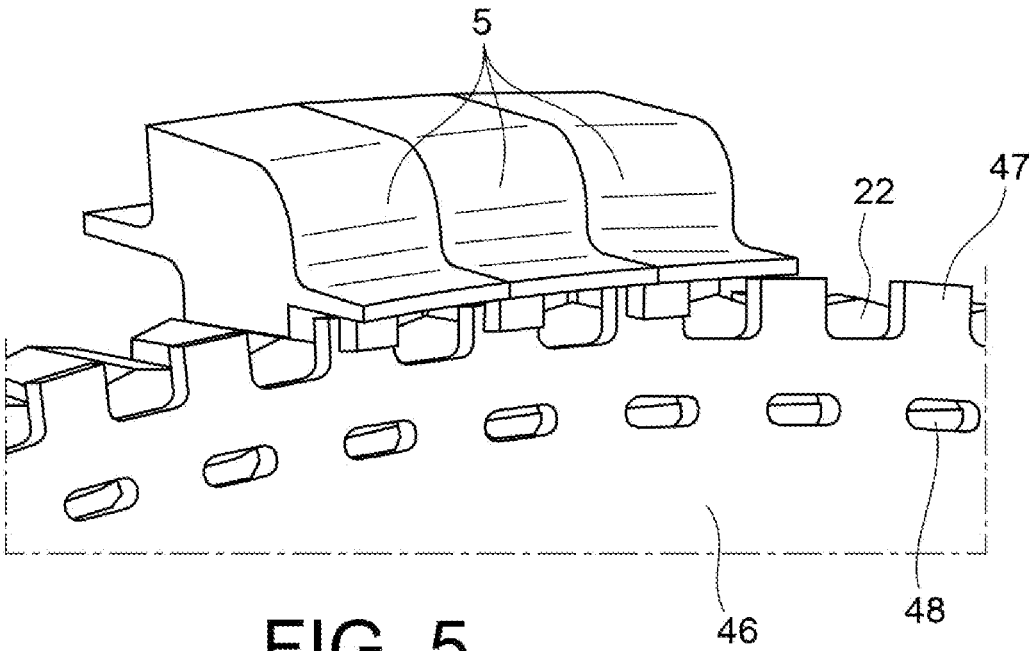


FIG. 5

[Fig. 6]

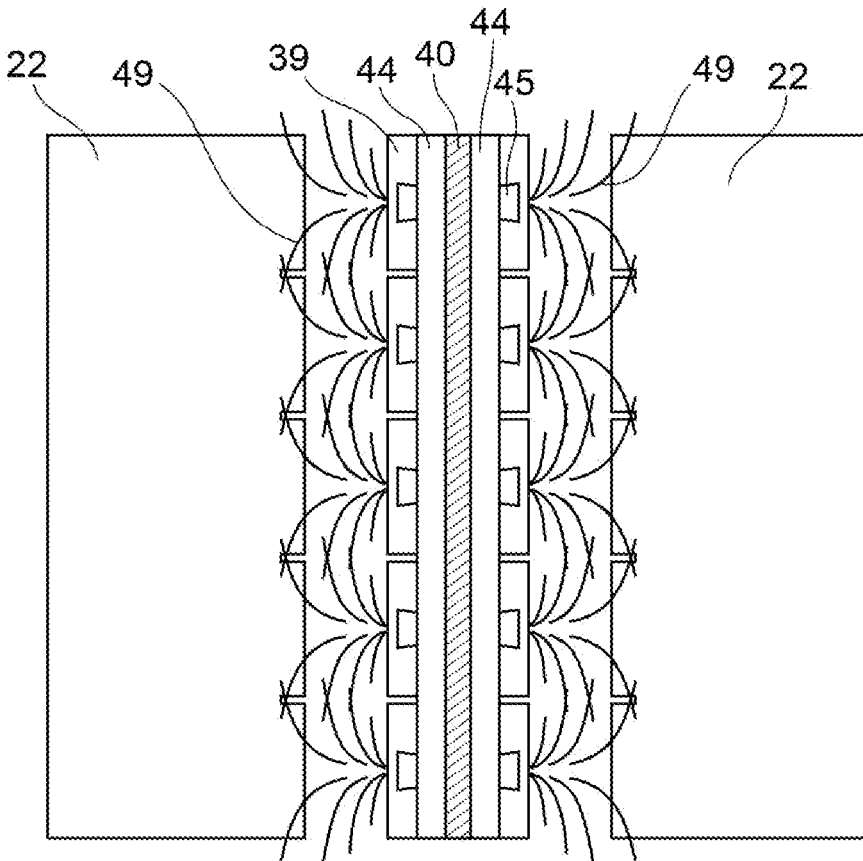


FIG. 6

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2015/010385 A1 (OYARBIDE ASIER [DE] ET AL) 8 janvier 2015 (2015-01-08)

WO 2015/112227 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 30 juillet 2015 (2015-07-30)

WO 00/20725 A1 (PRATT & WHITNEY CANADA [CA]) 13 avril 2000 (2000-04-13)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT