

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

①① N° de publication : **3 133 063**

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

②① N° d'enregistrement national : **22 01668**

⑤① Int Cl⁸ : **F 01 D 5/18 (2022.01), F 01 D 11/04**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Aubage de turbomachine, comprenant une pale et une plateforme qui présente un canal interne d'aspiration et d'éjection de flux.

②② Date de dépôt : 25.02.22.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 01.09.23 Bulletin 23/35.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 02.08.24 Bulletin 24/31.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *CHERKAOUI Nour et PINTAT
Ludovic.*

⑦③ Titulaire(s) : *Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS).*

⑦④ Mandataire(s) : *REGIMBEAU.*

FR 3 133 063 - B1



Description

Titre de l'invention : Aubage de turbomachine, comprenant une pale et une plateforme qui présente un canal interne d'aspiration et d'éjection de flux

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne le domaine des turbomachines d'aéronef, et plus particulièrement le domaine des aubages de turbomachine comprenant une pale, une plateforme et un canal interne pour une turbine d'une turbomachine.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Un aéronef comprend classiquement au moins une turbomachine pour en assurer la propulsion. La turbomachine peut être un turboréacteur ou un turbopropulseur. La turbomachine comprend une soufflante, un compresseur, une chambre de combustion, une turbine, et une tuyère d'échappement des gaz.

[0003] Un turboréacteur peut être un turboréacteur double flux, dans lequel la masse d'air aspirée par la soufflante est divisée en un flux primaire, qui traverse le compresseur, la chambre de combustion et la turbine, et un flux secondaire, qui est concentrique avec le flux primaire.

[0004] Par exemple, la turbomachine peut comprendre un compresseur basse pression, un compresseur haute pression, une turbine haute pression et une turbine basse pression. La turbine haute pression entraîne en rotation le compresseur haute pression par l'intermédiaire d'un arbre haute pression, et la turbine basse pression entraîne en rotation le compresseur basse pression par l'intermédiaire d'un arbre basse pression. La turbine basse pression peut également entraîner en rotation la soufflante soit directement par l'intermédiaire de l'arbre basse pression, soit par le biais d'un réducteur disposé entre la turbine basse pression et la soufflante, le réducteur étant entraîné en rotation par l'arbre basse pression.

[0005] La turbomachine s'étend sensiblement autour d'un axe longitudinal.

[0006] Une turbine de turbomachine d'aéronef conventionnelle comprend un ou plusieurs étages constitués chacun d'un distributeur et d'une roue mobile. Les distributeurs et les roues mobiles sont ainsi agencés en alternance selon l'axe longitudinal de la turbomachine.

[0007] Le distributeur comprend des aubes fixes reliées par leur extrémité radialement externe à un carter et qui sont réparties circonférentiellement autour de l'axe longitudinal de la turbine de manière à former une couronne statorique. La roue mobile comprend un disque et des aubes reliées au disque par leur extrémité radialement interne en étant circonférentiellement réparties autour du disque. Le distributeur d'un

étage de turbine est configuré de sorte qu'un écoulement de fluide pénétrant dans cet étage, comprenant typiquement des gaz en provenance de la chambre de combustion, soit accéléré et dévié par les aubes statoriques en direction des aubes de la roue mobile de cet étage de manière à entraîner celles-ci en rotation autour de l'axe longitudinal. Un exemple de conception d'une telle turbine est connu du document FR 3 034 129.

[0008] En général, une aube de distributeur de la turbine comprend une pale et deux plateformes qui délimitent radialement entre elles une portion circonférentielle d'une veine d'écoulement primaire annulaire dans laquelle s'étend la pale. Le fluide traversant la turbine s'écoule principalement dans cette veine d'écoulement primaire.

[0009] Lors du fonctionnement d'une turbine conventionnelle, l'interaction du fluide avec les distributeurs et les roues mobiles produit des tourbillons au niveau des plateformes des aubes, formant des écoulements dits « secondaires ».

[0010] Ces écoulements secondaires ont pour effet de réduire le rendement de la turbine et d'augmenter la consommation de carburant de la turbomachine.

Exposé de l'invention

[0011] Un but de l'invention est de proposer un aubage de turbomachine qui permette de limiter la formation de ces écoulements secondaires et de réduire l'intensité de ces écoulements secondaires, ce qui permet d'améliorer l'efficacité aérodynamique de l'aubage.

[0012] A cet effet, l'invention a pour objet, selon un premier aspect, un aubage de turbomachine destiné à être monté autour d'un axe longitudinal, et comprenant :

- une pale qui s'étend radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal et qui présente un profil aérodynamique délimité axialement en amont par un bord d'attaque et en aval par un bord de fuite, la pale comprenant en outre une paroi intrados et une paroi extrados opposée à la paroi d'intrados, la paroi intrados et la paroi extrados reliant chacune le bord d'attaque au bord de fuite ;
- une plateforme comprenant une surface de veine à partir de laquelle s'étend la pale, la plateforme étant destinée à délimiter une veine d'écoulement primaire d'un flux de la turbomachine en fonctionnement, le flux se divisant en amont du bord d'attaque de la pale lors du fonctionnement de la turbomachine d'une part en un écoulement extrados s'écoulant du côté de la paroi extrados de la pale et d'autre part en un écoulement intrados s'écoulant du côté de la paroi intrados de la pale ; et
- un canal interne qui présente une ouverture d'aspiration et une ouverture d'éjection qui sont chacune disposées du côté de la paroi intrados de la pale et qui débouchent chacune sur la surface de veine de la plateforme, l'ouverture d'éjection débouchant en aval de l'ouverture d'aspiration et l'ouverture d'aspiration débouchant en direction de l'écoulement intrados.

- [0013] Certaines caractéristiques préférées mais non limitatives de l'aubage selon le premier aspect sont les suivantes, prises individuellement ou en combinaison :
- [0014] - l'ouverture d'aspiration et/ou l'ouverture d'éjection présente une forme circulaire, une forme oblongue, une forme de fente, une forme évasée, ou comprend une pluralité d'orifices ;
- [0015] - l'écoulement intrados s'écoule globalement entre un point de séparation situé en amont du bord d'attaque de la pale et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados et l'écoulement extrados se divisent, et un point d'impact situé en aval du bord d'attaque de la pale et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados entre au contact avec une pale circonférentiellement adjacente à la pale ;
- [0016] - l'ouverture d'aspiration s'étend selon une direction principale et correspond à l'une des quatre ouvertures d'aspiration suivantes :
- une première ouverture d'aspiration qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine et qui s'étend selon une direction principale sensiblement perpendiculaire à la direction de l'écoulement intrados, la première ouverture d'aspiration débouchant en direction du bord d'attaque ou directement en amont du bord d'attaque de la pale ;
 - une deuxième ouverture d'aspiration qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine et qui s'étend selon une direction principale sensiblement perpendiculaire à la direction de l'écoulement intrados, la deuxième ouverture d'aspiration débouchant en aval du bord d'attaque de la pale, la deuxième ouverture d'aspiration débouchant plus proche du point de séparation que du point d'impact ;
 - une troisième ouverture d'aspiration qui présente une ouverture qui débouche en direction du point d'impact ; ou
 - une quatrième ouverture d'aspiration qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine et qui s'étend selon une direction principale sensiblement parallèle à la direction de l'écoulement intrados, la quatrième ouverture d'aspiration débouchant entre le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale selon une direction circonférentielle ;
- [0017] - l'ouverture d'éjection s'étend selon une direction principale et correspond à l'une des trois ouvertures d'éjection suivantes :
- une première ouverture d'éjection située plus proche du bord d'attaque que du bord de fuite de la pale, qui débouche en direction de la paroi intrados de la pale ;
 - une deuxième ouverture d'éjection située sensiblement entre le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale, qui débouche en direction de la paroi intrados de la pale, la deuxième ouverture d'éjection présentant de préférence une direction principale sensiblement parallèle à la paroi intrados de la pale ; ou

- une troisième ouverture d'éjection située plus proche du bord de fuite que du bord d'attaque de la pale et qui débouche en direction du bord de fuite de la pale ;
- [0018] - l'ouverture d'aspiration correspond à la première ouverture d'aspiration et l'ouverture d'éjection correspond à la troisième ouverture d'éjection ;
- [0019] - une section du canal interne de l'ouverture d'éjection est inférieure à une section du canal interne de l'ouverture d'aspiration ;
- [0020] - la plateforme est une plateforme interne, la surface de veine de la plateforme interne étant adaptée pour délimiter radialement vers l'intérieur la veine d'écoulement primaire ;
- [0021] - l'aubage s'étend radialement autour de l'axe longitudinal et comprend en outre une autre pale circonférentiellement adjacente à la pale, dans lequel ladite pale circonférentiellement adjacente s'étend radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal et présente un profil aérodynamique délimité axialement en amont par un bord d'attaque et en aval par un bord de fuite, la pale circonférentiellement adjacente comprend en outre une paroi intrados et une paroi extrados opposée à la paroi intrados, la paroi intrados et la paroi extrados reliant chacune le bord d'attaque au bord de fuite, dans lequel la pale circonférentiellement adjacente est adaptée pour s'étendre radialement à partir de la surface de veine de la plateforme dans la veine d'écoulement primaire de sorte que la paroi extrados de la pale circonférentiellement adjacente est située en regard de la paroi intrados de la pale, dans lequel l'écoulement intrados s'écoule globalement entre un point de séparation situé en amont du bord d'attaque de la pale et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados et l'écoulement extrados se divisent, et un point d'impact situé en aval du bord d'attaque de la pale et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados entre au contact de la paroi extrados de la pale circonférentiellement adjacente ;
- [0022] - l'aubage est un distributeur de turbine, en particulier de turbine basse pression, de turbomachine ;
- [0023] - l'aubage est un distributeur de compresseur de turbomachine ;
- [0024] - l'aubage est une roue mobile de turbine, en particulier de turbine basse pression, de turbomachine ;
- [0025] - l'aubage est une roue mobile de compresseur de turbomachine.
- [0026] Selon un troisième aspect, l'invention propose une turbine de turbomachine comprenant au moins un aubage, en particulier un distributeur ou une roue mobile, selon le deuxième aspect.
- [0027] La turbine peut être une turbine basse pression. En variante, la turbine peut être une turbine haute pression.
- [0028] Selon un quatrième aspect, l'invention propose un compresseur de turbomachine comprenant au moins un distributeur ou une roue mobile selon le deuxième aspect.

- [0029] Le compresseur peut être un compresseur basse pression. En variante, le compresseur peut être un compresseur haute pression.
- [0030] Selon un cinquième aspect, l'invention propose une turbomachine comprenant au moins un aubage selon le premier aspect, en particulier une turbomachine comprenant une turbine selon le troisième aspect.
- [0031] La turbomachine peut être une turbomachine double corps.
- [0032] Selon un sixième aspect, l'invention propose un aéronef comprenant au moins un aubage selon le premier aspect.

DESCRIPTION DES FIGURES

- [0033] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :
- [0034] La [Fig.1] est une vue schématique partielle en perspective d'un distributeur d'une turbine conventionnelle pour turbomachine d'aéronef, illustrant des écoulements secondaires qui se produisent lors du fonctionnement de la turbomachine.
- [0035] La [Fig.2] est une vue schématique en coupe axiale d'un ensemble propulsif pour un aéronef.
- [0036] La [Fig.3] est une vue schématique partielle en coupe axiale d'une turbine basse pression d'une turbomachine.
- [0037] La [Fig.4] est une illustration schématique partielle d'un aubage conforme à un mode de réalisation de l'invention, comprenant une pale, une plateforme et un canal interne.
- [0038] La [Fig.5] est un schéma illustrant différentes configurations d'ouvertures d'aspiration et d'ouvertures d'éjection d'un aubage selon différents modes de réalisation de l'invention.
- [0039] La [Fig.6a] est une vue schématique partielle en perspective d'un aubage comprenant un canal interne comprenant une ouverture d'aspiration selon un premier mode de réalisation de l'invention.
- [0040] La [Fig.6b] est une vue schématique partielle en perspective d'un aubage comprenant un canal interne comprenant une ouverture d'aspiration selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.
- [0041] La [Fig.6c] est une vue schématique partielle en perspective d'un canal interne d'un aubage selon un mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0042] Dans la présente demande, l'amont et l'aval sont définis par rapport à un sens S1 d'écoulement normal du gaz à travers la turbomachine 10 en fonctionnement, un flux d'air s'écoulant dans la turbomachine 10 depuis l'amont vers l'aval. L'axe longitudinal X correspond à un axe de rotation de la turbomachine 10, en particulier à un axe de

rotation d'une turbine 17, 18 de la turbomachine 10. Un axe radial est un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal X et passant par lui. Un axe circonférentiel est un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal X et ne passant pas par lui. Une direction longitudinale L, respectivement radiale R ou circonférentielle C, correspond à la direction de l'axe longitudinal X, respectivement radial ou circonférentiel. Les directions longitudinale L, radiale R et circonférentielle C, sont orthogonales entre elles.

[0043] Les termes interne et externe, respectivement, sont utilisés en référence à une direction radiale R de sorte que la partie ou la face interne d'un élément est plus proche de l'axe longitudinal X que la partie ou la face externe du même élément.

[0044] La turbomachine 10 peut être un turboréacteur ou un turbopropulseur. La turbomachine 10 s'étend autour de l'axe longitudinal X. La turbomachine 10 peut comprendre une soufflante 13, au moins un compresseur 14, 15, une chambre de combustion 16, au moins une turbine 17, 18, et une tuyère d'échappement des gaz.

[0045] Dans l'exemple de réalisation non limitatif représenté sur la [Fig.2], la turbomachine 10 est un turboréacteur à double corps et à double flux, caréné par une nacelle 12. La turbomachine 10 comprend, de l'amont vers l'aval, une soufflante 13, un compresseur basse pression 14, un compresseur haute pression 15, une chambre de combustion 16, une turbine haute pression 17 et une turbine basse pression 18. La turbine haute pression 17 entraîne en rotation le compresseur haute pression 15 par l'intermédiaire d'un arbre haute pression, et la turbine basse pression 18 entraîne en rotation le compresseur basse pression 14 par l'intermédiaire d'un arbre basse pression. La turbine basse pression 18 peut également entraîner en rotation la soufflante 13 soit directement par l'intermédiaire de l'arbre basse pression, soit par le biais d'un réducteur disposé entre la turbine basse pression 18 et la soufflante 13, le réducteur étant entraîné en rotation par l'arbre basse pression. Les compresseurs 14 et 15, la chambre de combustion 16 et les turbines 17 et 18 forment un générateur de gaz. Lors du fonctionnement de la turbomachine 10 illustrée en [Fig.2], un écoulement d'air pénètre dans la turbomachine 10 par une entrée d'air en amont de la nacelle 12, traverse la soufflante 13 puis se divise en un flux primaire central et un flux secondaire. Le flux primaire s'écoule dans une veine d'écoulement primaire 21A et traverse les compresseurs 14 et 15, la chambre de combustion 16 et les turbines 17 et 18, et le flux secondaire s'écoule dans une veine d'écoulement secondaire 21B qui est concentrique avec la veine d'écoulement primaire 21A et est délimité radialement vers l'extérieur par la nacelle 12.

[0046] En général, une 30 aube de distributeur 25 de la turbine 17, 18 comprend une pale et deux plateformes qui délimitent radialement entre elles une portion circonférentielle de la veine d'écoulement primaire annulaire dans laquelle s'étend la pale. Une aube 30 de roue mobile 26 de la turbine 17, 18 comprend une unique plateforme, qui délimite à

l'intérieur la veine d'écoulement primaire. Le fluide traversant la turbine 17, 18 s'écoule principalement dans cette veine d'écoulement primaire.

[0047] Lors du fonctionnement d'une turbine 17, 18 conventionnelle, l'interaction du fluide avec les distributeurs 25 et les roues mobiles 26 produit des tourbillons au niveau des plateformes des aubes, formant des écoulements dits « secondaires ».

[0048] En particulier, la [Fig.1] illustre une partie d'un aubage 25, 26 d'une turbomachine conventionnelle, plus particulièrement une partie de deux aubes 1 d'un distributeur 25 de turbine, ces aubes 1 étant circonférentiellement adjacentes l'une par rapport à l'autre. La [Fig.1] montre plus particulièrement une partie radialement interne d'une pale 2 et une plateforme 3 de chacune des aubes 1. La pale 2 de chaque aube 1 comprend un bord d'attaque 4, un bord de fuite 5, une paroi intrados 6 et une paroi extrados 7. La plateforme 3 est commune aux deux aubes 1 et est une plateforme interne qui délimite radialement vers l'intérieur une portion circonférentielle d'une veine d'écoulement primaire dans laquelle s'écoule un fluide dans un sens S1 allant du bord d'attaque 4 vers le bord de fuite 5 de pale 2.

[0049] Compte tenu de la viscosité typique du fluide circulant dans la veine d'écoulement primaire, son écoulement le long de la surface de la plateforme 3 présente un gradient de vitesse GV1 tel que, dans le voisinage de cette surface, la vitesse d'une couche de fluide est d'autant plus faible que cette couche est proche de cette surface. En d'autres termes, du fait du frottement avec la plateforme 3, l'écoulement au niveau de la plateforme 3 présente une faible vitesse, le moment du fluide étant faible. Le fluide s'écoulant dans la veine d'écoulement primaire est par ailleurs soumis à un gradient de pression GP1 orienté dans cet exemple de la paroi intrados 6 de la pale 2 de l'aube 1 illustrée à droite sur la [Fig.1] vers la paroi extrados 7 de la pale 2 de l'aube 1 adjacente illustrée à gauche sur la [Fig.1]. Le gradient de pression GP1 est généralement suffisant pour dévier les couches de fluide s'écoulant à proximité de la surface des plateformes 3, depuis l'aube 1 illustrée à droite sur la [Fig.1] vers l'aube 1 adjacente illustrée à gauche sur la [Fig.1].

[0050] Il en résulte l'apparition de différents types de tourbillons. Un premier type de tourbillons T1, dits « en fer à cheval », prend la forme de deux branches contra-rotatives réparties de part et d'autre de la pale 2 de l'aube 1. Un deuxième type de tourbillons T2, appelés « tourbillons de passage », se développe entre deux pales 2 adjacentes de deux aubes 1 adjacentes. Un troisième type de tourbillons T3, appelés « tourbillons de coins », longe les lignes de raccordement entre la pale 2 et la plateforme 3 de l'aube 1.

[0051] De tels écoulements secondaires T1, T2 et T3, qui se produisent typiquement en pied et en sommet des pales 2, ne sont pas orientés dans le sens S1 d'écoulement principal du fluide traversant la veine d'écoulement primaire et entraînent par conséquent une

réduction du rendement et une augmentation de la consommation en kérosène de la turbomachine comprenant un aubage 25, 26 conventionnel.

[0052] La [Fig.4] et la [Fig.5] illustrent des exemples non limitatifs d'un aubage 25, 26 de turbomachine 10. L'aubage 25, 26 de turbomachine 10 est destiné à être monté autour de l'axe longitudinal X et comprend :

- une pale 31 qui s'étend radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal X et qui présente un profil aérodynamique délimité axialement en amont par un bord d'attaque 51 et en aval par un bord de fuite 52, la pale 31 comprenant en outre une paroi intrados 54 et une paroi extrados 53 opposée à la paroi intrados 54, la paroi intrados 54 et la paroi extrados 53 reliant chacune le bord d'attaque 51 au bord de fuite 52 ; et

- une plateforme 32, 33 comprenant une surface de veine 321 à partir de laquelle s'étend la pale 31, la plateforme 32, 33 étant destinée à délimiter une veine d'écoulement d'un flux primaire 21A de la turbomachine 10 en fonctionnement, le flux se divisant en amont du bord d'attaque 51 de la pale 31 lors du fonctionnement de la turbomachine 10 d'une part en un écoulement extrados EE s'écoulant du côté de la paroi extrados 53 de la pale 31 et d'autre part en un écoulement intrados EI s'écoulant du côté de la paroi intrados 54 de la pale 31 ; et

- un canal interne 34 qui présente une ouverture d'aspiration 35 et une ouverture d'éjection 36 qui sont chacune disposées du côté de la paroi intrados 54 de la pale 31 et qui débouchent chacune sur la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33, l'ouverture d'éjection 36 débouchant en aval de l'ouverture d'aspiration 35 et l'ouverture d'aspiration 35 débouchant en direction de l'écoulement intrados EI.

[0053] L'aube 30 pourvue d'un tel canal interne 34 permet d'aspirer une partie du fluide s'écoulant le long de la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33 et d'éviter que cette partie du fluide ne contribue à la formation d'écoulements secondaires. Par débouche « sur » la surface de veine 321, il est entendu que l'ouverture d'aspiration 35 et l'ouverture d'éjection 36 forment chacune au moins une ouverture pratiquée dans la surface de veine 321. Par débouche « en direction de » l'écoulement intrados EI, il est entendu que l'ouverture d'aspiration 35 comprend une ouverture débouchant au moins partiellement au niveau d'un point de l'écoulement intrados EI.

[0054] En effet, compte tenu de la viscosité typique du fluide circulant dans la veine d'écoulement du flux primaire 21A, aussi appelée veine d'écoulement primaire 21A, son écoulement le long de la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33 présente un gradient de vitesse tel que, dans le voisinage de cette surface de veine 321, la vitesse d'une couche de fluide est d'autant plus faible que cette couche est proche de la surface de veine 321. Le fluide s'écoulant dans la veine d'écoulement primaire 21A est par ailleurs soumis à un gradient de pression orienté de la paroi intrados 54 de la pale 31 vers une paroi extrados 530 d'une pale circonférentiellement adjacente 310 de

l'aubage 25, 26. Le gradient de pression tend à faire dévier les couches de fluide s'écoulant à proximité de la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33, depuis la pale 31 vers la pale circonférentiellement adjacente 310.

[0055] Or, le fluide circulant dans la veine d'écoulement primaire 21A et arrivant au niveau de l'ouverture d'aspiration 35 de l'aubage 25, 26 décrit ci-dessus est aspiré dans le canal interne 34 compte tenu du différentiel de pression statique entre la région de la veine d'écoulement primaire 21A environnant l'ouverture d'aspiration 35, appelée zone d'aspiration, et la région de la veine d'écoulement primaire 21A environnant l'ouverture d'éjection 36, appelée zone d'éjection. Dans une turbine 17, 18 en fonctionnement, la pression statique est en effet sensiblement plus faible en aval d'une pale 31 qu'en amont de la pale 31. Par conséquent, la pression statique est sensiblement plus faible au niveau de la zone d'éjection, qui est située en aval de la zone d'aspiration, qu'au niveau de la zone d'aspiration.

[0056] Ainsi, cette géométrie de canal interne 34 tel que décrit ci-dessus permet de prélever une partie du flux primaire dans la veine d'écoulement primaire 21A et de l'éjecter au niveau de l'ouverture d'éjection 36 sous l'effet du différentiel de pression statique entre l'ouverture d'aspiration 35 et l'ouverture d'éjection 36. L'aspiration de la couche limite a ainsi lieu dans la zone d'aspiration avant et/ou pendant le développement des tourbillons secondaires, ce qui permet de réduire les écoulements secondaires. Le débit aspiré est accéléré dans le canal interne 34, et réinjecté dans la zone d'éjection en aval de la zone d'aspiration, de sorte à ré-energiser la couche limite dans la zone d'éjection. L'aubage 25, 26 empêche ainsi l'écoulement intrados EI de dévier vers la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 du fait du gradient de pression entre la paroi intrados 54 de la pale 31 et la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310, au niveau de laquelle la pression est plus forte que la pression au niveau de la paroi intrados 54 de la pale 31. L'aspiration de la couche limite et l'éjection pour ré-energiser la couche limite sont ainsi améliorés, ce qui permet d'améliorer l'efficacité aérodynamique de l'aubage 25, 26.

[0057] L'aubage 25, 26 permet ainsi de limiter la formation d'écoulements secondaires et de réduire l'intensité des écoulements secondaires qui sont susceptibles de se produire. Ainsi, l'aubage 25, 26 permet de réduire les pertes aérodynamiques liées au développement des écoulements secondaires. L'aubage 25, 26 permet ainsi d'améliorer le rendement et de réduire la consommation en kérosène de la turbomachine 10. En particulier, l'aubage 25, 26 permet de réduire les pertes en aval de la pale 31, en diminuant la distorsion d'angle et de Mach veine engendrée par les écoulements secondaires.

[0058] Le canal interne 34 forme un système d'aspiration passif qui ne nécessite aucun dispositif d'aspiration supplémentaire, par exemple à commande mécanique ou

électrique. En effet, l'aspiration et la réintroduction des gaz dans la veine d'écoulement primaire 21A fonctionne de manière naturelle grâce au différentiel de pression statique entre la zone d'aspiration, et la zone d'éjection en aval de la zone d'aspiration. Le système d'aspiration passif constitue ainsi un avantage significatif par rapport à un système dit « actif » nécessitant une intervention externe, en particulier est simple à fabriquer et à mettre en œuvre, et robuste.

[0059] De surcroît, la partie du fluide aspirée est éjectée dans la veine d'écoulement primaire 21A, et contribue donc à l'entraînement de la turbomachine 10. Notamment, lorsque l'aubage 25, 26 est un distributeur 25 d'une turbine 17, 18 de la turbomachine 10, l'invention permet d'isoler dans le distributeur 25 la couche limite, source d'apparition de phénomènes secondaires, pour ensuite la réintroduire dans le flux primaire qui en était appauvri. La réintroduction d'air intervient sensiblement selon la direction de propagation et avant que le flux primaire n'atteigne la roue mobile 26 consécutive dans la veine d'écoulement primaire 21A, et participe donc pleinement à la mise en rotation de la roue mobile 26 du même étage et située directement en aval du distributeur 25. En d'autres termes, la partie du fluide ainsi éjectée dans la veine d'écoulement primaire 21A constitue une partie du débit du fluide entraînant la roue mobile 26 consécutive. Le distributeur 25 comprenant la pale 31, l'ouverture d'aspiration 35 et l'ouverture d'éjection 36, est situé en amont de ladite roue mobile 26. Ainsi, le débit dans la veine d'écoulement primaire 21A est inchangé, et l'écoulement peut travailler normalement afin de fournir de l'énergie mécanique à la roue mobile 26. Le gain sur le rendement de la turbine 17, 18 est donc significatif, l'écoulement primaire étant utilisé dans son intégralité tout en étant moins assujéti aux tourbillons parasites qui dispersent l'énergie.

[0060] La pale 31 s'étend dans la veine d'écoulement primaire 21A de la turbomachine 10 délimitée par la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33. La paroi intrados 54 et la paroi extradados 53 de la pale 31 raccordent chacune le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31, et sont séparées d'une distance correspondant à une épaisseur de la pale 31. Le bord d'attaque 51 de la pale 31 forme une extrémité amont de la pale 31 dans la veine d'écoulement primaire 21A. Le bord d'attaque 51 de la pale 31 est ainsi configuré pour s'étendre en regard de l'écoulement des gaz dans la turbomachine 10. Le bord de fuite 52 de la pale 31 correspond à la partie postérieure du profil aérodynamique, où se rejoignent l'écoulement intrados EI et l'écoulement extradados EE, et forme une extrémité aval de la pale 31 dans la veine d'écoulement primaire 21A.

[0061] L'ouverture d'aspiration 35 débouche sur la surface de veine 321 au niveau de l'écoulement intrados EI. L'ouverture d'éjection 36 débouche sur la surface de veine 321 en aval de l'écoulement intrados EI et en aval de l'ouverture d'aspiration 35.

[0062] La pale 31 peut être une pale 31 d'une aube 30 de l'aubage 25, 26. L'aubage 25, 26

comprend alors une aube 30 qui comprend la pale 31 à profil aérodynamique propre à être placée dans le flux d'air lorsque la turbomachine 10 est en fonctionnement afin de générer une portance, et un pied configuré pour être fixé à un moyeu rotatif ou fixe de l'aubage 25, 26 au niveau d'une extrémité interne de l'aube 30.

- [0063] L'aube 30 peut être une aube composite comprenant une structure en matériau composite comportant un renfort fibreux obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice dans laquelle est noyé le renfort fibreux. Le renfort fibreux peut être formé à partir d'une préforme fibreuse en une seule pièce obtenue par tissage tridimensionnel ou multicouche avec épaisseur évolutive. Le renfort fibreux peut comprendre alors des torons de chaîne et de trame qui peuvent notamment comprendre des fibres en carbone, en verre, en basalte, et/ou en aramide. La matrice peut être une matrice polymère, par exemple époxyde, bismaléimide ou polyimide. L'aube 30 peut être formée par moulage au moyen d'un procédé d'injection sous vide de résine du type RTM (pour « Resin Transfer Moulding »), ou encore VARRTM (pour Vacuum Resin Transfer Moulding).
- [0064] La pale 31 peut être formée d'une pluralité de sections de pales 31 empilées le long d'un axe de pale 31 depuis une extrémité radialement interne jusqu'à une extrémité radialement externe de la pale 31.
- [0065] La pale 31 présente en outre une corde définie, dans un plan normal à l'axe de pale 31, par un segment de droite fictif reliant le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31.
- [0066] La plateforme 32, 33 peut comprendre en outre une deuxième surface 322 opposée à la surface de veine 321. Le canal interne 34 est formé dans la plateforme 32, 33 entre la surface de veine 321 et la deuxième surface 322.
- [0067] La plateforme 32, 33 peut être une plateforme interne 32, la surface de veine 321 de la plateforme interne 32 étant adaptée pour délimiter radialement vers l'intérieur la veine d'écoulement primaire 21A. La deuxième surface 322 de la plateforme interne 32 est alors interne par rapport à la surface de veine 321. En variante, la plateforme 32, 33 peut être une plateforme externe 33, la surface de veine 321 de la plateforme externe 33 étant adaptée pour délimiter radialement vers l'extérieur la veine d'écoulement primaire 21A. La deuxième surface 322 de la plateforme 32, 33 externe est alors externe par rapport à la surface de veine 321. La veine d'écoulement primaire 21A est sensiblement annulaire. Par exemple, une roue mobile 26 de compresseur 14, 15 ou de turbine 17, 18, comprend en général une plateforme interne 32, et un distributeur 25 de compresseur 14, 15 ou de turbine 17, 18 comprend en général une plateforme interne 32 et une plateforme externe 33.
- [0068] Dans la représentation schématique et simplifiée de la [Fig.4], la surface de veine 321 et la deuxième surface 322 sont planes et parallèles l'une par rapport à l'autre. Bien

entendu, chacune de ces surfaces 321, 322 peut présenter une géométrie non plane et être globalement orientée selon une direction oblique par rapport aux directions longitudinale L et radiale R. En outre, le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 sont rectilignes et parallèles l'un à l'autre. Bien entendu, chacun de ces bords 51, 52 peut présenter une géométrie non rectiligne et être globalement orienté selon une direction oblique par rapport à la direction radiale R. En particulier, une plateforme 32, 33 peut présenter des creux et des bosses sur la surface de veine 321.

- [0069] Une ligne fictive située à équidistance du bord d'attaque 51 et du bord de fuite 52 de la pale 31 délimite une partie amont et une partie aval de la plateforme 32, 33. Le flux s'écoule dans la veine d'écoulement primaire 21A dans un sens d'écoulement S1 allant du bord d'attaque 51 vers le bord de fuite 52 de la pale 31 et de la partie amont vers la partie aval de la plateforme 32, 33.
- [0070] L'aubage 25, 26 peut comprendre plusieurs aubes 30 et/ou plusieurs plateformes 32, 33 telles que décrites ci-dessus. En particulier, l'aubage 25, 26 peut comprendre un même nombre d'aubes 30 et de plateformes 32, 33, chaque aube 30 étant montée sur une plateforme 32, 33 respective, en particulier dans le cas d'aubes 30 d'une roue mobile 26. En variante, plusieurs aubes 30 peuvent être montées sur une même plateforme 32, 33, en particulier dans le cas d'aubes 30 d'un distributeur 25. Par exemple, les aubes 30 peuvent être montées quatre par quatre sur des plateformes 32, 33 respectives, quatre aubes 30 étant montées sur une même plateforme 32, 33.
- [0071] L'aubage 25, 26 s'étend radialement autour de l'axe longitudinal X et peut comprendre en outre une pale circonférentiellement adjacente 310 à la pale 31. Ladite pale circonférentiellement adjacente 310 s'étend radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal X et présente un profil aérodynamique délimité axialement en amont par un bord d'attaque 510 et en aval par un bord de fuite 520. La pale circonférentiellement adjacente 310 comprend en outre une paroi intrados 540 et une paroi extrados 530 opposée à la paroi intrados 540, la paroi intrados 540 et la paroi extrados 530 reliant chacune le bord d'attaque 510 au bord de fuite 520. La pale circonférentiellement adjacente 310 peut être adaptée pour s'étendre radialement à partir de la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33 dans la veine d'écoulement primaire 21A de sorte que la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 est située en regard de la paroi intrados 54 de la pale 31.
- [0072] La pale circonférentiellement adjacente 310 peut être une pale d'une aube circonférentiellement adjacente 300 de l'aubage 25, 26. L'aubage 25, 26 comprend alors l'aube 30 et l'aube circonférentiellement adjacente 300 à l'aube 30.
- [0073] L'aube circonférentiellement adjacente 300 peut être sensiblement identique à l'aube 30. L'aube circonférentiellement adjacente 300 est voisine de l'aube 30. L'aube 30 et l'aube circonférentiellement adjacente 300 peuvent être circonférentiellement réparties

côte à côte dans la veine d'écoulement primaire 21A. L'écoulement intrados EI s'écoule entre la paroi intrados 54 de la pale 31 et la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310.

- [0074] Lorsque la pale circonférentiellement adjacente 310 de l'aube circonférentiellement adjacente 300 est adaptée pour s'étendre à partir de la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33, la plateforme 32, 33 est commune à l'aube 30 et à l'aube circonférentiellement adjacente 300. Le canal interne 34 est formé dans la plateforme 32, 33 entre la pale 31 et la pale circonférentiellement adjacente 310. L'exemple non limitatif de la [Fig.5] illustre un tel aubage 25, 26 comprenant une pale 31 et une pale circonférentiellement adjacente 310 montées sur une plateforme 32, 33 commune. La pale 31 est représentée à droite sur la [Fig.5], et la pale circonférentiellement adjacente 310 est représentée à gauche sur la [Fig.5].
- [0075] En variante, l'aubage 25, 26 peut comprendre en outre une plateforme adjacente sensiblement identique à la plateforme 32, 33. La plateforme 32, 33 et la plateforme adjacente sont fixées l'une par rapport à l'autre et délimitent ensemble au moins une portion de la veine d'écoulement primaire 21A. La pale circonférentiellement adjacente 310 est adaptée pour s'étendre à partir d'une surface de veine de la plateforme adjacente dans la veine d'écoulement primaire 21A de sorte que la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 est située en regard de la paroi intrados 54 de la pale 31. Le canal interne 34 peut être formé dans la plateforme 32, 33 ou dans la plateforme circonférentiellement adjacente.
- [0076] La position, les dimensions et la géométrie de l'ouverture d'aspiration 35 et de l'ouverture d'éjection 36 sont choisies selon les caractéristiques de l'écoulement et des tourbillons secondaires formés au niveau de l'aubage 25, 26, et en fonction du niveau de ré-énergisation de la couche limite souhaité, et sont déterminées de sorte à dimensionner le débit d'air aspiré, ainsi que la vitesse et l'angle de l'air éjecté, en vue de minimiser les pertes de mélange. En particulier, l'ouverture d'éjection 36 peut être configurée pour réorienter le flux de gaz de sorte à réénergiser la couche limite au niveau de l'ouverture d'éjection 36. La configuration de l'ouverture d'aspiration 35 et de l'ouverture d'éjection 36 peut résulter d'un compromis entre le différentiel de pression entre l'ouverture d'aspiration 35 et l'ouverture d'éjection 36, qui est à augmenter pour augmenter le débit de fluide aspiré, et la longueur du canal interne 34, qui est à diminuer pour diminuer les pertes aérodynamiques dans le canal interne 34.
- [0077] L'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 peut présenter une forme circulaire, une forme oblongue, une forme de fente, une forme évasée, toute autre forme adaptée pour aspirer et/ou éjecter un débit d'air dans la veine d'écoulement primaire 21A. En variante, l'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 peut comprendre une pluralité d'orifices, par exemple une pluralité d'orifices cir-

culaires, oblongs ou sous forme de fentes. Par exemple, l'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 peut présenter une section ovoïde, rectangulaire, triangulaire, parallépipédique, conique, prismatique, ou toute autre section que l'homme du métier pourrait considérer.

- [0078] Lorsque l'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 comprend une pluralité d'orifices, par exemple d'orifices circulaires, les orifices peuvent être disposés en quinconce sur la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33, de sorte à collecter efficacement le flux d'air contigu à la surface de veine 321. Le canal interne 34 relie les orifices circulaires de l'ouverture d'aspiration 35 à l'ouverture d'éjection 36 et/ou relie l'ouverture d'aspiration 35 aux orifices circulaires de l'ouverture d'éjection 36.
- [0079] Lorsque l'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 comprend une pluralité d'orifices sous forme de fentes, le canal interne 34 se scinde en une pluralité de passages débouchant chacun sur une fente de l'ouverture d'aspiration 35 et/ou de l'ouverture d'éjection 36.
- [0080] L'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 peut comprendre une écope intrusive, une écope non intrusive, ou une ou une pluralité d'ailette(s).
- [0081] L'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 peut être obtenue par exemple par perçage ou fabrication additive.
- [0082] La [Fig.6a], la [Fig.6b] et la [Fig.6c] illustrent différents types d'ouvertures d'aspiration 35 et/ou d'ouvertures d'éjection 36 selon l'invention. Dans l'exemple de la [Fig.6a], le canal interne 34 comprend une ouverture d'aspiration 35 présentant dix-sept orifices circulaires. Dans l'exemple de la [Fig.6b], le canal interne 34 comprend une ouverture d'aspiration 35 sous forme d'une fente courbe disposée de manière à longer la paroi intrados 54 de la pale 31. L'ouverture d'éjection 36 peut être identique à l'ouverture d'aspiration 35 de la [Fig.6a] ou de la [Fig.6b]. Dans l'exemple de la [Fig.6c], le canal interne 34 comprend une ouverture d'aspiration 35 sous forme d'une fente courbe, et une ouverture d'éjection 36 sous forme d'une fente.
- [0083] L'écoulement intrados EI peut s'écouler globalement entre un point de séparation A situé en amont du bord d'attaque 51 de la pale 31 et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados EI et l'écoulement extrados EE se divisent, et un point d'impact B situé en aval du bord d'attaque 51 de la pale 31 et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados EI entre au contact avec une pale circonférentiellement adjacente 310 à la pale 31. Les tourbillons commencent à se former au niveau du point de séparation A, et viennent impacter la pale circonférentiellement adjacente 310 au point d'impact B. L'écoulement intrados EI peut être assimilé à une ligne d'écoulement qui s'étend entre le point de séparation A et le point d'impact B.
- [0084] Le point de séparation A est le point au niveau duquel le flux qui circule dans la veine d'écoulement primaire 21A et qui arrive sur la pale 31 se sépare en deux, à

savoir l'écoulement intrados EI, ou vortex intrados, qui est adapté pour s'écouler vers le bord de fuite 52 de la pale 31 du côté de la paroi intrados 54 de la pale 31, et l'écoulement extrados EE, ou vortex extrados, qui est adapté pour s'écouler vers le bord de fuite 52 de la pale 31 du côté de la paroi extrados 53 de la pale 31. Le point de séparation A peut être situé directement en amont du bord d'attaque 51, c'est-à-dire qu'une distance le long de l'axe longitudinal X entre le point de séparation A en amont du bord d'attaque 51 et le bord d'attaque 51 de la pale 31 est inférieure à 10% de la corde de la pale 31.

- [0085] Le point d'impact B est le point au niveau duquel l'écoulement intrados EI entre au contact de la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310. Une distance entre le point d'impact B et le bord d'attaque 51 de la pale 31 le long de l'axe longitudinal X peut être inférieure à, ou sensiblement égale à, une distance entre le point d'impact B et le bord de fuite 52 de la pale 31. Par exemple, le point d'impact B peut présenter une position comprise entre 30% et 50% de la corde de la pale 31, par exemple entre 35% et 45% de la corde de la pale 31, le long de l'axe longitudinal X. Une distance entre le point d'impact B et la paroi intrados 54 de la pale 31 le long de l'axe circonférentiel peut être strictement supérieure à, ou sensiblement égale à, une distance entre le bord de fuite 52 de la pale 31 et la paroi intrados 54 de la pale 31 le long de l'axe circonférentiel. Le point d'impact B est ainsi situé d'un côté opposé de la paroi intrados 54 par rapport à la corde de la pale 31. Le point d'impact B peut être situé sensiblement sur la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310. Le point d'impact B peut correspondre sensiblement à un point de la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 qui le plus proche de la pale 31 selon une direction circonférentielle C perpendiculaire à la direction longitudinale L et à la direction radiale R.
- [0086] L'ouverture d'aspiration 35 débouche sur la surface de veine 321 de la plateforme 32, 33 sur l'écoulement intrados EI. En d'autres termes, au moins une partie de l'ouverture d'aspiration 35 est située au niveau de l'écoulement intrados EI, par exemple au niveau d'un point de la ligne d'écoulement de l'écoulement intrados EI. Par exemple, au moins une partie de la fente, de la forme oblongue, de l'un ou plusieurs orifices circulaires de l'ouverture d'aspiration 35, est située sur l'écoulement intrados EI.
- [0087] Lorsque l'aubage 25, 26 comprend une pale 31 et une pale circonférentiellement adjacente 31, l'écoulement intrados EI s'écoule globalement entre le point de séparation A et le point d'impact B situé en aval du bord d'attaque 51 de la pale 31 et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados EI entre au contact de la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310.
- [0088] L'ouverture d'aspiration 35 et/ou l'ouverture d'éjection 36 peut s'étendre selon une

direction principale. La direction principale correspond à une direction dans laquelle une dimension de l'ouverture d'aspiration 35 et/ou de l'ouverture d'éjection 36 est la plus importante. Par exemple, dans le cas d'une ouverture d'aspiration 35 et/ou d'une ouverture d'éjection 36 oblongue présentant une longueur et une largeur, la direction principale correspond à la direction de la longueur de l'ouverture oblongue. Dans le cas d'une ouverture d'aspiration 35 et/ou d'une ouverture d'éjection 36 comprenant une pluralité d'orifices, la direction principale correspond à une direction de la plus grande dimension sur laquelle s'étendent les orifices. Dans le cas d'une ouverture d'aspiration 35 et/ou d'une ouverture d'éjection 36 sous forme de fente, la direction principale correspond à une direction de plus grande dimension de la fente.

[0089] La [Fig.5] illustre différentes possibilités d'agencement de l'ouverture d'aspiration 35 et/ou de l'ouverture d'éjection 36. Dans la suite, lorsqu'un élément est qualifié de « sensiblement parallèle » ou de « sensiblement perpendiculaire », à l'écoulement intrados EI ou à une paroi de la pale 31, il est entendu que l'élément peut présenter une inclinaison de quelques degrés, par exemple une inclinaison inférieure à 5°, par rapport à la parallèle ou à la perpendiculaire à l'écoulement intrados EI ou à la paroi de la pale 31. Lorsqu'un élément est situé « au niveau » d'un autre élément, il est entendu que l'élément est situé à une distance inférieure à 5% de la corde de la pale 31 de l'autre élément.

[0090] L'ouverture d'aspiration 35 peut correspondre à l'une des quatre ouvertures d'aspiration A1, A2, A3, A4 suivantes :

- une première ouverture d'aspiration 35, A1 qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine 321 et qui s'étend selon une direction principale sensiblement perpendiculaire à la direction de l'écoulement intrados EI, la première ouverture d'aspiration 35, A1 débouchant en direction du bord d'attaque 51 ou directement en amont du bord d'attaque 51 de la pale 31 ;

- une deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine 321 et qui s'étend selon une direction principale sensiblement perpendiculaire à la direction de l'écoulement intrados EI, A2, la deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 débouchant en aval du bord d'attaque 51 de la pale 31, la deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 débouchant par exemple plus proche du point de séparation A que du point d'impact B ;

- une troisième ouverture d'aspiration 35, A3 qui présente une ouverture qui débouche en direction du point d'impact B ou directement en amont du point d'impact B ; ou

- une quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine 321 et qui s'étend selon une direction principale sensiblement parallèle à la direction de l'écoulement intrados EI, la quatrième ouverture

d'aspiration 35, A4 débouchant entre le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31 selon une direction circonférentielle C.

- [0091] La première ouverture d'aspiration 35, A1 permet de capter la couche limite de l'écoulement intrados EI très tôt, au début voire avant la formation des tourbillons de l'écoulement intrados EI. La première ouverture 35, A1 est située au niveau du bord d'attaque 51. Lorsque la première ouverture d'aspiration 35, A1 débouche directement en amont du bord d'attaque 51, une distance le long de l'axe longitudinal X entre la première ouverture d'aspiration 35, A1 en amont du bord d'attaque 51 et le bord d'attaque 51 est inférieure à 10% de la corde de la pale 31. La première ouverture d'aspiration 35, A1 peut déboucher en direction du point de séparation A ou directement en aval du point de séparation A, c'est-à-dire à une distance inférieure à 10% de la corde de la pale 31 du point de séparation A, en aval de celui-ci. La première ouverture d'aspiration 35, A1 débouche sur la surface de veine 321 dans la partie amont de la plateforme 32, 33.
- [0092] La deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 permet de capter les tourbillons de l'écoulement intrados EI en cours de formation. La deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 est située en aval du bord d'attaque 51 de la pale 31 et en aval du point de séparation A. La deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 peut déboucher en direction du bord d'attaque 51, c'est-à-dire plus proche du bord d'attaque 51 que du bord de fuite 52, la deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 débouchant sur la surface de veine 321 dans la partie amont de la plateforme 32, 33. Une distance le long de l'axe longitudinal X entre le bord d'attaque 51 de la pale 31 et la deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 peut être comprise entre 1% et 20%, par exemple entre 5% et 10%, de la corde de la pale 31. La deuxième ouverture d'aspiration 35, A2 peut déboucher sensiblement à équidistance entre la paroi extrados 53 de la pale 31 et la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310.
- [0093] La troisième ouverture d'aspiration 35, A3 permet de capter le tourbillon de l'écoulement intrados EI avant son impact sur la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310. La troisième ouverture d'aspiration 35, A3 est située au niveau du point d'impact B ou directement en amont du point d'impact B. En d'autres termes, la troisième ouverture d'aspiration 35, A3 débouche plus proche du bord d'attaque 51 que du bord de fuite 52 de la pale 31 le long de l'axe longitudinal X, ou sensiblement à équidistance du bord d'attaque 51 et du bord de fuite 52 de la pale 31 le long de l'axe longitudinal X, par exemple débouche entre 30% et 50% de la corde de la pale 31, par exemple entre 35% et 45% de la corde de la pale 31. La troisième ouverture d'aspiration 35, A3 est plus éloignée de la paroi intrados 54 de la pale 31 que le bord de fuite 52 de la pale 31 le long de l'axe circonférentiel, ou présente une position le long de l'axe circonférentiel qui correspond sensiblement à une position du

bord de fuite 52 de la pale 31. La troisième ouverture d'aspiration 35, A3 peut déboucher sur le point de la paroi extradados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 le plus proche de la pale 31 selon la direction circonférentielle C. Lorsque la troisième ouverture d'aspiration 35, A3 débouche sur le point d'impact B, la troisième ouverture d'aspiration 35, A3 débouche au niveau de la paroi extradados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310. Une distance entre la troisième ouverture d'aspiration 35, A3 et la paroi extradados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 selon la direction longitudinale L et/ou selon la direction circonférentielle C peut être inférieure à 5% de la corde de la pale 31. La direction principale de la troisième ouverture d'aspiration 35, A3 peut être sensiblement parallèle à la direction de l'écoulement intrados EI et/ou peut être sensiblement tangente à la paroi extradados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310.

[0094] La quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 permet de capter la couche limite qui dévie depuis la paroi intrados 54 de la pale 31 vers la paroi extradados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310, et qui continue d'alimenter les tourbillons de l'écoulement intrados EI. En effet, les tourbillons de l'écoulement intrados EI sont alimentés également par l'écoulement le long de la paroi intrados 54 de la pale 31, qui est lui aussi aspiré vers la paroi extradados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310. La quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 est située entre le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31 selon la direction circonférentielle C, par exemple peut déboucher plus proche du bord de fuite 52 que du bord d'attaque 51, la quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 étant éloignée de la paroi intrados 54 de la pale 31 d'une certaine distance le long de l'axe circonférentiel. La quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 peut déboucher proche du bord d'attaque 51 que du bord de fuite 52 de la pale 31 selon la direction longitudinale L, la quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 débouchant dans la partie amont de la plateforme 32, 33. La quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 peut déboucher entre le point de séparation A et le point d'impact B, par exemple déboucher plus proche du point de séparation A que du point d'impact B. La quatrième ouverture d'aspiration 35, A4 débouche entre la pale 31 et la pale circonférentiellement adjacente 310, par exemple peut déboucher sensiblement à équidistance de la pale 31 et de la pale circonférentiellement adjacente 310. La quatrième ouverture 35, A4 est légèrement décalée vers l'aval sur la représentation de la [Fig.5], afin de préserver la lisibilité de la figure.

[0095] L'ouverture d'éjection 36 peut correspondre à l'une des trois ouvertures d'éjection E1, E2, E3 suivantes :

- une première ouverture d'éjection 36, E1 située plus proche du bord d'attaque 51 que du bord de fuite 52 de la pale 31, qui débouche en direction de la paroi intrados 54 de la pale 31 ;

- une deuxième ouverture d'éjection 36, E2 située sensiblement entre le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31, qui débouche en direction de la paroi intrados 54 de la pale 31, la deuxième ouverture d'éjection 36, E2 présentant de préférence une direction principale sensiblement parallèle à la paroi intrados 54 de la pale 31 ; ou
- une troisième ouverture d'éjection 36, E3 située plus proche du bord de fuite 52 que du bord d'attaque 51 de la pale 31, et qui débouche de préférence en direction du bord de fuite 52 de la pale 31 pale circonférentiellement adjacente 310.

- [0096] La première ouverture d'éjection 36, E1 permet de ré-energiser la couche limite au niveau de la paroi intrados 54 de la pale 31, dans une zone de l'aubage 25, 26 qui est située plus proche du bord d'attaque 51 que du bord de fuite 52 de la pale 31, donc avant que la couche limite ne commence à être déviée. La première ouverture d'éjection 36, E1 débouche sur la surface de veine 321 dans la partie amont de la plateforme 32, 33. Par débouche « en direction de » la paroi intrados 54, il est entendu que la première ouverture d'éjection 36, E1 est disposée de sorte qu'une distance le long de l'axe circonférentiel entre la première ouverture d'éjection 36, E1 et la paroi intrados 54 est inférieure à 50% d'une distance le long de l'axe circonférentiel entre le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31. La première ouverture d'éjection 36, E1 peut être située sur la paroi intrados 54 de la pale 31. La direction principale de la première ouverture d'éjection 36, E1 peut être sensiblement perpendiculaire à la paroi intrados 54 de la pale 31.
- [0097] La deuxième ouverture d'éjection 36, E2 permet de ré-energiser la couche limite au niveau de la paroi intrados 54 de la pale 31, le long de la pale 31, donc avant que la couche limite ne vienne alimenter les tourbillons en formation. Par débouche « en direction de » la paroi intrados 54, il est entendu que la deuxième ouverture d'éjection 36, E2 est située à proximité de la paroi intrados 54 de sorte qu'une distance le long de l'axe circonférentiel entre la deuxième ouverture d'éjection 36, E2 et la paroi intrados 54 est inférieure à 50% d'une distance le long de l'axe circonférentiel entre le bord d'attaque 51 et le bord de fuite 52 de la pale 31. La deuxième ouverture d'éjection 36, E2 peut déboucher sur la surface de veine 321 dans la partie amont et/ou dans la partie aval de la plateforme 32, 33. Une direction principale de la deuxième ouverture d'éjection 36, E2 sensiblement parallèle à la paroi intrados 54 permet d'energiser au mieux le flux au niveau de la deuxième ouverture d'éjection 36, E2.
- [0098] La troisième ouverture d'éjection 36, E3 permet d'energiser la couche limite dans une zone de l'aubage 25, 26 qui est située à proximité du bord de fuite 52 de la pale 31, c'est-à-dire plus proche du bord de fuite 52 que du bord d'attaque 51 de la pale 31. La troisième ouverture d'éjection 36, E3 débouche sur la surface de veine 321 dans la partie aval de la plateforme 32, 33. La troisième ouverture d'éjection 36, E3 peut être située directement en amont ou directement en aval du bord de fuite 52 de la pale 31 le

long de l'axe longitudinal X. La troisième ouverture d'éjection 36, E3 peut présenter une distance le long de l'axe circonférentiel par rapport au bord de fuite 52 de la pale 31 correspondant sensiblement à une distance le long de l'axe circonférentiel du bord d'attaque 51 au bord de fuite 52 de la pale 31. La troisième ouverture d'éjection 36, E3 peut déboucher sensiblement à équidistance entre la paroi intrados 54 de la pale 31 et la paroi extrados 53 de la pale circonférentiellement adjacente 310, ou peut déboucher plus proche de la paroi extrados 530 de la pale circonférentiellement adjacente 310 que de la paroi intrados 54 de la pale 31. La troisième ouverture d'éjection 36, E3 peut être sensiblement parallèle au flux s'écoulant dans la veine d'écoulement primaire 21A, afin d'énergiser au mieux le flux au niveau de la troisième ouverture d'éjection 36, E3.

- [0099] La combinaison de l'ouverture d'aspiration 35 et de l'ouverture d'éjection 36 est choisie de sorte à s'assurer d'un gradient de pression suffisant entre la zone aspiration et la zone d'éjection, la pression totale dans la zone d'aspiration étant au moins supérieure à la pression statique dans la zone d'éjection, et de sorte à minimiser la longueur du canal interne 34, en vue de minimiser les pertes de charges. Toutes les combinaisons de la première, la deuxième, la troisième ou la quatrième ouverture d'aspiration 35, A1, A2, A3, A4 avec la première, la deuxième ou la troisième ouverture d'éjection 36, E1, E2, E3 sont possibles.
- [0100] Dans un mode de réalisation particulier, l'ouverture d'aspiration 35 correspond à la première ouverture d'aspiration A1 et l'ouverture d'éjection 36 correspond à la troisième ouverture d'éjection E3. Ce mode de réalisation particulier permet d'établir une différence de pression conséquente entre la première ouverture d'aspiration 35, A1 et la troisième ouverture d'éjection 36, E3, ce qui permet d'augmenter le débit d'air circulant au sein du canal interne 34. L'ouverture d'éjection 36, E3 est située dans une zone à faible pression, ce qui permet d'optimiser l'efficacité de la réduction des tourbillons par l'aubage 25, 26, malgré les pertes de charge du fait de la longueur conséquente du canal interne 34.
- [0101] Dans d'autres modes de réalisation, l'ouverture d'aspiration 35 correspond à la première ouverture d'aspiration A1 et l'ouverture d'éjection 36 correspond à la première ouverture d'éjection E1, ou l'ouverture d'aspiration 35 correspond à la deuxième ouverture d'aspiration A2 et l'ouverture d'éjection 36 correspond à la troisième ouverture d'éjection E3, ou l'ouverture d'aspiration 35 correspond à la troisième ouverture d'aspiration A3 et l'ouverture d'éjection 36 correspond à la troisième ouverture d'éjection E3, ou l'ouverture d'aspiration 35 correspond à la quatrième ouverture d'aspiration A4 et l'ouverture d'éjection 36 correspond à la deuxième ouverture d'éjection E2.
- [0102] Le canal interne 34 est formé dans la plateforme 32, 33, entre la surface de veine 321 et la deuxième surface 322 de la plateforme 32, 33. Le canal interne 34 peut être un

canal de forme tubulaire. Le canal interne 34 présente une forme et des dimensions adaptées en fonction du débit d'air aspiré et éjecté, c'est-à-dire en fonction du débit d'air circulant dans le canal interne 34, de sorte à conférer au débit d'air prélevé par l'ouverture d'aspiration 35 une vitesse et un angle optimisés au niveau de l'ouverture d'éjection 36. A cet égard, les formes et dimensions du canal interne 34 sont déterminées selon le cas d'espèce, au regard notamment de la localisation prédéfinie de l'aubage 25, 26 au sein de la veine d'écoulement primaire 21A.

- [0103] Le canal interne 34 peut comprendre une ou plusieurs ondulations, autrement dit une ou plusieurs courbures, notamment s'il s'agit d'adapter la forme du canal interne 34 à un encombrement particulier au sein de la pale 31 et/ ou de la plateforme 32, 33. Le canal interne 34 présente une forme aérodynamique permettant de réduire les pertes aérodynamiques lors de l'écoulement du fluide aspiré dans le canal interne 34.
- [0104] Une section du canal interne 34 de l'ouverture d'éjection 36 peut être inférieure à une section du canal interne 34 de l'ouverture d'aspiration 35. Une surface de l'ouverture d'éjection 36 peut être inférieure à une surface de l'ouverture d'aspiration 35. Le canal interne 34 présente ainsi une forme évasée se réduisant vers l'ouverture d'éjection 36. Ainsi, la vitesse de l'écoulement au niveau de l'ouverture d'éjection 36 en sortie du canal interne 34 est augmentée, ce qui permet de ré-energiser de façon optimale la couche limite au niveau de l'ouverture d'éjection 36.
- [0105] L'aubage 25, 26 peut comprendre plusieurs canaux internes 34 formés dans une même plateforme 32, 33, chaque canal interne 34 comprenant une ouverture d'aspiration 35 et une ouverture d'éjection 36 telles que décrites ci-dessus. Les plusieurs canaux internes 34 peuvent être indépendants ou être raccordés ensemble. Un aubage 25, 26 comprenant plusieurs canaux internes 34 permet d'aspirer la couche limite au niveau de plusieurs zones d'aspiration, et de ré-energiser la couche limite au niveau de plusieurs zones d'éjection.
- [0106] Le canal interne 34 peut être creusé dans la plateforme 32, 33. Le canal interne 34 peut être fabriqué par fonderie, ou par fabrication additive, à titre non limitatif par fusion laser métallique sur lit de poudre, notamment lorsque le canal interne 34 et/ou la plateforme 32, 33 présente une géométrie complexe. Préférentiellement, la pale 31 et les plateformes 32, 33 sont fabriquées d'un seul tenant.
- [0107] L'aubage 25, 26 de turbomachine 10 tel que décrit ci-dessus peut être un distributeur 25. La plateforme 32, 33 du distributeur 25 peut être une plateforme interne 32 et/ou une plateforme externe 33 telle que décrite ci-dessus. En particulier, le distributeur 25 peut comprendre une plateforme interne 32 et une plateforme externe 33 telles que décrites ci-dessus, un premier canal interne 34 tel que décrit ci-dessus formé dans la plateforme interne 32 et un deuxième canal interne 34 tel que décrit ci-dessus formé dans la plateforme externe 33. Le distributeur 25 est de préférence un distributeur 25

- d'une turbine basse pression 18 ou d'une turbine haute pression 17. En variante, le distributeur 25 peut être un distributeur 25 d'un compresseur basse pression 14 ou d'un compresseur haute pression 15.
- [0108] L'aubage 25, 26 de turbomachine 10 tel que décrit ci-dessus peut être une roue mobile 26. La plateforme 32, 33 de la roue mobile 26 est une plateforme interne 32 telle que décrite ci-dessus, le canal interne 34 étant formé dans la plateforme interne 32. La roue mobile 26 est de préférence une roue mobile 26 d'une turbine basse pression 18 ou d'une turbine haute pression 17. En variante, la roue mobile 26 peut être une roue mobile 26 d'un compresseur basse pression 14 ou d'un compresseur haute pression 15.
- [0109] Une turbine 17, 18 de turbomachine 10 peut comprendre au moins un aubage 25, 26 tel que décrit ci-dessus, par exemple peut comprendre un ou plusieurs distributeurs 25 et/ou une ou plusieurs roues mobiles 26 tels que décrits ci-dessus. En variante, un compresseur 14, 15 de turbomachine 10 peut comprendre au moins un aubage 25, 26 tel que décrit ci-dessus. Chaque distributeur 25 et/ou roue mobile 26 comprend une pluralité d'aubes 30 circonférentiellement réparties autour de l'axe X. Chaque distributeur 25 et/ou roue mobile 26 peut comprendre une alternance de pales 31 et de plateformes 32, 33 conventionnelles et de pales 31 et de plateformes 32, 33 telles que décrites ci-dessus.
- [0110] Les roues mobiles 26 sont assemblées axialement les unes aux autres par des brides annulaires 27 et forment le rotor de la turbine 18. Les aubes 30 de la roue mobile 26 peuvent être reliées au disque de turbine 24 par un pied solidaire de la plateforme interne 32. Les distributeurs 25 sont reliés à un carter de turbine 28 pour former le stator de la turbine 18, par exemple par au moins un élément d'accroche solidaire de la plateforme externe 33.
- [0111] La turbine peut être une turbine basse pression 18. Ainsi, la [Fig.3] illustre à titre d'exemple non limitatif une turbine basse pression 18 comprenant quatre étages, chaque étage comprenant un distributeur 25 et une roue mobile 26. En variante, la turbine peut être une turbine haute pression 17. L'axe longitudinal X correspond à l'axe de rotation du rotor de la turbine 17, 18.
- [0112] Une turbomachine 10 peut comprendre une turbine 17, 18 comprenant au moins un aubage 25, 26 tel que décrite ci-dessus. La turbomachine 10 peut être une turbomachine double corps.
- [0113] Un aéronef peut comprendre au moins au moins un aubage 25, 26 tel que décrite ci-dessus, en particulier peut comprendre au moins une turbomachine 10 telle que décrite ci-dessus.
- [0114] D'autres modes de réalisation peuvent être envisagés et une personne du métier peut facilement modifier les modes ou exemples de réalisation exposés ci-dessus ou en

envisager d'autres tout en restant dans la portée de l'invention.

Revendications

- [Revendication 1] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) destiné à être monté autour d'un axe longitudinal (X), et comprenant :
- une pale (31) qui s'étend radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal (X) et qui présente un profil aérodynamique délimité axialement en amont par un bord d'attaque (51) et en aval par un bord de fuite (52), la pale (31) comprenant en outre une paroi intrados (54) et une paroi extrados (53) opposée à la paroi d'intrados (54), la paroi intrados (54) et la paroi extrados (53) reliant chacune le bord d'attaque (51) au bord de fuite (52) ;
 - une plateforme (32, 33) comprenant une surface de veine (321) à partir de laquelle s'étend la pale (31), la plateforme (32, 33) étant destinée à délimiter une veine d'écoulement primaire (21A) d'un flux de la turbomachine (10) en fonctionnement, le flux se divisant en amont du bord d'attaque (51) de la pale (31) lors du fonctionnement de la turbomachine d'une part en un écoulement extrados (EE) s'écoulant du côté de la paroi extrados (53) de la pale (31) et d'autre part en un écoulement intrados (EI) s'écoulant du côté de la paroi intrados (54) de la pale (31) ;
 - et
 - un canal interne (34) qui présente une ouverture d'aspiration (35) et une ouverture d'éjection (36) qui sont chacune disposées du côté de la paroi intrados (54) de la pale (31) et qui débouchent chacune sur la surface de veine (321) de la plateforme (32, 33), l'ouverture d'éjection (36) débouchant en aval de l'ouverture d'aspiration (35) et l'ouverture d'aspiration (35) débouchant en direction de l'écoulement intrados (EI).
- [Revendication 2] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon la revendication 1, dans lequel l'ouverture d'aspiration (35) et/ou l'ouverture d'éjection (36) présente une forme circulaire, une forme oblongue, une forme de fente, une forme évasée, ou comprend une pluralité d'orifices.
- [Revendication 3] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'écoulement intrados (EI) s'écoule globalement entre un point de séparation (A) situé en amont du bord d'attaque (51) de la pale (31) et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados (EI) et l'écoulement extrados (EE) se divisent, et un point d'impact (B) situé en aval du bord d'attaque (51) de la pale (31) et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados (EI) entre au contact avec une pale (310) circonférentiellement adjacente à la pale (31), dans lequel

l'ouverture d'aspiration (35) s'étend selon une direction principale et correspond à l'une des quatre ouvertures d'aspiration (A1, A2, A3, A4) suivantes :

- une première ouverture d'aspiration (35, A1) qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine (321) et qui s'étend selon une direction principale sensiblement perpendiculaire à la direction de l'écoulement intrados (EI), la première ouverture d'aspiration (35, A1) débouchant en direction du bord d'attaque (51) ou directement en amont du bord d'attaque (51) de la pale (31) ;

- une deuxième ouverture d'aspiration (35, A2) qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine (321) et qui s'étend selon une direction principale sensiblement perpendiculaire à la direction de l'écoulement intrados (EI), la deuxième ouverture d'aspiration (35, A2) débouchant en aval du bord d'attaque (51) de la pale (31), la deuxième ouverture d'aspiration (35, A2) débouchant plus proche du point de séparation (A) que du point d'impact (B) ;

- une troisième ouverture d'aspiration (35, A3) qui présente une ouverture qui débouche en direction du point d'impact (B) ; ou

- une quatrième ouverture d'aspiration (35, A4) qui présente une ouverture qui débouche sur la surface de veine (321) et qui s'étend selon une direction principale sensiblement parallèle à la direction de l'écoulement intrados (EI), la quatrième ouverture d'aspiration (35, A4) débouchant entre le bord d'attaque (51) et le bord de fuite (52) de la pale (31) selon une direction circonférentielle (C).

[Revendication 4]

Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'ouverture d'éjection (36) s'étend selon une direction principale et correspond à l'une des trois ouvertures d'éjection (E1, E2, E3) suivantes :

- une première ouverture d'éjection (36, E1) située plus proche du bord d'attaque (51) que du bord de fuite (52) de la pale (31), qui débouche en direction de la paroi intrados (54) de la pale (31) ;

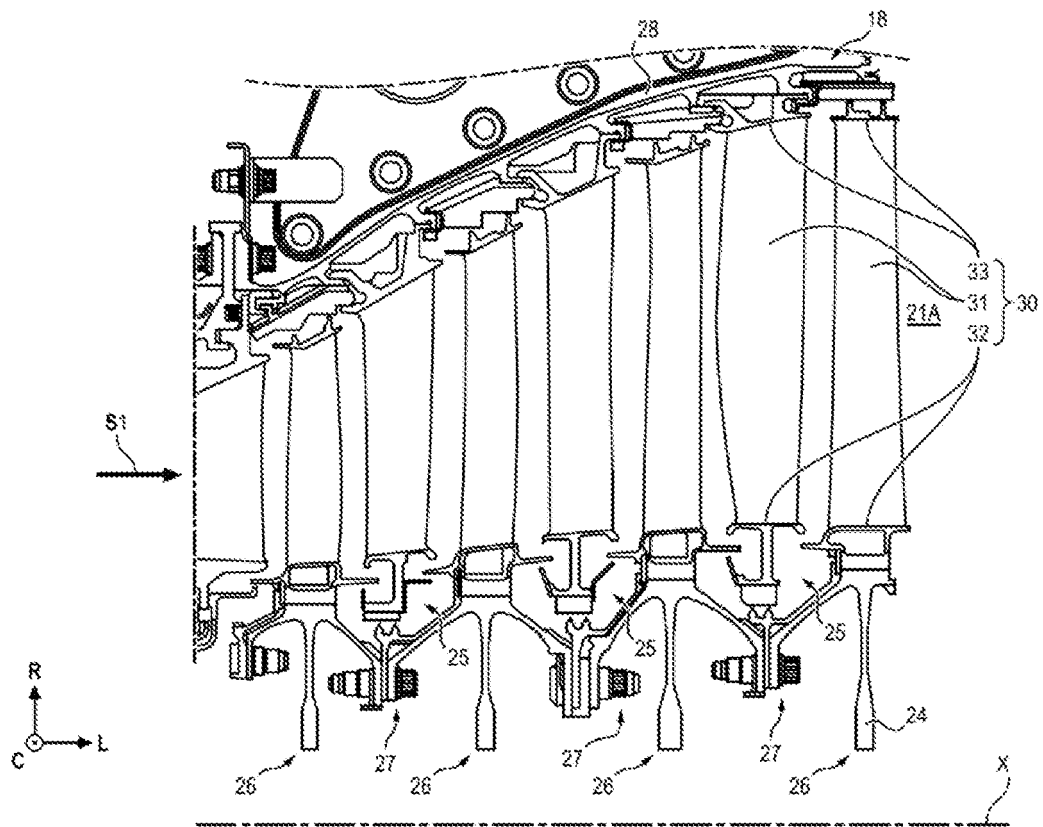
- une deuxième ouverture d'éjection (36, E2) située sensiblement entre le bord d'attaque (51) et le bord de fuite (52) de la pale (31), qui débouche en direction de la paroi intrados (54) de la pale (31), la deuxième ouverture d'éjection (36, E2) présentant de préférence une direction principale sensiblement parallèle à la paroi intrados (54) de la pale (31) ; ou

- une troisième ouverture d'éjection (36, E3) située plus proche du bord

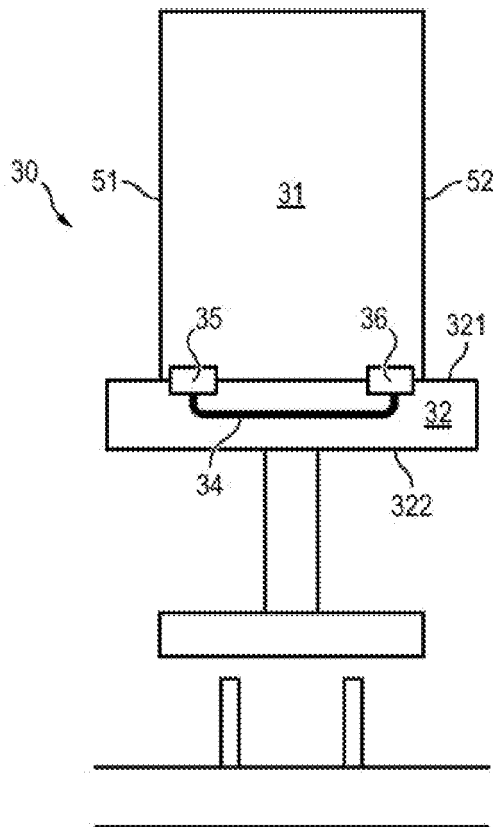
- de fuite (52) que du bord d'attaque (51) de la pale (31) et qui débouche en direction du bord de fuite (52) de la pale (31).
- [Revendication 5] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon la revendication 3 prise en combinaison avec la revendication 4, dans lequel l'ouverture d'aspiration (35) correspond à la première ouverture d'aspiration (35, A1) et l'ouverture d'éjection (36) correspond à la troisième ouverture d'éjection (36, E3).
- [Revendication 6] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel une section du canal interne (34) de l'ouverture d'éjection (36) est inférieure à une section du canal interne (34) de l'ouverture d'aspiration (35).
- [Revendication 7] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la plateforme (32, 33) est une plateforme interne (32), la surface de veine (321) de la plateforme interne (32) étant adaptée pour délimiter radialement vers l'intérieur la veine d'écoulement primaire (21A).
- [Revendication 8] Aubage (25, 26) de turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, s'étendant radialement autour de l'axe longitudinal (X) et comprenant en outre une autre pale circonférentiellement adjacente (310) à la pale (31), dans lequel ladite pale circonférentiellement adjacente (310) s'étend radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal (X) et présente un profil aérodynamique délimité axialement en amont par un bord d'attaque (510) et en aval par un bord de fuite (520), la pale circonférentiellement adjacente (310) comprend en outre une paroi intrados (540) et une paroi extrados (530) opposée à la paroi intrados (54), la paroi intrados (54) et la paroi extrados (53) reliant chacune le bord d'attaque (51) au bord de fuite (52), dans lequel la pale circonférentiellement adjacente (310) est adaptée pour s'étendre radialement à partir de la surface de veine (321) de la plateforme (32, 33) dans la veine d'écoulement primaire (21A) de sorte que la paroi extrados (530) de la pale circonférentiellement adjacente (310) est située en regard de la paroi intrados (54) de la pale (31), dans lequel l'écoulement intrados (EI) s'écoule globalement entre un point de séparation (A) situé en amont du bord d'attaque (51) de la pale (31) et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados (EI) et l'écoulement extrados (EE) se divisent, et un point d'impact (B) situé en aval du bord d'attaque (51) de la pale (31) et correspondant à un point au niveau duquel l'écoulement intrados (EI) entre au contact de la paroi

- extrados (530) de la pale circonférentiellement adjacente (310).
- [Revendication 9] Aubage (25, 26) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'aubage (25, 26) est un distributeur (25) de turbine (17, 18) de turbomachine (10).
- [Revendication 10] Turbomachine (10) comprenant au moins une turbine (17, 18) comprenant au moins un aubage (25, 26) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

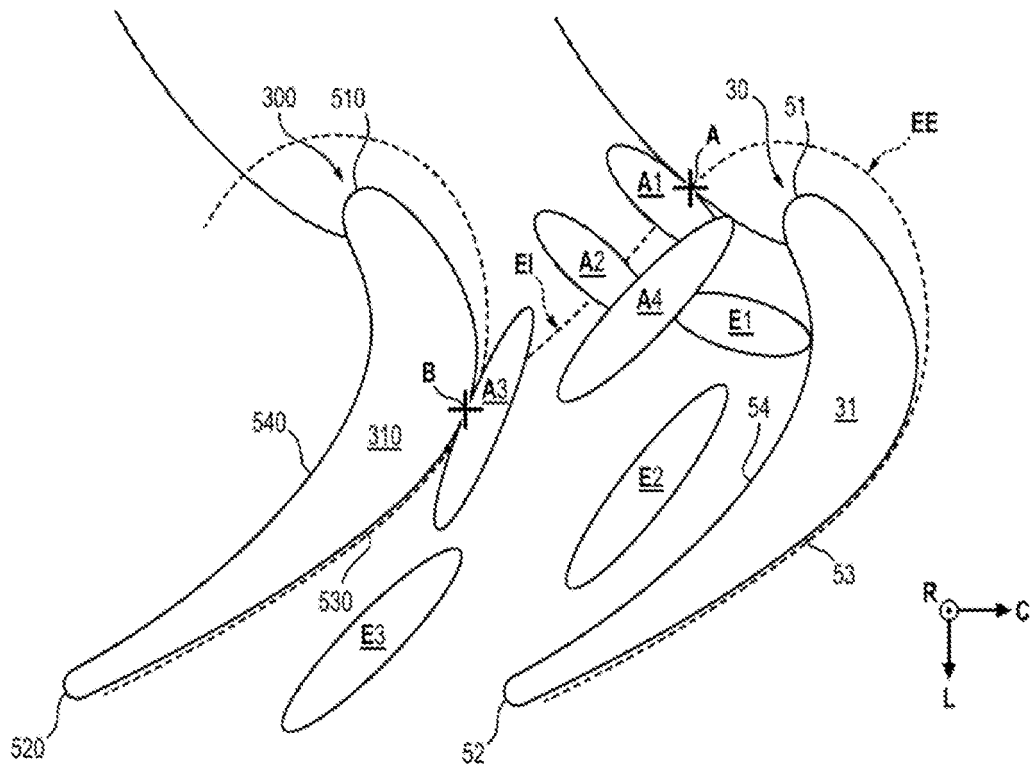
[Fig. 3]



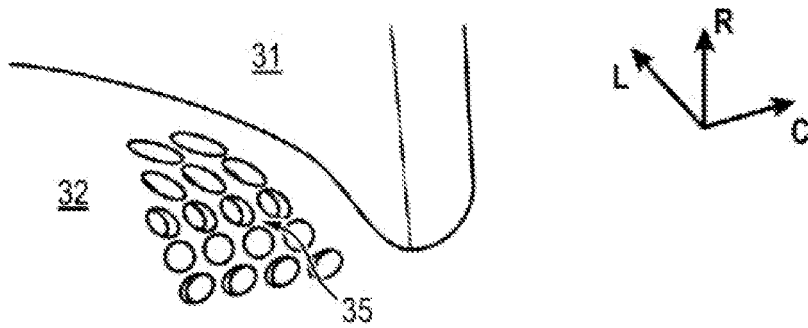
[Fig. 4]



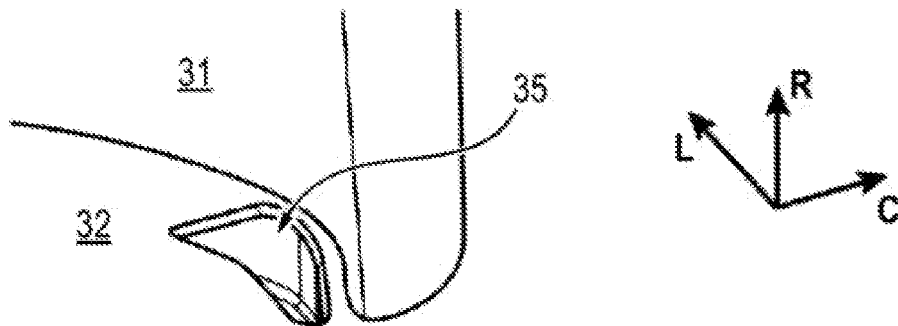
[Fig. 5]



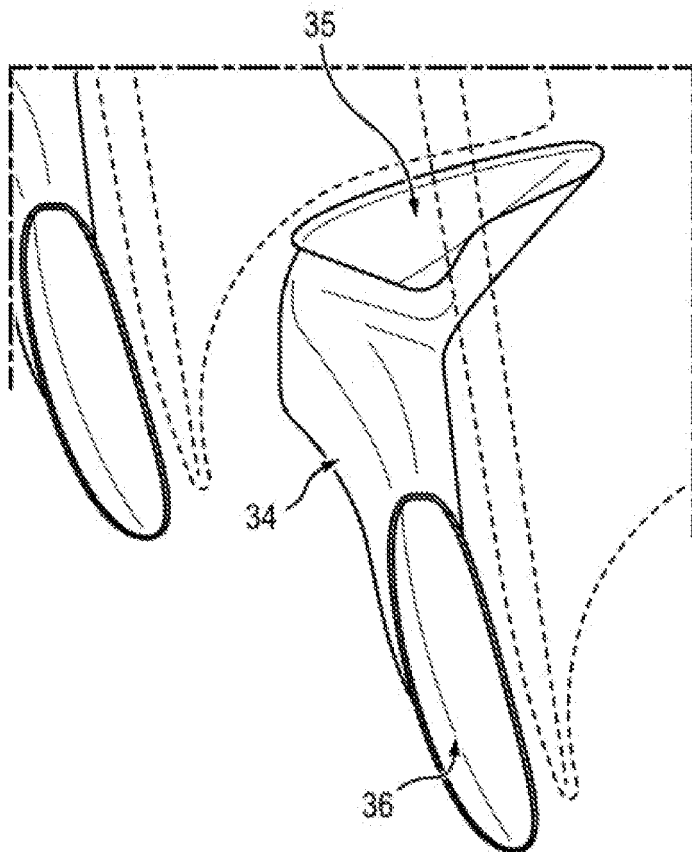
[Fig. 6a]



[Fig. 6b]



[Fig. 6c]



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 2017/030375 A1 (SHIBATA TAKANORI [JP]
ET AL) 2 février 2017 (2017-02-02)

US 2021/254483 A1 (PINTAT LUDOVIC [FR])
19 août 2021 (2021-08-19)

US 2021/246802 A1 (PINTAT LUDOVIC [FR] ET
AL) 12 août 2021 (2021-08-12)

US 2021/381389 A1 (BUONVINO ALBERTO [IT]
ET AL) 9 décembre 2021 (2021-12-09)

**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