(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 034 145**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **15 52537**

(51) Int Cl[8] : ***F 04 D 29/58*** *(2016.01), F 04 D 29/54, 29/56, 29/68, F 02 C 7/047*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 26.03.15.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 30.09.16 Bulletin 16/39.

(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 Société anonyme* — FR.

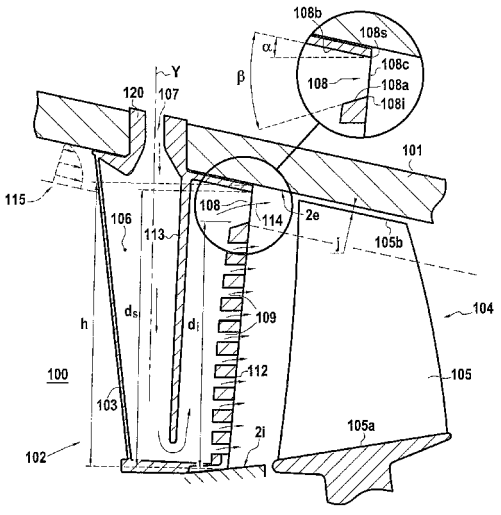
(72) **Inventeur(s) :** SCHOLTES CHRISTOPHE, DELAHAYE THOMAS, NOLWENN, EMMANUEL et TOUYERAS ARMEL, MARIE, JEAN, PASCAL.

(73) **Titulaire(s) :** SNECMA Société anonyme.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET BEAU DE LOMENIE.

(54) ETAGE DE COMPRESSEUR.

(57) L'invention concerne le domaine des compresseurs, et spécifiquement un étage (100) de compresseur comprenant au moins un carter (101) délimitant une veine d'air (2), un stator (102) comprenant une pluralité d'aubes directrices (103) arrangées radialement autour d'un axe central (X) dans la veine d'air (2), et un rotor (104), apte à tourner autour de l'axe central (X) par rapport au stator (102), et comprenant une pluralité de pales (105) arrangées radialement autour de l'axe central (X) en aval des aubes directrices (103) dans la veine d'air (2). Chaque pale (105) du rotor (104) s'étend d'un pied (105a) de pale à une tête (105b) de pale plus éloignée que le pied (105a) de pale de l'axe central (X) et présente un jeu radial (j) entre la tête (105b) de pale et le carter (101). Afin d'éviter la formation de givre sur les aubes directrices, ainsi que de tourbillons de jeu en tête de pale, au moins une desdites aubes directrices (103) comprend une cavité interne (106) avec une entrée (107) d'air chaud pour dégivrer cette aube directrice (103), et la cavité interne (106) présente un premier passage (108) de sortie vers un bord de fuite (112) de l'aube directrice (103) pour l'injection d'un jet d'air (114) dans une couche limite (115) adjacente au carter (101) en amont des pales (105) du rotor (104).



FR 3 034 145 - A1

Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne le domaine des turbomachines et plus particulièrement celui des compresseurs.

On entend par turbomachine, dans le présent contexte, toute machine dans laquelle peut s'opérer un transfert d'énergie entre un écoulement de fluide et au moins un aubage, comme, par exemple, un compresseur, une pompe, une turbine, ou bien une combinaison d'au moins deux de ceux-ci. Les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport au sens de circulation normal du fluide de travail à travers la turbomachine.

Parmi les turbomachines on compte notamment les moteurs thermiques à turbine, qui permettent la conversion de l'énergie chimique d'un carburant en énergie thermique par combustion du carburant, et ensuite la conversion de cette énergie thermique en énergie mécanique par détente d'un fluide de travail chauffé par la combustion du carburant.

Dans les moteurs thermiques à turbine à combustion interne, tels que les turbines de gaz, les turbomoteurs, les turboréacteurs à simple ou double flux, ou les turbopropulseurs, la combustion s'opère directement dans le fluide de travail, qui est typiquement de l'air. Typiquement ces moteurs thermiques à turbine à combustion interne comportent au moins un compresseur en amont de la chambre de combustion et au moins une turbine, en aval de la chambre de combustion, couplée au compresseur pour son actionnement par une détente partielle du fluide de travail chauffé par la combustion du carburant. Normalement, un restant d'énergie thermique du fluide de travail peut alors être récupéré en tant qu'énergie mécanique par une tuyère de réaction et/ou au moins une turbine supplémentaire couplée à un arbre moteur.

Parmi les compresseurs, on compte notamment les compresseurs axiaux, dans lesquels la direction d'écoulement du fluide de travail est sensiblement parallèle à un axe central de rotation d'au moins un aubage rotatif, ou rotor, transférant de l'énergie au fluide de travail pour sa

compression. Dans un étage de compresseur axial, le rotor comprend typiquement une pluralité de pales arrangées radialement, chaque pale du rotor s'étendant d'un pied de pale à une tête de pale plus éloignée que le pied de pale de l'axe central et présentant un jeu radial entre la tête de pale et un carter délimitant la veine de circulation du fluide de travail. Ce jeu radial est normalement nécessaire pour empêcher le contact des têtes de pale avec le carter, contact qui non seulement générerait des pertes par frottement, mais risquerait même d'endommager le carter et/ou le rotor. Toutefois, ce jeu permet aussi la naissance d'un tourbillon en bout de pale, tourbillon qui non seulement dégrade sensiblement le rendement de l'étage de compresseur, mais qui est également nuisible à la marge en stabilité du rotor, en particulier sur les premiers étages de compresseur.

Afin de souffler ces tourbillons de jeu, il a déjà été proposé dans l'état de la technique, par exemple dans les brevets US 8,182,209 et 8,882,443, ainsi que dans la demande internationale de brevet WO 2011/023891, d'injecter un jet d'air dans une couche limite adjacente au carter en amont des pales du rotor, de manière à énergiser cette couche limite, et augmenter la stabilité de l'écoulement en tête de pale au rotor. Localement, l'ampleur et persistance des tourbillons de jeu peuvent ainsi être fortement diminués, et la marge en stabilité et le rendement de cet étage de compresseur être sensiblement améliorés. Toutefois, l'air injecté de cette manière dans la couche limite est normalement prélevé en aval de l'étage de compresseur, ce qui implique une pénalité sur les performances, ainsi qu'une complexité mécanique accrue. Par ailleurs, cet air est en conséquence plus chaud que la couche limite dans laquelle il est injecté ce qui en limite l'efficacité pour énergiser la couche limite.

En même temps, un tel étage de compresseur comprend normalement aussi un stator comprenant une pluralité d'aubes directrices arrangées radialement autour d'un axe central dans la veine d'air en amont du rotor. Ces aubes directrices, surtout dans un premier étage de compresseur de turbopropulseur, turbomoteur ou turboréacteur à simple flux, peuvent présenter un risque de givrage. Pour limiter ce risque de givrage, des dispositifs électriques ont été proposés, ainsi que des variations d'angle d'attaque des aubes directrices. Toutefois, ces

dispositifs augmentent aussi la complexité et le poids de l'étage de compresseur, ou ont un impact négatif sur ses performances.

Objet et résumé de l'invention

La présente divulgation vise à remédier à ces inconvénients, en proposant un étage de compresseur avec dégivrage des aubes directrices et une marge de stabilité plus élevée, mais une complexité restreinte. Cet étage de compresseur peut comprendre au moins un carter délimitant une veine d'air, un stator comprenant une pluralité d'aubes directrices arrangées radialement autour d'un axe central dans la veine d'air, et un rotor, apte à tourner autour de l'axe central par rapport au stator, et comprenant une pluralité de pales arrangées radialement autour de l'axe central en aval des aubes directrices dans la veine d'air, chaque pale du rotor s'étendant d'un pied de pale à une tête de pale plus éloignée que le pied de pale de l'axe central et présentant un jeu radial entre la tête de pale et le carter. L'étage de compresseur peut notamment être un étage axial, quoique l'invention puisse aussi être éventuellement appliquée sur un étage du type dit radial ou centrifuge.

Dans au moins un mode de réalisation le but recherché est atteint grâce au fait que au moins une desdites aubes directrices comprend une cavité interne avec une entrée d'air chaud pour dégivrer cette aube directrice, et en ce que la cavité interne présente un premier passage de sortie vers un bord de fuite de l'aube directrice pour l'injection d'un jet d'air dans une couche limite adjacente au carter en amont des pales du rotor.

Grâce à ces dispositions, il est possible d'assurer d'une part le dégivrage de l'aube directrice, et d'autre part l'injection d'un jet d'air, refroidi dans la cavité interne de l'aube et donc plus dense que via une réinjection sans circuit de dégivrage, dans la couche limite de manière à souffler les tourbillons de jeu en aval et donc augmenter la marge de stabilité et le rendement du compresseur.

Afin de diriger le jet d'air vers la couche limite, ledit premier passage de sortie peut être délimité du côté de l'axe central, dans un plan axial et radial, par une surface convergeant vers le carter en aval. Cette surface peut être notamment courbe et convexe dans le plan axial et radial, pour une plus grande efficacité aérodynamique, mais pourrait alternativement être droite.

D'autre part, afin de suivre le contour du carter, ledit premier passage de sortie peut être délimité d'un côté opposé à l'axe central, dans un plan axial et radial, par une surface présentant, par rapport à une direction axiale, un angle d'inclinaison vers l'axe central en aval entre 0° et 30°.

En particulier, ledit premier passage de sortie peut être convergent vers l'aval, formant ainsi une tuyère convergente pour accélérer le jet d'air. Dans un plan axial et radial, ledit passage de sortie peut notamment présenter un angle de convergence entre 10° et 60°.

Pour une plus grande efficacité, ledit premier passage de sortie peut déboucher dans une fente sur une surface externe de l'aube directrice. Cette fente peut présenter un bord inférieur situé entre 80% et 95% d'une hauteur de veine et/ou un bord supérieur situé entre 90% et 100% de la hauteur de veine. Dans ce contexte, on entend par « hauteur de veine » la distance en direction radiale d'un bord intérieur de la veine d'air, du côté de l'axe central, à un bord extérieur de la veine d'air, du côté du carter, au niveau de la fente, et les positions du bord inférieur et du bord supérieur de la fente sont mesurées en direction radiale vers l'extérieur à partir du bord inférieur de la veine d'air.

Pour faciliter la provision d'air chaud, l'entrée d'air chaud peut notamment être située radialement vers l'extérieur par rapport à la cavité interne. Dans ce cas, pour assurer un meilleur échange thermique, la cavité interne peut présenter une cloison radiale, située entre l'entrée et le premier passage de sortie, et ouverte à une extrémité opposée à l'entrée d'air. L'air chaud suivra ainsi un parcours serpentin, cédant ainsi plus de

chaleur à l'aube directrice pour mieux assurer son dégivrage et être injecté à une température moins élevée dans la couche limite.

Pour permettre le passage d'un plus grand débit d'air chaud pour le dégivrage, la cavité interne peut présenter au moins un autre passage de sortie, débouchant séparément du premier passage de sortie sur le bord de fuite de l'aube directrice, à une position plus proche de l'axe central que le premier passage de sortie. Toutefois, le premier passage de sortie peut présenter une section transversale supérieure à l'autre passage de sortie.

Pour augmenter le rendement de l'étage de compresseur axial à plusieurs régimes, les aubes directrices peuvent être à incidence variable.

La présente divulgation se rapporte aussi à un compresseur comprenant un tel étage de compresseur axial, en particulier comme premier étage, ainsi qu'à une turbomachine, notamment un moteur thermique à turbine à combustion interne et plus particulièrement un turbopropulseur, quoiqu'un turbomoteur, un turboréacteur ou une turbine à gaz soient aussi envisageables, entre autres, comprenant un tel étage de compresseur.

La présente divulgation se rapporte par ailleurs aussi à un procédé de suppression de tourbillon de jeu de tête de pale d'un tel étage de compresseur, dans lequel un jet d'air ayant circulé à travers la cavité interne de l'aube directrice pour son dégivrage est injecté en amont des pales du rotor, à travers le premier passage de sortie, dans une couche limite adjacente au carter en amont des pales du rotor et traversée par les têtes de pale, de manière à énergiser la couche limite.

Brève description des dessins

L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux, à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation représentés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un turbopropulseur avec un compresseur multi-étages ;
- la figure 2 est une vue schématique d'un premier étage du compresseur du turbopropulseur de la figure 1 suivant un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 est un schéma illustrant l'effet d'un jet d'air injecté dans la couche limite adjacente au carter en amont du rotor sur l'incidence effective en tête de pale du rotor ; et
- la figure 4 est une vue schématique d'un premier étage de compresseur suivant un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée de l'invention

La figure 1 illustre un turbopropulseur 1 comprenant, suivant le sens d'écoulement de l'air dans une veine d'air 2, un compresseur multi-étages 4, une chambre de combustion 5, une première turbine 6, couplée au compresseur multi-étages 4 par un premier arbre rotatif 7, et une deuxième turbine 8, ou turbine libre, couplée à un deuxième arbre rotatif 9, ou arbre rotatif de sortie, qui peut notamment entraîner une hélice 10 pour assurer la propulsion d'un véhicule tel qu'un aéronef. Le compresseur 4, chambre de combustion 5 et turbine 6 forment ensemble ce qui est généralement connu comme « générateur de gaz », et qu'on peut retrouver dans la plupart des moteurs thermiques à turbine à combustion interne, y compris dans les turbomoteurs, turboréacteurs à simple ou double flux et turbines à gaz.

La figure 2 illustre un premier étage 100, axial, du compresseur 4. Cet étage 100 de compresseur axial comprend un carter 101 délimitant la veine d'air 2, un stator 102 avec une pluralité d'aubes directrices 103 arrangées radialement autour d'un axe central X dans la veine d'air 2, et un rotor 104, apte à tourner autour de l'axe central X avec l'arbre rotatif 7, et comprenant une pluralité de pales 105 arrangées radialement autour de l'axe central X en aval des aubes directrices 103 dans la veine d'air 2.

Chaque pale 105 du rotor 104 s'étend radialement d'un pied de pale 105a à une tête de pale 105b à proximité du carter 101. Un jeu j sépare la tête de pale 105b du carter 101, pour empêcher leur contact. Toutefois, des fuites de l'intrados à l'extrados de chaque pale 105 à travers ce jeu j réduisent la marge de stabilité et le rendement de ce premier étage 100 du compresseur 4. Par ailleurs, ces fuites causent des tourbillons qui peuvent se propager en aval du premier compresseur 4, générant des pertes de rendement et des vibrations supplémentaires aux autres étages.

Chaque aube 103 du stator 102 est connectée au carter 101 par un pivot 120 lui permettant de pivoter autour d'un axe radial Y afin de faire varier l'incidence de l'aube 103 par rapport à l'écoulement dans la veine d'air. En outre, dans le mode de réalisation illustré, chaque aube 103 est creuse, présentant une cavité interne 106 connectée à une source d'air chaud à travers une entrée 107 dans le pivot 120. La cavité interne 106 présente aussi une pluralité de passages de sortie 108,109 vers des fentes 110,111 au bord de fuite 112 de l'aube 103, afin de permettre un écoulement de l'air chaud, à travers la cavité interne 106, de l'entrée 107 vers les fentes 110, 111 de sortie. Par ailleurs, la cavité interne 106 présente aussi une nervure 113, formant une cloison radiale partielle dans la cavité 106, entre l'entrée 107 et les passages de sortie 108, 109, ouverte à l'extrémité opposée à l'entrée 107 en direction radiale. Ainsi, l'écoulement d'air chaud à travers la cavité interne 106 va suivre un parcours serpentin, avec un premier segment dans lequel l'air circule en direction sensiblement radiale de l'extérieur vers l'intérieur, un deuxième segment dans lequel l'air circule en direction sensiblement radiale de l'intérieur vers l'extérieur, et un coude entre les deux segments, au niveau de l'ouverture à travers la nervure 113. Ainsi, la nervure 113 allonge le parcours de l'air chaud à travers la cavité 106, maximisant ainsi l'échange de chaleur entre cet air chaud et l'aube 103.

En outre, parmi les passages de sortie 108, 109, le passage 108 le plus proche au carter 101 présente une section d'écoulement plus importante que les autres, et une géométrie particulière. Plus particulièrement, ce passage 108 est convergent en aval, formant ainsi une tuyère convergente accélérant l'écoulement de l'air en sortie pour former un jet

d'air 114. Du côté radialement intérieur, c'est-à-dire du côté de l'axe central X, le passage 108 est délimité par une paroi 108a qui, dans le plan radial et axial illustré, converge vers le carter 101 en aval. Du côté radialement extérieur, c'est-à-dire du côté opposé à l'axe central X, le passage 108 est délimité par une paroi 108b qui, dans le même plan radial et axial, peut être approximativement parallèle au carter 101. Ainsi, comme le carter 101 peut être légèrement convergent en aval, la paroi 108b peut présenter, dans ce plan radial et axial, un angle α (ALPHA) de, par exemple, entre 0° et 30° par rapport à l'axe central X, convergeant ainsi vers l'axe central X en aval. L'angle β (BETA) de convergence entre les parois 108a et 108b vers l'aval peut être, par exemple, entre 10° et 60°. Le passage 108 débouche dans une fente 108c sur une surface externe de l'aube 103. Cette fente 108c peut être située directement sur le bord de fuite 112 de l'aube 103, quoique d'autres positions à proximité du bord de fuite 112, comme par exemple sur l'extrados ou l'intrados de l'aube 103, entre son maitre-couple et le bord de fuite 112, soient également envisageables. Dans le mode de réalisation illustré, avec une hauteur de veine h d'un bord intérieur 2i au bord extérieur 2e de la veine d'air 2 à la position axiale de la fente 108c, un bord inférieur 108i de la fente 108c est situé à une distance radiale d_i du bord intérieur 2i de la veine d'air 2 de, par exemple, entre 80% et 95% de la hauteur de veine h et un bord supérieur 108s de la fente 108c est situé à une distance radiale d_s du bord intérieur 2i de la veine d'air 2 de, par exemple, entre 90% et 100% de la hauteur de veine h.

En fonctionnement, l'air chaud introduit dans la cavité 106 à travers l'entrée 107 va traverser cette cavité 106 jusqu'aux passages de sortie 108, 109. En ce faisant, l'air chaud, qui peut provenir d'une prise en aval d'au moins cet étage de compresseur 100, va chauffer l'aube 103, assurant ainsi son dégivrage, tout en se refroidissant. Le passage de sortie 108 va ainsi injecter un jet d'air 114 relativement froid, et donc dense, dans une couche limite 115 adjacente au carter 101 et traversée par les têtes 104b des pales 104 dans leur rotation, de manière à énergiser cette couche limite 115 en amont des pales. La figure 3 illustre l'effet de cette accélération de la couche limite en tête des pales 104. Dans ce diagramme, les flèches v_{a1}, v_{a2}, v_{a3} correspondent à trois vecteurs de vitesse apparente en tête de pale, avec la même vitesse de rotation v_r,

mais des vitesses d'écoulement v_{e1},v_{e2},v_{e3} croissantes dans la couche limite 115. On y voit ainsi comment l'augmentation de la vitesse d'écoulement de la couche limite 115, grâce à l'injection du jet d'air 114, peut diminuer l'angle d'incidence en tête d'aube, et ainsi éviter les décrochages locaux et la génération de tourbillons de jeu.

Bien que dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2 la paroi 108a soit droite, il est également envisageable de la rendre courbe et convexe, comme dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, pour optimiser l'aérodynamique du passage 108 et ainsi réduire les pertes de charge dans ce passage. Le reste des éléments dans cette figure sont équivalents à ceux du premier mode de réalisation, et reçoivent en conséquence les mêmes repères. Il serait également envisageable de n'avoir des telles cavités internes et/ou un passage de sortie apte à injecter un jet d'air dans la couche limite que dans un sous-ensemble des aubes du stator.

Quoique la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des différentes modifications et changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En outre, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation évoqués peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

REVENDICATIONS

1. Etage (100) de compresseur, comprenant au moins:
un carter (101) délimitant une veine d'air (2) ;
un stator (102) comprenant une pluralité d'aubes directrices (103) arrangées radialement autour d'un axe central (X) dans la veine d'air (2) ;
un rotor (104), apte à tourner autour de l'axe central (X) par rapport au stator (102), et comprenant une pluralité de pales (105) arrangées radialement autour de l'axe central (X) en aval des aubes directrices (103) dans la veine d'air (2), chaque pale (105) du rotor (104) s'étendant d'un pied (105a) de pale à une tête (105b) de pale plus éloignée que le pied (105a) de pale de l'axe central (X) et présentant un jeu radial (j) entre la tête (105b) de pale et le carter (101) ;
l'étage (100) de compresseur étant caractérisé en ce qu'au moins une desdites aubes directrices (103) comprend une cavité interne (106) avec une entrée (107) d'air chaud pour dégivrer cette aube directrice (103), et en ce que la cavité interne (106) présente un premier passage (108) de sortie vers un bord de fuite (112) de l'aube directrice (103) pour l'injection d'un jet d'air (114) dans une couche limite (115) adjacente au carter (101) en amont des pales (105) du rotor (104).

2. Etage (100) de compresseur suivant la revendication 1, dans lequel, dans un plan axial et radial, ledit premier passage de sortie (108) est délimité du côté de l'axe central par une surface (108a) convergeant vers le carter (101) en aval.

3. Etage (100) de compresseur suivant la revendication 2, dans lequel la surface (108a) délimitant le premier passage de sortie (108) du côté de l'axe central (X) est courbe et convexe dans le plan axial et radial.

4. Etage (100) de compresseur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, dans un plan axial et radial, ledit premier passage de sortie (108) est délimité d'un côté opposé à l'axe central (X) par une surface (108b) présentant, par rapport à une direction axiale, un angle (α) d'inclinaison vers l'axe central en aval entre 0° et 30°.

5. Etage (100) de compresseur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit premier passage de sortie (108) est convergent vers l'aval.

6. Etage (100) de compresseur suivant la revendication 5, dans lequel, dans un plan axial et radial, ledit premier passage de sortie (108) présente un angle de convergence (β) entre 10° et 60°.

7. Etage (100) de compresseur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit premier passage de sortie (108) débouche dans une fente (108c) sur une surface externe de l'aube directrice (103).

8. Etage (100) de compresseur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'entrée (107) d'air chaud est située radialement vers l'extérieur par rapport à la cavité interne (106), et la cavité interne (106) présente une cloison radiale (113), située entre l'entrée (107) et le premier passage de sortie (108), et ouverte à une extrémité opposée à l'entrée d'air (107).

9. Etage (100) de compresseur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la cavité interne présente au moins un autre passage de sortie (109), débouchant séparément du premier passage de sortie (108) sur le bord de fuite (112) de l'aube directrice (103), à une position plus proche de l'axe central (X) que le premier passage de sortie (108).

10. Etage (100) de compresseur suivant la revendication 9, dans lequel le premier passage de sortie (108) présente une section transversale supérieure à l'autre passage de sortie (109).

11. Etage (100) de compresseur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les aubes directrices (103) sont à incidence variable.

12. Compresseur (4) comprenant un premier étage (100) suivant l'une quelconque des revendications précédentes.

13. Turbopropulseur (1) comprenant un compresseur (4) suivant la revendication 12.

14. Procédé de suppression de tourbillon de jeu de tête de pale d'un étage de compresseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel un jet d'air (114) ayant circulé à travers la cavité interne (106) de l'aube directrice (103) pour son dégivrage est injecté en amont des pales (105) du rotor (104), à travers le premier passage de sortie (108), dans une couche limite (115) adjacente au carter (101) en amont des pales (105) du rotor (104) et traversée par les têtes de pale (105b), de manière à énergiser la couche limite (115).

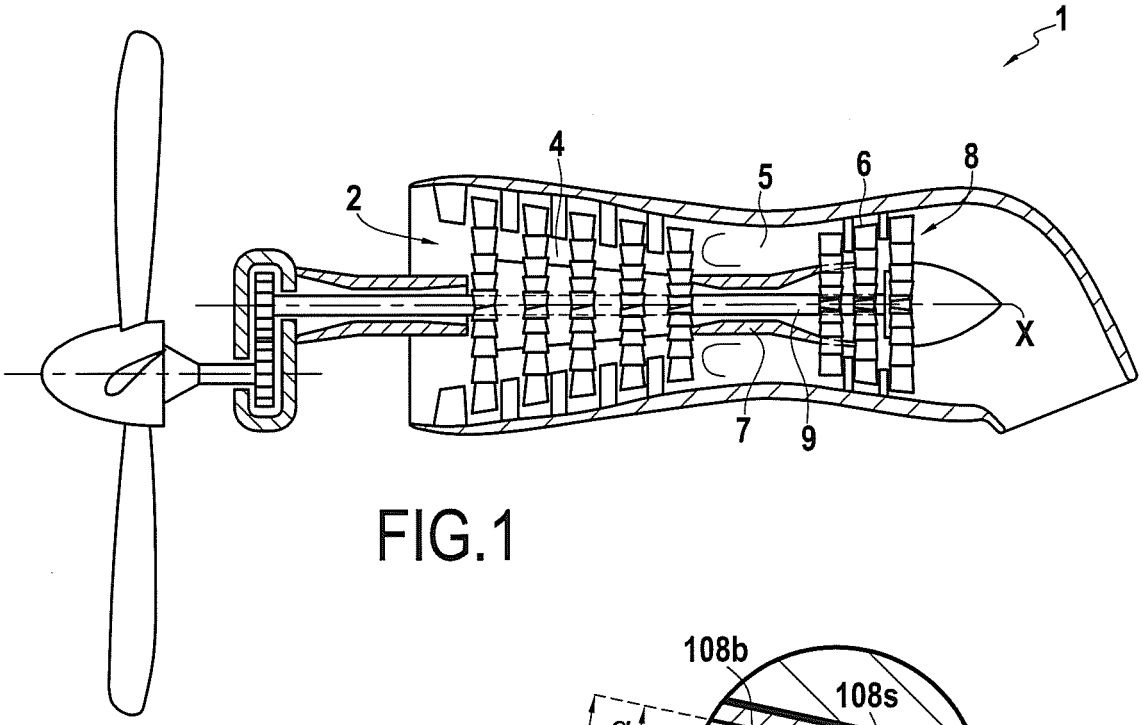

1
2
4
5
6
8
X
7
9

FIG.1

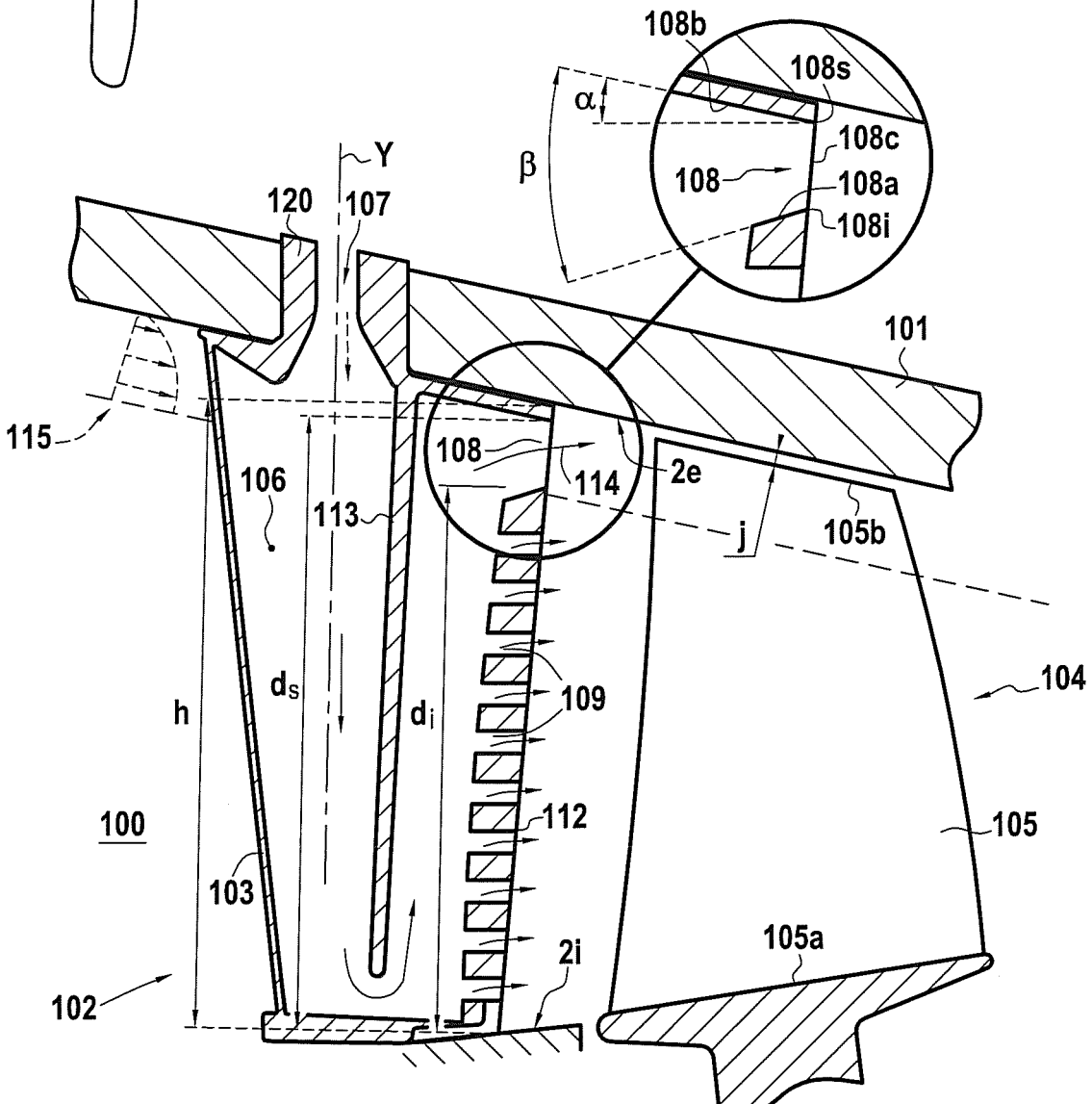

108b
108s
α
β
108c
108
108a
108i
Y
120
107
101
115
108
114
2e
106
113
j
105b
104
h
d_s
d_i
109
112
105
100
103
105a
2i
102

FIG.2

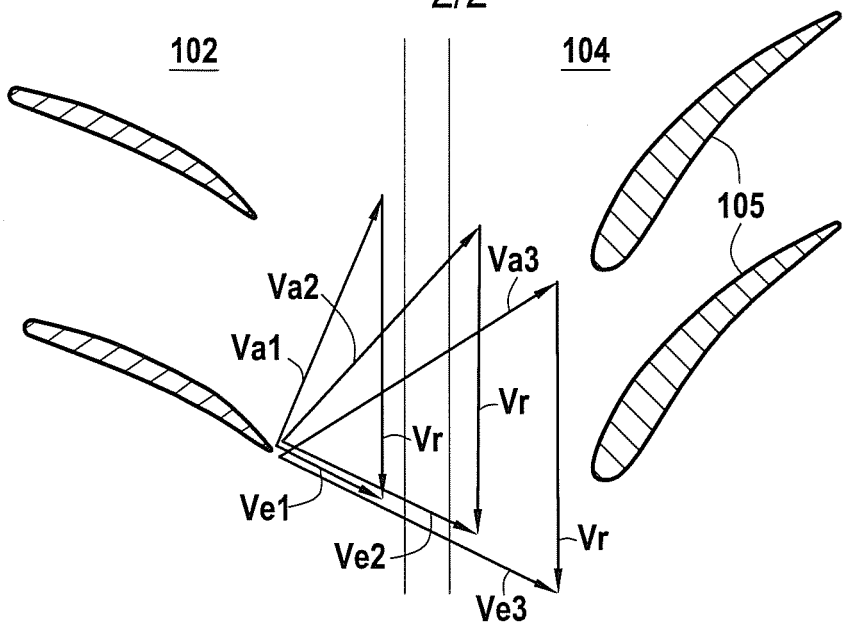

102
104
105
Va2
Va3
Va1
Vr
Vr
Vr
Ve1
Ve2
Ve3

FIG.3

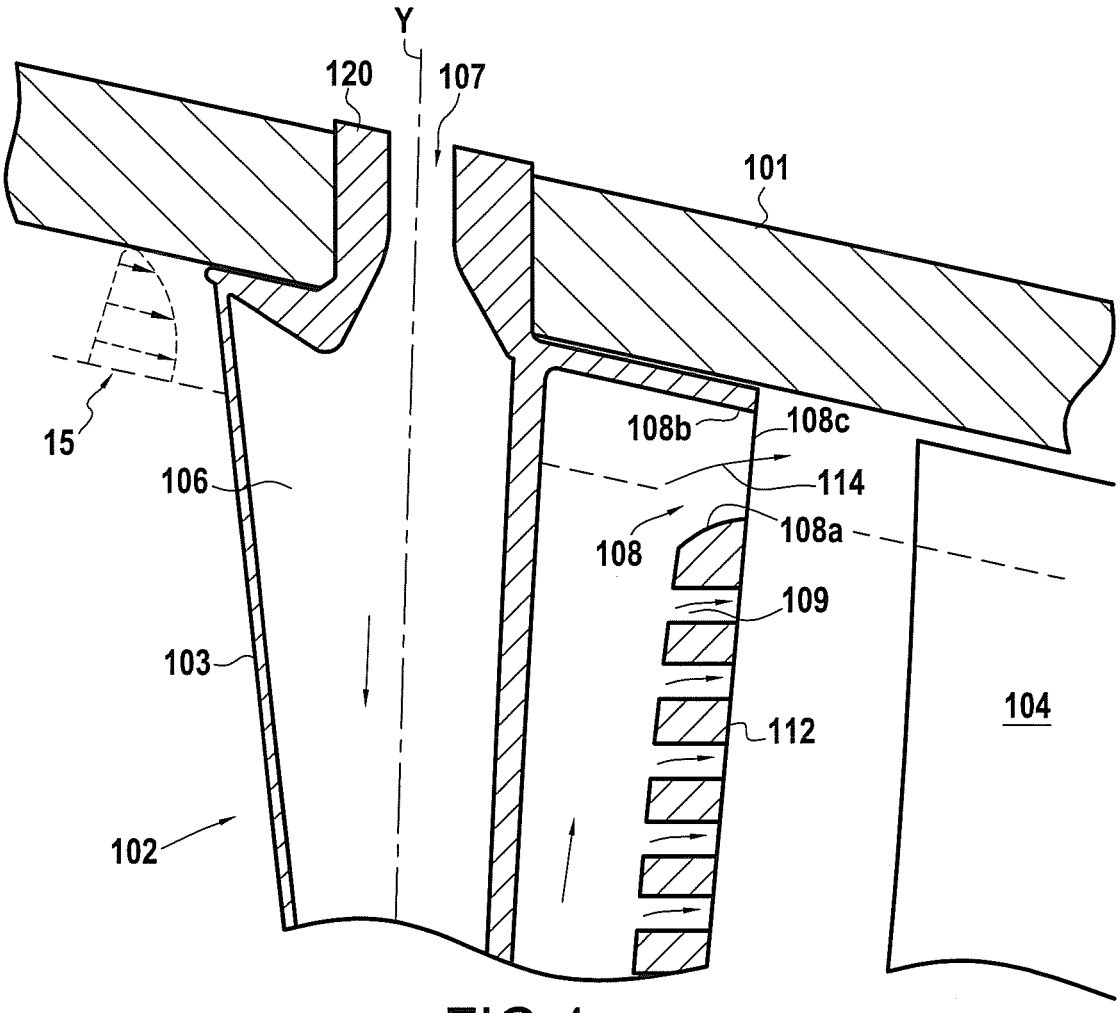

Y
120
107
101
15
108b
108c
106
114
108
108a
109
103
104
112
102

FIG.4

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 807699
FR 1552537

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		
A	US 8 182 209 B2 (BRAULT MICHEL GILBERT ROLAND [FR] ET AL) 22 mai 2012 (2012-05-22) * abrégé * * colonne 3, ligne 14 - ligne 31 * * figures * -----	1-14	F04D29/58 F04D29/54 F04D29/56 F04D29/68 F02C7/047
A	EP 1 609 999 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 28 décembre 2005 (2005-12-28) * abrégé * * alinéa [0003] * * alinéa [0008] * * alinéa [0020] * * alinéa [0034] * * figures * -----	1-14	
A	US 6 125 626 A (EL-AINI YEHIA M [US] ET AL) 3 octobre 2000 (2000-10-03) * abrégé * * colonne 4, ligne 2 - ligne 13 * * figure 4 * -----	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01D F02C

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
8 mars 2016	Mielimonka, Ingo

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet 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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1552537 FA 807699

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 08-03-2016
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 8182209 B2	22-05-2012	CA 2632360 A1	30-11-2008
		EP 1998025 A1	03-12-2008
		FR 2916815 A1	05-12-2008
		JP 5294710 B2	18-09-2013
		JP 2008298076 A	11-12-2008
		US 2008298951 A1	04-12-2008
EP 1609999 A2	28-12-2005	DE 102004030597 A1	26-01-2006
		EP 1609999 A2	28-12-2005
		US 2006104805 A1	18-05-2006
US 6125626 A	03-10-2000	DE 69825825 D1	30-09-2004
		DE 69825825 T2	01-09-2005
		DE 69836154 T2	01-02-2007
		EP 0899427 A2	03-03-1999
		EP 1353039 A2	15-10-2003
		JP H11141307 A	25-05-1999
		US 6055805 A	02-05-2000
		US 6125626 A	03-10-2000

EPO FORM P0465