

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

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

3 055 355

②① N° d'enregistrement national : **16 58045**

⑤① Int Cl⁸ : **F 01 D 11/24 (2016.01)**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF ET PROCÉDE DE REGLAGE DE JEUX ENTRE UN ROTOR ET UN STATOR CONCENTRIQUE D'UNE TURBOMACHINE.

②② Date de dépôt : 30.08.16.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.03.18 Bulletin 18/09.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 19.06.20 Bulletin 20/25.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *JOUY BAPTISTE, MARIE, AUBIN, PIERRE, DESCAMPS LAURENT, CLAUDE, PELLATON BERTRAND, GUILLAUME, ROBIN et VILLARD LOIC, FABIEN, FRANCOIS.*

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES.*

⑦④ Mandataire(s) : *BREVALEX Société à responsabilité limitée.*

FR 3 055 355 - B1



DISPOSITIF ET PROCÉDE DE REGLAGE DE JEUX ENTRE UN ROTOR ET UN STATOR CONCENTRIQUE D'UNE TURBOMACHINE

DESCRIPTION

L'invention concerne un procédé, ainsi qu'un dispositif de réglage de jeux entre un rotor et un stator concentrique d'une turbomachine.

5 L'optimisation des jeux radiaux existant entre le rotor et le stator des turbomachines est nécessaire pour améliorer leur rendement. Les jeux sont régis par les déformations mécaniques du rotor quand celui-ci tourne, ainsi que par les dilatations thermiques. Ces déformations sont différentes aux divers régimes de la machine, et des dilatations thermiques différentielles existent d'ailleurs souvent entre le rotor et le stator,
10 dans des états transitoires ou stabilisés.

Des dispositifs de réglage actif des jeux consistent à souffler un gaz à température différente sur une partie de la machine dont la déformation doit être modifiée. Dans les dispositifs habituels, on procède en soutirant une portion du débit d'air passant par la veine d'écoulement des gaz, à un endroit des compresseurs où l'air
15 est encore relativement frais mais déjà comprimé, et on lui fait parcourir un circuit à l'intérieur du stator pour lui faire impacter le stator avoisinant la veine à l'endroit des turbines. L'air soufflé étant plus frais que les turbines, il contracte le stator et le rapproche du rotor.

Un tel système de réduction des jeux par l'impact d'air frais sur le stator
20 constitue le dispositif connu LPTACC, dont des réalisations sont décrites par exemple dans les documents FR 3 002 971 A, FR 3 002 972 A et FR 3 010 729 A.

Dans certains cas, la diminution de la température du stator peut se révéler insuffisante pour réduire suffisamment les jeux avec le rotor. C'est pourquoi un nouveau procédé de réglage des jeux a été cherché avec l'invention.

25 Il est fondé sur un réglage de la température du rotor, plutôt que de celle du stator, et il repose sur la modification d'un dispositif connu jusqu'ici pour créer ce qu'on appelle un débit de purge hors du rotor et aussi de refroidir les fonds d'alvéole des

disques porteurs des aubes mobiles. D'après cet autre dispositif connu, de l'air également
soutiré à l'endroit des compresseurs est acheminé vers le rotor à travers des bras radiaux
creux traversant la veine, puis soufflé dans une cavité du rotor, qui communique avec la
veine d'écoulement à travers des orifices dits de purge. Comme il est absolument
5 nécessaire d'éviter des fuites des gaz surchauffés de la veine à l'intérieur du rotor, l'air
soufflé dans la cavité est ainsi maintenu à une pression supérieure à celui de ces gaz pour
maintenir un débit de fuite vers l'extérieur de la cavité en toutes circonstances.

L'invention est fondée sur la constatation que, dans certains régimes de
la machine comme les régimes de croisière à vitesse de rotation modérée de la machine,
10 les températures dans la veine au voisinage de la turbine réduisent le besoin d'un débit
de purge important et les besoins en débit de refroidissement au niveau des disques sont
moindres. Il est alors conforme à l'invention d'adapter le dispositif de purge et de
diminuer le soufflage d'air dans la cavité du rotor afin, pour ces régimes, de modérer leur
rafraîchissement induit par le gaz soufflé en augmentant la température de ce gaz, ce qui
15 a pour conséquence une augmentation de la température, une dilatation du rotor, et une
diminution des jeux avec le stator.

Sous une forme générale, un aspect de l'invention est un dispositif de
réglage de jeux entre un rotor et un stator d'une turbomachine, le rotor étant entouré
par le stator et séparé de lui par une veine annulaire d'écoulement de gaz, au moins un
20 compresseur, une chambre de combustion et au moins une turbine se succédant le long
de la veine, la turbomachine comprenant un circuit de ventilation de la turbine
comprenant un conduit dont une extrémité débouche dans la veine à l'endroit du
compresseur, et dont une extrémité opposée débouche dans une cavité du rotor à
l'endroit de la turbine, la cavité débouchant dans la veine par des portions de ventilation
25 s'étendant dans des orifices de purge traversant une structure du rotor séparant la cavité
de la veine, caractérisé en ce que le conduit est muni d'une vanne de fermeture partielle
et réglable du conduit, et d'un moyen de commande de la vanne d'après les états de la
turbomachine.

La commande de la vanne permet de fermer partiellement le conduit et
30 de diminuer le débit d'air frais qui passe et donc le rafraîchissement du rotor, d'autant

plus que l'air, alors soufflé à vitesse moindre, s'échauffe davantage par convection dans son trajet vers la cavité du rotor.

Cela est particulièrement manifeste dans les configurations fréquentes où le conduit comprend une portion amont s'étendant dans le stator, autour de la veine, puis une portion s'étendant dans des bras du stator qui traversent radialement la veine en aval de la chambre de combustion, et que les gaz brûlants originaires de la chambre de combustion voisine contournent, dans lesquels l'air s'échauffe fortement.

La disposition caractéristique de l'invention est indépendante du nombre de conduits utilisés, puisque le conduit mentionné jusqu'à présent est généralement ramifié en conduits parallèles répartis autour du stator afin d'uniformiser la distribution de l'air sur la circonférence. La vanne envisagée dans l'invention peut alors consister en une vanne unique disposée sur un conduit unique à l'entrée du circuit, avant un distributeur de ramifications ; elle peut aussi être présente sur chacun des conduits parallèles résultant de cette ramification.

Dans des modes de régulation susceptibles d'exercer des réglages plus importants, le conduit comprend une bifurcation entre une branche principale portant la vanne et une branche de dérivation. Il est alors possible de faire varier la répartition des débits passant par la branche principale et la branche de dérivation, voire d'obtenir une commutation presque complète du débit entre ces deux branches. Or si ces branches ont des dispositions judicieusement choisies, l'échauffement de l'air soufflé peut être beaucoup plus important dans l'une que dans l'autre : la modification de l'échange de chaleur entre l'air de soufflage dans la cavité du rotor et le rotor lui-même, inexploitée auparavant et produite par une modification du débit de soufflage dans les réalisations de l'invention exposées jusqu'ici, peut alors être renforcée par une modification de la température atteinte par ce gaz dans la cavité du rotor.

C'est ainsi que la branche de dérivation peut être plus longue que la branche principale : la longueur offerte à l'échauffement de l'air est plus importante.

Avantageusement, la branche de dérivation peut comprendre des portions successives s'étendant dans les bras du stator mentionnés plus haut, et

parcourues en sens opposés le long de ces bras dans leur trajet vers la cavité du rotor, puisque l'échauffement est surtout présent dans ces bras.

Un autre aspect de l'invention est un procédé de réglage de jeux entre un rotor et un stator d'une turbomachine, le rotor étant entouré par le stator et séparé de lui par une veine annulaire d'écoulement de gaz, au moins un compresseur, une chambre de combustion et au moins une turbine se succédant le long de la veine, la turbomachine comprenant un circuit de ventilation de la turbine comprenant un conduit dont une extrémité débouche dans la veine à l'endroit du compresseur, et dont une extrémité opposée débouche dans une cavité du rotor à l'endroit de la turbine, la cavité débouchant dans la veine par des orifices de purge traversant une structure du rotor séparant la cavité de la veine, caractérisé en ce qu'il consiste à ajuster le débit de gaz parcourant le conduit (et qui sert aussi au refroidissement des disques du rotor porteurs d'aubes mobiles).

Le débit de gaz est notamment ajusté en étant diminué pour des états de croisière de la turbomachine. Et ainsi qu'on l'a vu, la température de ce gaz qui parcourt le conduit peut aussi être ajustée.

Ces aspects, caractéristiques et avantages de l'invention, ainsi que d'autres, seront maintenant décrits au moyen des figures suivantes, qui représentent deux réalisations importantes mais purement illustratives de l'invention :

- les figures 1 et 2 illustrent une turbomachine habituelle équipée d'un dispositif de soufflage, en coupe longitudinale puis en coupe transversale à l'endroit de bras radiaux qui traversent la veine (ligne II-II à la figure 1) ;

- la figure 3, une turbomachine dérivée de la précédente et équipée de l'invention ;

- et les figures 4 et 5, une autre réalisation de l'invention en coupe longitudinale, puis transversale.

Une turbomachine comprend un rotor 1, un stator 2 entourant le rotor 1, et une veine 3 annulaire d'écoulement des gaz s'étendant entre eux. On trouve successivement, vers l'aval de la veine 3, au moins un compresseur de l'air pénétrant dans la veine 3 (normalement un compresseur à basse pression 4 un compresseur à haute

pression 5), une chambre de combustion 6, et au moins une turbine (normalement une turbine à haute pression 7 et une turbine à basse pression 8) dans laquelle les gaz de combustion se détendent progressivement en entraînant le rotor 1.

Une cavité de rotor 9 s'étend à l'endroit de la turbine à basse pression 8.

5 Elle est entourée par la structure 10 du rotor de la turbine à basse pression 8, et encore délimitée par des structures fixes et donc solidaires du stator 2, notamment à l'extrémité aval 11 de la turbomachine. Des orifices de purge 12, circulaires, s'étendent forcément entre la structure 10 mobile et les structures fixes, et font communiquer la cavité de rotor
10 9 avec la veine 3. C'est pourquoi il est habituel de soutirer de l'air originaire des compresseurs, et par exemple du compresseur à haute pression 5, à partir d'un orifice de prélèvement 13 établi sur la paroi du stator 2, pour le souffler dans la cavité du rotor 9 après lui avoir fait parcourir un circuit 14, seulement esquissé ici mais composé de tubes raccordés entre eux. Le circuit 14 comprend une portion amont 15 à l'intérieur des cavités du stator 2, autour de la veine 3, puis une portion 16 qui passe dans un bras radial
15 17 traversant la veine 3 en aval de la chambre de combustion 6, avant de souffler de l'air devant le rotor 1 et de lui faire rejoindre la cavité du rotor 9, à travers des injecteurs 18 traversant une paroi 19 délimitant cette cavité. La figure 2 montre que le circuit 14 est généralement ramifié, soit complètement à partir d'une pluralité d'orifices de prélèvement 13, soit en aval d'un orifice de prélèvement 13 unique, et qu'il comprend
20 alors une pluralité de tubes d'alimentation parallèles 20 (quatre dans le cas représenté) menant devant les bras radiaux 17, puis se ramifiant chacun en tubes de distribution 21 (douze au total dans l'exemple représenté) traversant les bras radiaux 17 et aboutissant chacun devant un des injecteurs 18. L'air du circuit 14 sert encore à refroidir des disques
25 28, porteurs d'aubes mobiles 29 de la turbine à basse pression 8, et saillant dans la cavité de rotor 9.

Une réalisation de l'invention est décrite à la figure 3. Le dispositif des figures 1 et 2 est complété par une vanne 22 sur le circuit 14, par exemple sur la portion amont 15, et plus précisément sur chacun des tubes d'alimentation 20. Dans cette réalisation particulière, il y a donc quatre vannes 22 semblables entre elles et
30 commandées de la même façon par un dispositif 23 en fonction de divers paramètres

d'état de la turbomachine (vitesse de rotation, température atteinte, historique du fonctionnement, etc.). En variante, si un circuit 14 à origine unique était utilisé, il pourrait être bon de placer une vanne 22 unique entre le point de prélèvement 13 et le distributeur ramifié menant aux conduits d'alimentation 20.

5 La vanne 22 est complètement ouverte dans les circonstances où une purge importante et un refroidissement des disques important sont nécessaires, comme aux régimes de décollage. Dans d'autres circonstances, notamment aux régimes de croisière, à un fonctionnement modéré de la turbomachine, il est prévu de fermer partiellement la vanne 22 pour diminuer le débit passant par le circuit 14. Il se produit un
10 échauffement de la structure 10 de rotor 1 par rapport à un soufflage avec la vanne 22 complètement ouverte, d'abord parce que le débit d'air frais soufflé est réduit, et ensuite parce que cet air a plus de facilité à s'échauffer dans le circuit 14, notamment en passant par les bras radiaux 17. La structure 10 acquiert donc un rayon plus important, ce qui réduit les jeux avec le stator.

15 Dans le mode de réalisation modifié des figures 4 et 5, on ajoute au circuit 14, rencontré jusqu'à présent et comprenant encore une vanne 22 commandée par le dispositif 23, une branche de dérivation 24 aboutissant également aux injecteurs 18 en passant à travers les bras radiaux 17. Le départ de la branche de dérivation 24 est à une bifurcation 25 en amont de la vanne 22. Ici encore, cette disposition est répétée pour
20 toutes les portions ramifiées du circuit 14, comme les tubes d'alimentation 20, si elles existent.

 La branche de dérivation 24 peut prendre l'aspect d'une canalisation s'allongeant en méandres 26 à l'intérieur des bras radiaux 17, ce qui est schématisé à la figure 4 et représenté plus en détail à la figure 5.

25 On retrouve les quatre tubes d'alimentation 20 et les douze tubes de ramification 21, traversant autant de bras radiaux 17, de la réalisation précédente. A ces équipements s'ajoutent quatre tubes d'alimentation secondaires 27, parallèles aux tubes d'alimentation 20 et appartenant à la branche de dérivation 24, et qui se prolongent chacun en un premier segment de tube 28 traversant un premier bras radial (tel que 17a),
30 un tronçon de raccordement interne 29, un deuxième segment de tube 30 traversant un

deuxième bras radial (17b) voisin du précédent 17a (parcouru vers l'extérieur par l'air, alors que le premier segment 28 l'était vers l'intérieur), un tronçon de raccordement externe 31, et un troisième segment de tube 32 traversant un troisième bras radial 17c voisin du précédent 17b, et menant devant l'injecteur 18 correspondant. Les segments de tube 28, 30 et 32 sont voisins des tubes de ramification 21 dans les bras radiaux 17 et composent les méandres 26 avec les tronçons de raccordement 29 et 31. L'air les empruntant est donc chauffé dans trois bras radiaux (17a, 17b et 17c) au lieu d'un seul.

Les portions du circuit sur lesquelles les vannes 22 sont installées correspondent à une branche principale du circuit 14 par laquelle l'essentiel du débit de soufflage passe quand les vannes 22 sont ouvertes. En effet, des trous de calibration non représentés limitent le débit passant par la branche de dérivation 24. Quand toutefois on ferme les vannes 22 pour la même raison que précédemment de diminuer le débit de soufflage, celui-ci est déporté sur la branche de dérivation 24, et sa valeur diminue, même si les vannes 22 sont complètement fermées, ce qui est envisageable dans ce mode de réalisation.

Le même effet de dilatation de la structure 10 est alors obtenu grâce à cette diminution de valeur du débit ; il est même renforcé par l'échauffement plus important réalisé dans les méandres 26, puisque l'air demeure plus longtemps dans cette partie la plus chaude du circuit 14 grâce à l'allongement qu'ils procurent. Cette variante de réalisation est donc susceptible de donner de meilleurs résultats que la précédente, tout en étant plus compliquée.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de réglage de jeux entre un rotor (1) et un stator (2) d'une turbomachine, le rotor étant entouré par le stator et séparé de lui par une veine (3) annulaire d'écoulement de gaz, la turbomachine comprenant au moins un compresseur (4, 5), une chambre de combustion (6) et au moins une turbine (7, 8) qui se succèdent le long de la veine, le dispositif comprenant un circuit de ventilation de la turbine comprenant un conduit dont une extrémité (13) débouche dans la veine à l'endroit du compresseur, et dont une extrémité opposée débouche dans une cavité (9) du rotor à l'endroit de la turbine, le dispositif comprenant aussi une vanne (22) de fermeture partielle et réglable du conduit disposée sur le conduit, un moyen de commande de la vanne d'après des états de la turbomachine,, caractérisé en ce que le conduit comprend une portion amont (15) s'étendant dans le stator (2) autour de la veine (3), puis une portion (16) s'étendant dans des bras (17) du stator qui traversent radialement la veine en aval de la chambre de combustion (6), et comprend des portions successives (28, 30, 32), s'étendant dans les bras (17) du stator et parcourues en sens opposés le long desdits bras vers la cavité du rotor.

2. Dispositif de réglage de jeux suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la vanne (22) est portée par la branche principale, et la dérivation est munie de trous de calibration qui limitent les débits passant par elle.

3. Dispositif de réglage de jeux suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la portion amont est ramifiée en conduits (20) parallèles répartis autour du stator, et en ce que chacun desdits conduits parallèles porte une dite vanne (22).

4. Dispositif de réglage de jeux suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le conduit comprend une bifurcation (25) entre une branche principale portant la vanne (22) et une branche de dérivation (24).

5. Dispositif de réglage de jeux suivant la revendication 4, caractérisé en ce que la branche de dérivation est plus longue que la branche principale.

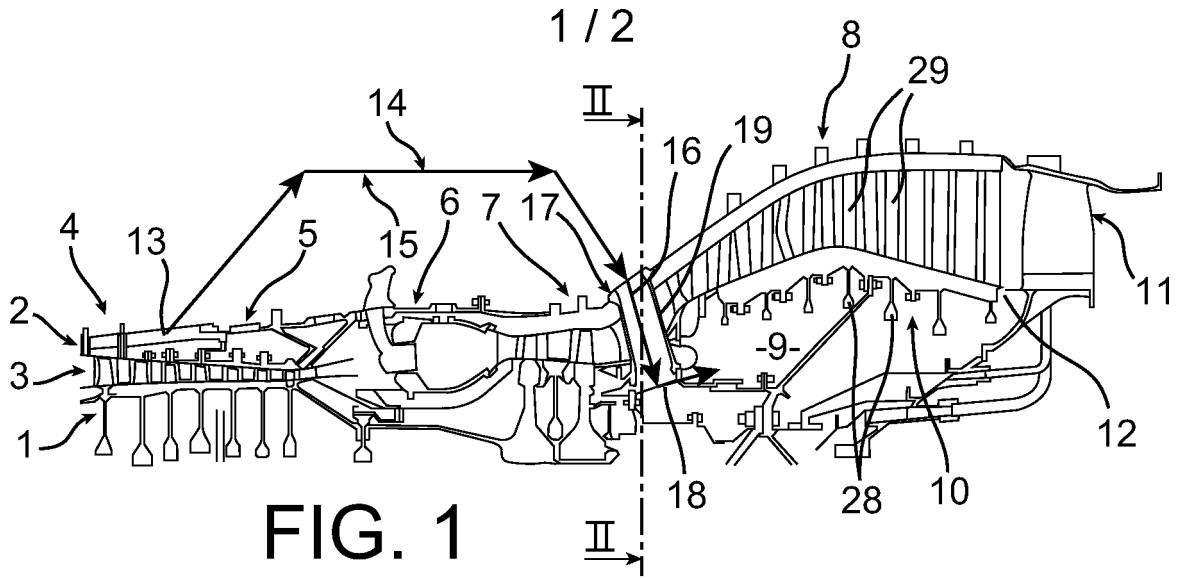


FIG. 1

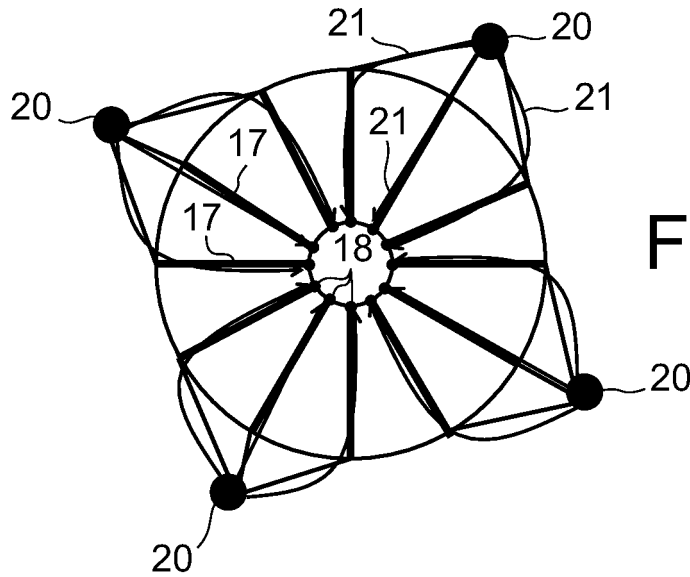


FIG. 2

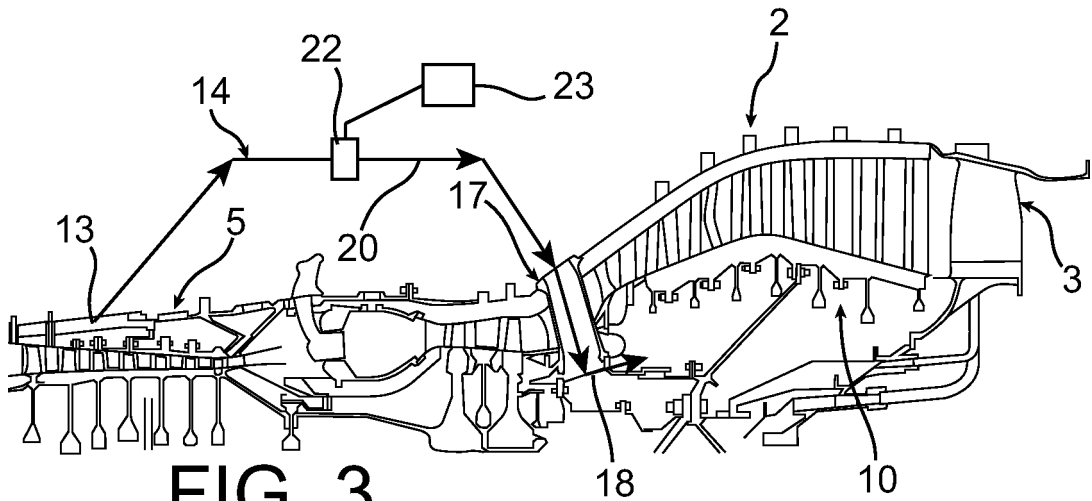


FIG. 3

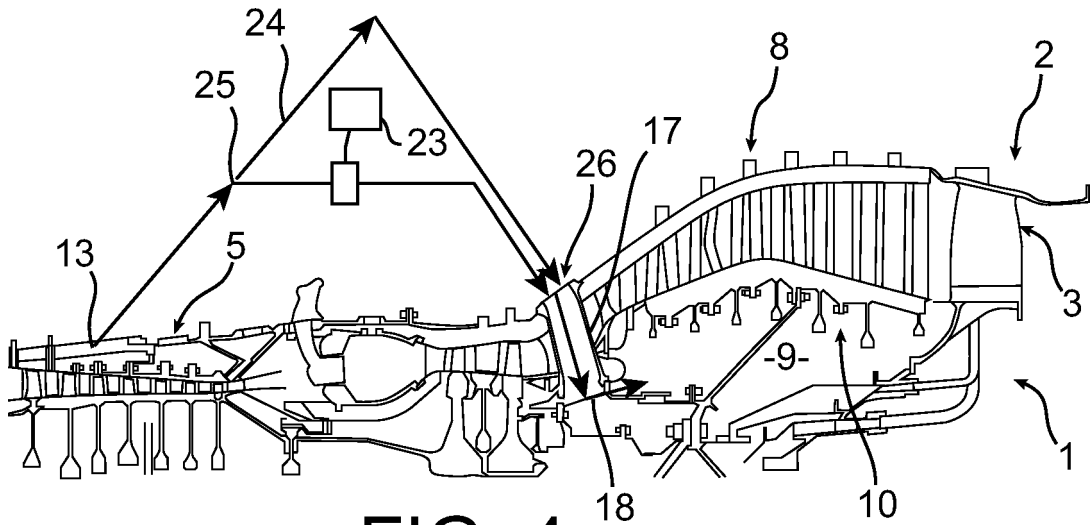


FIG. 4

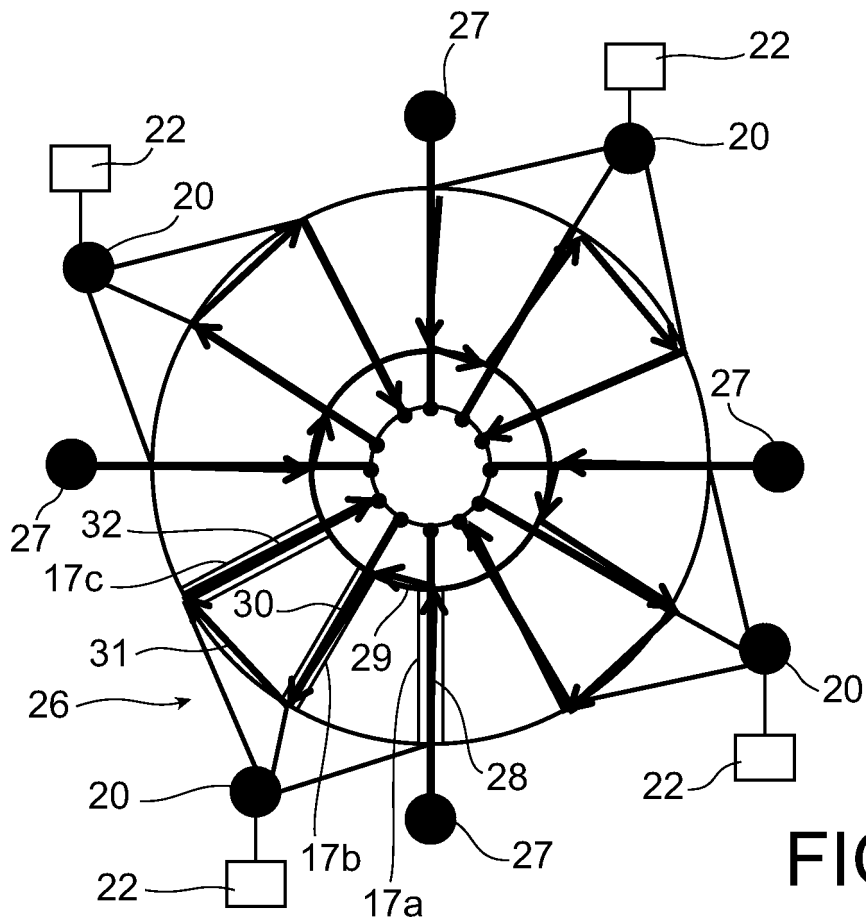


FIG. 5

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**

FR 3 010 729 A1 (SNECMA [FR]) 20 mars 2015 (2015-03-20)

FR 3 002 971 A1 (SNECMA [FR]) 12 septembre 2014 (2014-09-12)

US 2005/050901 A1 (LITTLE DAVID ALLEN [US]) 10 mars 2005 (2005-03-10)

US 2015/285088 A1 (BALLARD JR HENRY G [US] ET AL) 8 octobre 2015 (2015-10-08)

**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