

⑤④ Turbine à cavités pressurisées.

②② Date de dépôt : 23.07.20.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 28.01.22 Bulletin 22/04.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 22.07.22 Bulletin 22/29.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑦② Inventeur(s) : SIMON Matthieu et DANTENY Ulysse,  
Jacques, Bernard.

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

⑦④ Mandataire(s) : Ernest Gutmann - Yves Plasseraud.



## Description

### Titre de l'invention : Turbine à cavités pressurisées

#### Domaine technique de l'invention

[0001] Le présent document concerne un dispositif de refroidissement dans une turbine de turbomachine, par exemple à double flux.

#### Etat de la technique antérieure

[0002] La figure 1 représente une turbomachine 1 à double flux et à double corps. L'axe de la turbomachine est référencé X et correspond à l'axe de rotation des parties tournantes. Dans ce qui suit, les termes axial et radial sont définis par rapport à l'axe X.

[0003] La turbomachine 1 comporte, de l'amont vers l'aval dans le sens d'écoulement des gaz, une soufflante 2, un compresseur basse pression 3, un compresseur haute pression 4, une chambre de combustion 5, une turbine haute pression 6 et une turbine basse pression 7.

[0004] L'air issu de la soufflante 2 est divisé en un flux primaire 8 s'écoulant dans une veine annulaire primaire 9, et un flux secondaire 10 s'écoulant dans une veine annulaire secondaire 11 entourant la veine annulaire primaire 10.

[0005] Le compresseur basse pression 3, le compresseur haute pression 4, la chambre de combustion 5, la turbine haute pression 6 et la turbine basse pression 7 sont ménagés dans la veine primaire 9.

[0006] Le rotor de la turbine haute pression 6 et le rotor du compresseur haute pression 4 sont couplés en rotation par l'intermédiaire d'un premier arbre 12 de manière à former un corps haute pression.

[0007] Le rotor de la turbine basse pression 7 et le rotor du compresseur basse pression 3 sont couplés en rotation par l'intermédiaire d'un second arbre 13 de manière à former un corps basse pression, la soufflante 2 pouvant être reliée directement au rotor du compresseur basse pression 3 ou bien par l'intermédiaire d'un train d'engrenage épicycloïdal par exemple.

[0008] Comme cela est mieux visible à la figure 2, la turbine basse-pression 7 comporte en particulier différents étages successifs comportant des roues mobiles 14 et des parties fixes. La roue mobile comporte un disque 15 au niveau duquel sont montées des aubes 16. Les extrémités des aubes 16 sont entourées d'un anneau fixe 17 en matériau abrasable, ledit anneau 17 étant fixé sur le carter 18 de la turbine. Des distributeurs 19 sont situés en aval des roues mobiles 14. Les distributeurs 19 et les anneaux 17 sont montés sur le carter par l'intermédiaire de brides ou de crochets 20 s'étendant depuis la surface radialement interne du carter 18.

- [0009] Afin de garantir un rendement élevé de la turbomachine, il convient de limiter le flux d'air ne traversant pas les roues mobiles 14 des différents étages, c'est-à-dire de limiter les fuites entre les extrémités radialement externes des aubes 16 et l'anneau 17 en matériau abradable. Pour cela, il convient de contrôler le jeu au niveau de cette interface, ce jeu étant dépendant de la température du carter 18, et notamment des zones dudit carter 18 comportant les crochets ou brides 20 supportant l'anneau 17.
- [0010] Le flux d'air primaire issu de la chambre de combustion 5 présente une température élevée et chauffe les parties situées en aval, telles que les parties fixes et mobiles de la turbine 6, 7.
- [0011] Afin de maîtriser le jeu précité et d'éviter toute dégradation prématurée des différentes parties fixes et mobiles de la turbine, il est nécessaire de prévoir des moyens de refroidissement efficaces pouvant s'intégrer aisément dans l'environnement de la turbomachine.
- [0012] La demande de brevet FR 3 021 700, au nom de la Demanderesse, divulgue un dispositif de refroidissement 21 d'un carter 18 de turbine basse pression 7, visible à la figure 3, comportant des boîtiers collecteurs 22 fixés sur un carter fixe de la turbomachine, chaque boîtier collecteur 22 formant un canal s'étendant axialement.
- [0013] Le dispositif 21 comporte de plus des tubes 23, également appelées rampes, s'étendant circonférentiellement de part et d'autre des boîtiers collecteurs 22. Chaque tube 23 comporte une entrée d'air débouchant dans le canal du boîtier collecteur 22 et des orifices d'éjection d'air tournés vers le carter 18, de sorte que de l'air de refroidissement puisse pénétrer dans les boîtiers collecteurs 22 puis dans les tubes 23 avant de déboucher par les orifices en regard du carter 18, de manière à le refroidir. On parle notamment de refroidissement par impact puisque l'air vient impacter le carter 18. Un tel dispositif est connu sous la dénomination LPTACC (pour « Low Pressure Turbine Active Clearance Control »).
- [0014] De récents développements ont conduit à l'élaboration de turbines dites contra-rotatives. Une telle turbine comporte un premier rotor comportant un ou plusieurs étages formés par des roues aubagées, tournant autour de l'axe X de la turbomachine dans un premier sens de rotation, et un second rotor comportant un ou plusieurs étages formés par des roues aubagées, tournant autour de l'axe X dans un second sens de rotation, opposé au premier sens de rotation.
- [0015] Le premier rotor comporte un tambour radialement externe, à partir duquel des aubes s'étendent radialement vers l'intérieur. Le second rotor comporte un tambour radialement interne, à partir duquel des aubes s'étendent radialement vers l'extérieur.
- [0016] Il convient d'assurer un refroidissement des rotors, en particulier du tambour radialement externe du premier rotor.
- [0017] Il s'avère qu'il n'est pas pertinent d'utiliser un dispositif de refroidissement de type

LPTACC tel que décrit ci-dessus. En effet, l'utilisation de rampes fixes pour refroidir par impact un tambour tournant n'est pas efficace car, lors de la rotation du tambour, une couche d'air limite entoure le tambour, le flux d'air issu des orifices des rampes étant cisailé par la rotation du tambour et par ladite couche limite, réduisant fortement l'efficacité du refroidissement.

- [0018] Dans la technique actuelle, le tambour radialement externe délimite avec un carter annulaire externe un espace annulaire alimenté en air de refroidissement par de l'air prélevé dans le compresseur haute pression, ce qui réduit l'efficacité du compresseur. Par ailleurs, un effet de piston élevé existe car à l'extrémité aval du premier rotor, on a une différence de pression équivalente à la détente totale de la turbine.

### **Résumé de l'invention**

- [0019] Le présent document concerne une turbine comprenant un premier rotor et un second rotor aptes à pivoter autour d'un axe longitudinal selon deux sens de rotation opposés, le premier rotor comportant un tambour radialement externe à partir duquel des aubes s'étendent radialement vers l'intérieur, le premier rotor et le second rotor étant entourés par une pièce annulaire statorique, caractérisé en ce que ladite pièce annulaire statorique délimite avec le tambour au moins une cavité annulaire amont et une cavité annulaire aval séparées l'une de l'autre par des moyens d'étanchéité, la cavité annulaire amont étant reliée à des premiers moyens d'alimentation en air de refroidissement à une première pression et la cavité annulaire aval étant reliée à des seconds moyens d'alimentation en air de refroidissement à une seconde pression inférieure à la première pression.
- [0020] De cette manière, la cavité annulaire amont est alimentée en air froid via de l'air à haute pression afin d'être en mesure de réaliser une purge de la cavité annulaire amont et également de la pressuriser. Cela permet d'éviter que de l'air chaud de la veine se dirige vers l'extérieur du tambour. Etant donné qu'une alimentation en air à haute pression pénalise le rendement d'une turbomachine puisqu'il est généralement prélevé dans un compresseur, l'objectif est d'en apporter le minimum et donc de pressuriser une cavité annulaire de faible volume.
- [0021] La cavité annulaire aval est alimentée en air de refroidissement avec de l'air ayant une pression moindre, cet air s'avérant nettement moins pénalisante sur le rendement de la turbomachine. Cet air de refroidissement coûte peu cher et peut être utilisé en grande quantité. Cependant la faible pression d'alimentation de cet air de refroidissement ne permet pas de réaliser la purge de toute l'espace annulaire, c'est-à-dire la cavité annulaire amont et de la cavité annulaire aval, ce qui explique la séparation des deux cavités par des moyens d'étanchéité. En aval du tambour externe, l'air est détendu et l'air peu pressurisé provenant de la veine secondaire peut quand même

rejoindre la veine primaire.

- [0022] La séparation des deux cavités annulaires par des moyens d'étanchéité permet de limiter l'effet de « piston » sur la turbine. Le positionnement de moyens d'étanchéité immédiatement en aval de la rangée annulaire d'aubes du premier rotor réalise le meilleur compromis entre limitation de l'effet piston et purge de la cavité annulaire amont avec de l'air à haute pression.
- [0023] Selon une autre caractéristique, les premiers moyens d'alimentation en air de refroidissement ont une première température inférieure à une seconde température des seconds moyens d'alimentation en air.
- [0024] La cavité annulaire amont peut communiquer fluidiquement avec une veine annulaire d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes, la veine annulaire étant délimitée radialement à l'extérieur par le tambour du premier rotor et étant délimitée radialement à l'intérieur par un tambour radialement interne du second rotor.
- [0025] La cavité annulaire aval peut communiquer fluidiquement avec la veine annulaire d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes.
- [0026] L'extrémité amont du tambour peut délimiter avec la pièce annulaire statorique un premier passage annulaire d'air avec une veine annulaire d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes.
- [0027] L'extrémité aval du tambour du premier rotor peut délimiter avec la pièce annulaire statorique un second passage annulaire d'air avec une veine annulaire d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes.
- [0028] Au moins un logement annulaire peut être formé à la jonction d'au moins une aube du premier rotor avec le tambour du premier rotor.
- [0029] Un premier logement annulaire peut communiquer fluidiquement avec la cavité annulaire amont. Ledit premier logement peut être agencé radialement en vis-à-vis de la cavité annulaire amont.
- [0030] Ledit premier logement annulaire peut être formé au niveau de l'aube agencée à l'extrémité amont du tambour du premier rotor. Ledit premier logement peut communiquer fluidiquement avec une veine annulaire d'air dans laquelle s'étendent radialement les aubes.
- [0031] Un second logement annulaire peut être agencé radialement en vis-à-vis de la cavité annulaire aval. Le ou les seconds logements peuvent être fermés, c'est-à-dire être hermétiques vis-à-vis de l'air de la veine primaire et de l'air de la cavité annulaire aval.
- [0032] Les premiers et/ou seconds moyens d'alimentation en air peuvent comprendre des moyens de commande de l'ouverture/fermeture de l'alimentation en air.
- [0033] Les moyens de commande peuvent comprendre une vanne de régulation du débit d'air, lequel débit d'air peut être prélevé dans une veine annulaire d'air secondaire. De cette manière, il est possible de réaliser un contrôle actif des jeux de la turbine en fonc-

tionnement. Une commande d'un fort débit d'air froid dans la cavité annulaire aval, lors de la phase de croisière, va permettre de diminuer la température d'air vue par le tambour annulaire externe et donc par le rotor externe via une diminution de la température moyenne par bilan enthalpique puisqu'on ajoute plus de débit d'air froid des seconds moyens d'alimentation en air de refroidissement que de débit d'air relativement plus chaud des premiers moyens d'alimentation en air de refroidissement, provenant de la cavité annulaire amont, et passant au niveau des moyens d'étanchéité. Le premier étage de la turbine, qui ne profite pas de ce refroidissement du fait du cloisonnement par les moyens d'étanchéité, va quand même voir sa température diminuer et donc ses jeux radiaux se fermer, via le phénomène de conduction dans la pièce annulaire statorique de l'aval vers l'amont. On a donc un contrôle passif au niveau du ou des jeux des étages agencés radialement au niveau de la cavité annulaire d'air amont et un contrôle actif des jeux des étages aval agencés radialement au niveau de la cavité annulaire aval, lorsque seuls les seconds moyens d'alimentation en air sont reliés à des moyens de commande du débit d'air.

- [0034] Le tambour du premier rotor peut être tronconique à section augmentant vers l'aval.
- [0035] Le présent document concerne également une turbomachine, telle qu'un turbo-propulseur ou un turboréacteur d'avion, comportant au moins une turbine telle que décrite ci-dessus.
- [0036] La turbomachine peut être telle que les premiers moyens d'alimentation en air de refroidissement sont reliés en amont à des premiers moyens de prélèvement d'air dans un compresseur, de préférence haute pression, et/ou dans laquelle les seconds moyens d'alimentation en air de refroidissement sont reliés en amont à des seconds moyens de prélèvement d'air dans une veine annulaire d'air secondaire de la turbomachine qui est à double flux avec un flux d'air primaire et le flux d'air secondaire coaxial et extérieur au flux d'air primaire. La veine annulaire d'air secondaire s'étend radialement à l'extérieur de ladite pièce annulaire statorique.
- [0037] On comprend que l'air provenant du compresseur n'alimente que la cavité annulaire amont et/ou que l'air de la veine annulaire d'air secondaire n'alimente que la cavité annulaire aval. L'air de la veine secondaire étant froid, il n'est pas nécessaire d'amener du refroidissement d'air au niveau des extrémités des aubes agencées au droit de la cavité annulaire aval.
- [0038] La veine annulaire d'air secondaire fait ici référence à la veine annulaire d'air entourant la veine annulaire d'air primaire et qui est bien connue de l'état de la technique relatif aux turbomachine à double flux. Ainsi, la turbomachine comprend une soufflante qui souffle de l'air dans une veine annulaire primaire et dans une veine annulaire secondaire. Les aubes de la turbine selon le présent document s'étendent dans la veine primaire et l'air pour la cavité aval est prélevé dans la veine secondaire.

- [0039] Dans une autre réalisation, la turbine peut comprendre trois cavités annulaires successives le long de l'axe longitudinal de la turbine, une cavité annulaire amont, une cavité annulaire intermédiaire et une cavité annulaire aval, les cavités étant séparées par des moyens d'étanchéité.
- [0040] La cavité annulaire intermédiaire peut être reliée à des troisièmes moyens d'alimentation en air de refroidissement, cet air peut être de l'air provenant du compresseur, de préférence de la partie haute pression du compresseur, et d'une zone de prélèvement d'air dans le compresseur situé en amont de la zone de prélèvement d'air reliée aux premiers moyens d'alimentation en air. Cela permet d'avoir un air de purge au plus comprimé et permet d'éviter que l'air de veine se dirige dans les cavités à l'extérieur du tambour du premier rotor.
- [0041] Au moins un troisième logement annulaire peut communiquer fluidiquement avec la cavité annulaire intermédiaire. Ledit troisième logement annulaire peut être agencé radialement en vis-à-vis de la cavité annulaire intermédiaire et il peut communiquer fluidiquement avec la veine annulaire d'air primaire.
- [0042] La pièce annulaire statorique peut être un carter de la turbine laquelle peut être une turbine basse pression d'une turbomachine qui peut être à double flux.
- [0043] L'extrémité amont du carter de la turbine peut être relié à un carter intermédiaire intercalé entre un carter d'une turbine haute pression amont et le carter de la turbine basse pression. Ce carter intermédiaire peut comprendre des aubes fixes sensiblement radiales de liaison d'une virole annulaire interne et d'une virole annulaire externe.
- [0044] L'extrémité aval du carter de la turbine peut être relié à un carter d'échappement qui peut comprendre une virole annulaire interne et une virole annulaire externe reliées l'une à l'autre par des aubes fixes sensiblement radiales.
- [0045] Le carter de la turbine basse pression peut être relié à la virole annulaire externe du carter intermédiaire et par exemple à son extrémité aval et/ou à la virole annulaire externe du carter d'échappement et par exemple à son extrémité amont.

### **Brève description des figures**

- [0046] [fig.1], déjà décrite précédemment, est une vue schématique en coupe axiale d'une turbomachine de l'art antérieur,
- [0047] [fig.2], déjà décrite précédemment, est une demie-vue en coupe axiale d'une turbine de l'art antérieur,
- [0048] [fig.3], déjà décrite précédemment, est une vue en perspective d'un dispositif de refroidissement de l'art antérieur,
- [0049] [fig.4],
- [0050] [fig.5],
- [0051] [fig.6], et

[0052] [fig.7] illustrent différentes réalisations d'une turbine selon la présente divulgation.

### **Description détaillée de l'invention**

[0053] Les figures 4 à 6 illustrent une turbine 7 basse pression de turbomachine conformément à quatre réalisations possibles.

[0054] La turbine 7 est de type contrarotative et comporte un premier rotor 25 comportant un ou plusieurs étages formés par des roues aubagées 26, tournant autour de l'axe longitudinal X de la turbine 7 dans un premier sens de rotation, et un second rotor 27 comportant un ou plusieurs étages formés par des roues aubagées 28, tournant autour de l'axe X dans un second sens de rotation, opposé au premier sens de rotation.

[0055] Le premier rotor 25 comporte un tambour radialement externe 29, à partir duquel des aubes 26 s'étendent radialement vers l'intérieur. Le second rotor 27 comporte un tambour radialement interne 30, à partir duquel des aubes 28 s'étendent radialement vers l'extérieur.

[0056] Les premier et second rotors 25, 27 sont logés dans une pièce annulaire statorique ou carter fixe 31, ledit carter 31 comportant en particulier une paroi annulaire radialement externe 32. Les aubes 26, 28 s'étendent dans une veine primaire annulaire d'air 34. Le tambour radialement externe 29 présente une forme tronconique à section augmentant vers l'aval. L'extrémité amont de la paroi 32 annulaire radialement externe du carter externe 31 est reliée à l'extrémité aval d'un carter intermédiaire 36 intercalé entre la turbine basse pression et une turbine haute pression (non représentée). L'extrémité aval de la paroi 32 annulaire radialement externe du carter externe 31 est reliée à l'extrémité amont d'un carter d'échappement 38.

[0057] Comme indiqué précédemment, il convient d'assurer un refroidissement des rotors 25, 27, en particulier du tambour radialement externe 29 du premier rotor 25.

[0058] Dans les différentes réalisations, le tambour radialement externe 29 délimite avec la paroi annulaire radialement externe 32 une cavité annulaire amont 40 et une cavité annulaire aval 42 qui sont séparées l'une de l'autre par des moyens d'étanchéité 44.

[0059] Dans les réalisations des figures 4 et 5, seules une cavité annulaire amont 40 et une cavité annulaire aval 42 sont présentes alors que dans les réalisations des figures 5 et 6, une cavité annulaire intermédiaire 46 est formée longitudinalement entre la cavité annulaire amont 40 et la cavité annulaire aval 42 et des moyens d'étanchéité 44 séparent la cavité annulaire intermédiaire 46 de la cavité annulaire amont 40 et de la cavité annulaire aval 42.

[0060] Bien que cela ne soit pas représenté sur les figures, il serait possible d'avoir plus de trois cavités annulaires successives.

[0061] Les moyens d'étanchéité 44 comprennent des léchettes annulaires 44a formées à l'extrémité radialement interne d'une paroi annulaire radiale 46 du carter 31, cette

paroi annulaire radiale 46 étant reliée à son extrémité radialement externe à la paroi 32 annulaire radialement externe. Les léschettes 44a coopèrent avec le tambour 29 radialement externe afin d'assurer une étanchéité à la circulation d'air.

[0062] La cavité annulaire amont 40 reliée à des premiers moyens 48 d'alimentation en air de refroidissement à une première pression et à une première température et la cavité annulaire aval est reliée à des seconds moyens 50 d'alimentation en air de refroidissement à une seconde pression inférieure à la première pression et ayant une seconde température inférieure à la première température.

[0063] Dans l'exemple particulier de la turbine basse pression, les premiers moyens 48 d'alimentation en air de refroidissement sont reliés en amont à des premiers moyens 52 de prélèvement d'air dans un compresseur (non représenté), par exemple haute pression, et les seconds moyens 50 d'alimentation en air de refroidissement sont reliés en amont à des seconds moyens 54 de prélèvement d'air dans une veine annulaire d'air secondaire d'une turbomachine à double flux. Ainsi, l'air alimentant la cavité annulaire amont 40 est à une pression et une température respectivement plus élevée que la pression et la température de l'air alimentant la cavité annulaire aval 42.

[0064] Les seconds moyens 50 d'alimentation en air peuvent comprendre des moyens de commande 56 de l'ouverture/fermeture de l'alimentation en air de la cavité annulaire aval 42. Les moyens 50 de commande peuvent par exemple comprendre une vanne de régulation du débit d'air. Les premiers moyens 48 d'alimentation en air peuvent être dépourvus de moyens de commande, le débit d'air entrant dans la cavité annulaire amont 40 n'étant pas régulé.

[0065] L'extrémité amont du tambour 29 radialement externe délimite avec le carter externe 31 un premier passage annulaire d'air 56 avec la veine 34 annulaire d'air primaire à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes 26, 28. L'extrémité aval du tambour 29 radialement externe délimite avec le carter externe 31 un second passage 58 annulaire d'air avec la veine annulaire 34 d'air primaire à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes 26, 28.

[0066] Des logements annulaires 60 peuvent être formés à la jonction d'au moins une aube 26 du premier rotor 29 avec le tambour 29 radialement externe. En pratique, on observe sur les réalisations que chaque aube 26 comprend un tel logement 60.

[0067] Dans la réalisation de la figure 4, un premier logement 60a est formé au niveau de l'aube de l'extrémité amont du premier rotor 25. Ce premier logement 60a communique avec la veine 34 annulaire d'air primaire au moyen d'un orifice débouchant vers l'aval et communique avec la cavité annulaire amont 40. Ce premier logement annulaire 60a est agencé radialement au niveau de la cavité annulaire amont 40. Chaque rangée annulaire d'aubes 26 agencée radialement en vis-à-vis de la cavité annulaire aval 42 comprend un second logement 60b annulaire qui est hermétique vis-

à-vis de la cavité annulaire aval 42 et de la veine annulaire primaire 34, ces seconds logements 60b ne pouvant recevoir de l'air.

- [0068] L'arrivée d'air froid dans la cavité annulaire aval 42, peut permettre de diminuer la température d'air vue par le tambour 29 annulaire externe et donc par le rotor externe via une diminution de la température moyenne par bilan enthalpique puisqu'on ajoute plus de débit d'air froid des seconds moyens 50 d'alimentation en air de refroidissement que de débit d'air relativement plus chaud des premiers moyens 48 d'alimentation en air de refroidissement, provenant de la cavité annulaire amont 40, et passant au niveau des moyens d'étanchéité 44. Le premier étage de la turbine, qui ne profite pas de ce refroidissement du fait du cloisonnement par les moyens d'étanchéité 44, va quand même voir sa température diminuer et donc ses jeux radiaux se fermer, via le phénomène de conduction dans la pièce annulaire statique 31 de l'aval vers l'amont.
- [0069] Dans cette réalisation, on observe que l'air de refroidissement de la cavité annulaire amont 40 circule dans le premier logement annulaire 60a puis s'écoule dans la veine 34 permettant de refroidir la rangée annulaire d'aubes 26 amont et celle 26 agencée immédiatement en aval comme cela est illustré sur la figure 4. Il y a donc un refroidissement en cascade.
- [0070] Dans la réalisation de la figure 5, les moyens d'étanchéité 44 sont agencés radialement à l'extérieur de la première rangée annulaire d'aubes mobiles du second rotor. On observe la présence de seconds logements 60b annulaires hermétiques mais il n'y a pas de premier logement annulaire. L'air entrant dans la cavité annulaire amont 40 s'écoule directement par le premier passage annulaire 56 et permet de pressuriser la cavité annulaire amont 40. Le refroidissement en cascade évoqué en référence à la figure 4 n'existe pas dans cette réalisation. Cette configuration permet de minimiser le débit d'air prélevé dans le compresseur. Cette solution est efficace dans le cas de températures de la veine primaire 34 assez froides et qui ne nécessite pas de besoin de refroidissement du rotor externe 25. L'air dans la cavité amont réalise une purge pour éviter que l'air de la veine primaire s'écoule radialement au-dessus du tambour externe tandis que l'air dans la cavité aval à une pression inférieure vise réellement à refroidir le tambour externe.
- [0071] La figure 6 correspond à la réalisation de la figure 4 dans laquelle, la cavité annulaire aval 42 a été séparée en une cavité annulaire intermédiaire 46 et une nouvelle cavité annulaire aval 42. Des premiers moyens d'étanchéité 44a séparent les cavités annulaire amont 40 et intermédiaire 46 et des seconds moyens d'étanchéité 44b séparent les cavités intermédiaire 46 et aval 42, ces moyens d'étanchéité 44a, 44b pouvant être identiques à ce qui a été décrit précédemment en référence aux figures 4 et 5.
- [0072] La cavité annulaire intermédiaire 46 est reliée à des troisièmes moyens 62

d'alimentation en air de refroidissement, cet air peut être ici de l'air provenant du compresseur, par exemple haute pression, et d'une zone de prélèvement d'air dans le compresseur situé en amont de la zone de prélèvement d'air reliée aux premiers moyens 48 d'alimentation en air. De cette manière l'air prélevé est à une troisième pression et une troisième température inférieure aux pression et température des premiers moyens 48 d'alimentation en air mais supérieur aux pression et température des seconds moyens 50 d'alimentation en air. Un premier logement 60a est formé au niveau de l'aube 26 de l'extrémité amont du premier rotor 25. Ce premier logement 60a communique fluidiquement avec la veine annulaire 34 d'air primaire au moyen d'un orifice débouchant vers l'aval et communique fluidiquement avec la cavité annulaire amont 40. Ce premier logement annulaire 60a est agencé radialement au niveau de la cavité annulaire amont 40. La rangée annulaire d'aubes 26 agencée radialement à l'intérieur de la cavité annulaire intermédiaire 46 comprend un troisième logement annulaire 60c lequel communique fluidiquement avec la cavité annulaire intermédiaire 46 et avec la veine annulaire 34 d'air primaire. La rangée annulaire d'aubes 26 agencée radialement à l'intérieur de la cavité annulaire aval 42 comprend un second logement annulaire 60b lequel est hermétique et ne communique ni avec la veine annulaire 34 d'air primaire ni avec la cavité annulaire aval 42.

- [0073] La réalisation de la figure 7 correspond à la réalisation de la figure 5 dans laquelle, la cavité annulaire aval 42 a été séparée en une cavité annulaire intermédiaire 46 et une nouvelle cavité annulaire aval 42. Elle correspond encore à la réalisation de figure 6 dans laquelle les premiers moyens d'étanchéité 44a ont été déplacés vers l'amont et radialement à l'extérieur de la rangée annulaire d'aubes de l'extrémité amont du second rotor 27. Pour le reste, la description réalisée en référence à la figure 6 s'applique également à cette figure.
- [0074] Dans l'une et l'autre des réalisations des figures 6 et 7, les troisièmes moyens 62 d'alimentation en air de refroidissement peuvent comprendre des moyens de commande 64 de l'ouverture/fermeture de l'alimentation en air de la cavité annulaire aval 42. Les moyens de commande 64 peuvent par exemple comprendre une vanne de régulation du débit d'air.
- [0075] Les deux dernières configuration multi-cavités permettent d'ajuster au mieux les besoins en termes de débit de refroidissement et de pression associée en fonction de la détente dans la veine d'air primaire.

## Revendications

- [Revendication 1] Turbine (7) comprenant un premier rotor (25) et un second rotor (27) aptes à pivoter autour d'un axe longitudinal (X) selon deux sens de rotation opposés, le premier rotor (25) comportant un tambour (29) radialement externe à partir duquel des aubes (26) s'étendent radialement vers l'intérieur, le premier rotor (25) et le second rotor (27) étant entourés par une pièce annulaire statorique (31), caractérisé en ce que ladite pièce annulaire statorique (31) délimite avec le tambour (29) au moins une cavité annulaire amont (40) et une cavité annulaire aval (42) séparées l'une de l'autre par des moyens d'étanchéité (44), la cavité annulaire amont (40) étant reliée à des premiers moyens d'alimentation (48) en air de refroidissement à une première pression et la cavité annulaire aval étant reliée à des seconds moyens (50) d'alimentation en air de refroidissement à une seconde pression inférieure à la première pression.
- [Revendication 2] Turbine selon la revendication 1, dans laquelle la cavité annulaire amont (40) communique fluidiquement avec une veine annulaire (34) d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes (26), la veine annulaire (34) étant délimitée radialement à l'extérieur par le tambour (29) du premier rotor (25) et étant délimitée radialement à l'intérieur par un tambour (30) radialement interne du second rotor (27).
- [Revendication 3] Turbine selon la revendication 2, dans lequel l'extrémité amont du tambour (29) du premier rotor (25) délimite avec la pièce annulaire statorique (31) un premier passage (56) annulaire d'air avec la veine annulaire (34) d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes (26).
- [Revendication 4] Turbine selon la revendication 2 ou 3, dans lequel la cavité annulaire aval (42) communique fluidiquement avec la veine annulaire (34) d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes (26).
- [Revendication 5] Turbine selon la revendication 4, dans lequel l'extrémité aval du tambour (29) du premier rotor (25) délimite avec la pièce annulaire statorique (31) un second passage annulaire (58) d'air avec la veine annulaire (34) d'air à l'intérieur de laquelle s'étendent les aubes (26).
- [Revendication 6] Turbine selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle au moins un logement annulaire (60a, 60b, 60c) est formé à la jonction d'au moins une aube (26) du premier rotor avec le tambour (29) du premier rotor (25).
- [Revendication 7] Turbine selon la revendication précédente, dans laquelle un premier

logement (60a) annulaire communique fluidiquement avec la cavité annulaire amont (40).

[Revendication 8] Turbine selon la revendication précédente, dans laquelle le premier logement annulaire (60a) est formé au niveau de l'aube (26) agencée à l'extrémité amont du tambour (29) du premier rotor (25).

[Revendication 9] Turbine selon l'une des revendications 6 à 8, dans laquelle un second logement annulaire (60b) est agencé radialement en vis-à-vis de la cavité annulaire aval (42).

[Revendication 10] Turbine selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle les seconds moyens (50) d'alimentation en air comprennent des moyens de commande (56) de l'ouverture/fermeture de l'alimentation en air.

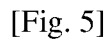
[Revendication 11] Turbine selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle le tambour (29) du premier rotor (25) est tronconique à section augmentant vers l'aval.

[Revendication 12] Turbomachine, telle qu'un turbopropulseur ou un turboréacteur d'avion, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une turbine selon l'une des revendications 1 à 11.

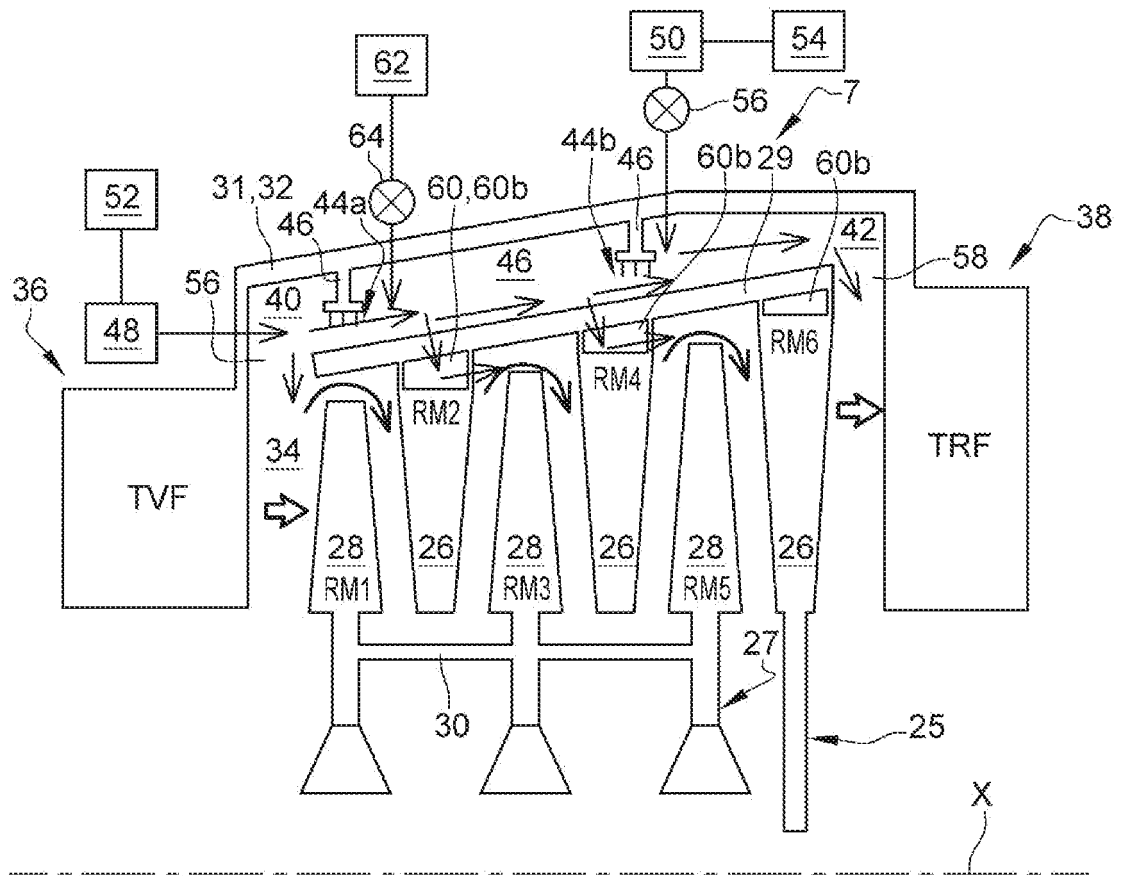
[Revendication 13] Turbomachine selon la revendication 12, dans laquelle les premiers moyens (48) d'alimentation en air de refroidissement sont reliés en amont à des premiers moyens (52) de prélèvement d'air dans un compresseur, de préférence haute pression, et/ou dans laquelle les seconds moyens (50) d'alimentation en air de refroidissement sont reliés en amont à des seconds moyens (54) de prélèvement d'air dans une veine annulaire d'air (34) secondaire qui s'étend radialement à l'extérieur de ladite pièce annulaire statorique (31).







[Fig. 7]



# 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**

US 2019/218913 A1 (SEN ARNAB [IN] ET AL)  
18 juillet 2019 (2019-07-18)

FR 2 938 293 A1 (SNECMA [FR])  
14 mai 2010 (2010-05-14)

EP 2 189 624 A2 (GEN ELECTRIC [US])  
26 mai 2010 (2010-05-26)

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

NEANT

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

NEANT