

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.06.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.12.23 Bulletin 23/50.

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) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : GIRARDEAU Julian Nicolas.

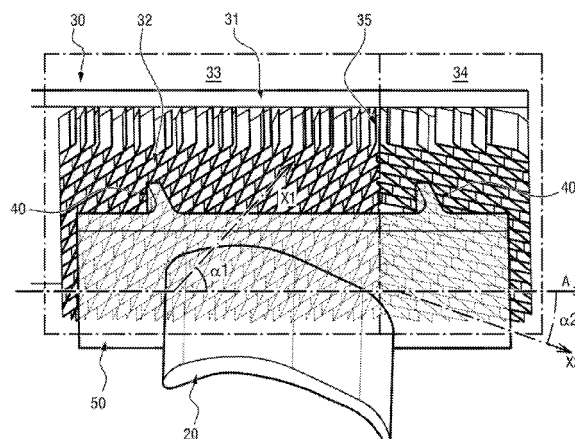
73 Titulaire(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS).

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 Élément abradable pour une turbine de turbomachine, comprenant des alvéoles présentant différentes inclinaisons.

57 La présente demande concerne un élément abradable (30) pour une turbine de turbomachine, s'étendant longitudinalement selon un axe (A), dans lequel l'élément abradable (30) comprend le long de l'axe (A) une partie amont (33) et une partie aval (34) comprenant chacune une pluralité d'alvéoles, l'amont vers l'aval étant défini selon un sens d'écoulement normal du gaz à travers l'élément abradable (30), tout ou partie des alvéoles dans la partie amont (33) présentant une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un premier axe (X1) formant un premier angle (α_1) avec l'axe (A), tout ou partie des alvéoles dans la partie aval (34) présentant une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un deuxième axe (X2) formant un deuxième angle (α_2) avec l'axe (A), dans lequel le premier angle (α_1) est strictement positif et le deuxième angle (α_2) est négatif ou nul.

Figure pour l'abrégé : Fig. 3a



Description

Titre de l'invention : Élément abradable pour une turbine de turbomachine, comprenant des alvéoles présentant différentes inclinaisons

Domaine technique

[0001] La présente demande concerne le domaine des turbomachines d'aéronef, plus particulièrement concerne un élément abradable pour une turbine de turbomachine ainsi qu'une turbine, une turbomachine et un aéronef comprenant un tel élément abradable.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

[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 s'étend sensiblement autour d'un axe longitudinal. La turbomachine comprend, d'amont en aval dans le sens d'écoulement du flux des gaz à travers la turbomachine, une soufflante, au moins un compresseur, une chambre de combustion, au moins une turbine, et une tuyère d'échappement des gaz.

[0003] La turbine comprend un ou plusieurs étages, chaque étage comprenant un distributeur fixe et une roue mobile, les distributeurs et les roues mobiles de la turbine étant agencés en alternance selon l'axe longitudinal. La turbine comprend en outre un carter fixe s'étendant autour du distributeur et de la roue mobile. Un exemple de conception d'une turbine est connu du document FR 3 034 129 A1.

[0004] Le distributeur comprend des aubes fixes réparties circonférentiellement autour de l'axe longitudinal de la turbomachine et reliées par leurs extrémités radialement externes au carter fixe. La roue mobile comprend un disque interne et des aubes mobiles circonférentiellement réparties autour du disque et reliées par leurs extrémités radialement internes au disque. Les aubes de la roue mobile sont disposées au niveau de leur extrémité externe en regard du carter fixe. Le disque de la roue mobile comprend une virole en regard de laquelle sont situées les extrémités internes des aubes fixes du distributeur.

[0005] Dans un tel agencement, il existe un premier jeu radial entre les extrémités externes des aubes de la roue mobile et le carter fixe. En outre, il existe un deuxième jeu radial entre les extrémités internes des aubes du distributeur et la virole. Compte tenu notamment des dilatations différentielles intervenant lorsque la turbomachine est en service, et qui conditionnent en partie les jeux radiaux, ceux-ci ne peuvent pas être annulés. Par conséquent, une partie du flux primaire s'écoulant au niveau de la turbine, appelé flux de fuite, passe entre la roue mobile et le carter fixe, ou entre le distributeur et la virole, dans les espaces formés par les jeux radiaux.

- [0006] En particulier, ainsi qu'illustré en [Fig.1], un flux de fuite Ff' se sépare du reste du flux primaire Fp' entre les extrémités externes des aubes 20' de la roue mobile et le carter 100' au niveau du premier jeu radial. Le premier flux de fuite Ff' est ensuite réinjecté dans le reste du flux primaire Fp' en aval de la roue mobile 20'. Un deuxième flux de fuite peut passer entre les extrémités internes des aubes 10' du distributeur et la virole de la roue mobile au niveau du deuxième jeu radial. Le deuxième flux de fuite est ensuite réinjecté dans le reste du flux primaire Fp' en aval du distributeur. Les flux de fuites présentent chacun un débit de fuite qui dépend de la valeur du jeu radial respectif. Les jeux radiaux présentent donc une incidence significative sur le rendement de la turbomachine, car les flux de fuite contournent les aubes de la turbine, et entraînent donc une diminution du rendement de la turbomachine.
- [0007] Des lèchettes d'étanchéité peuvent être disposées sur l'extrémités interne ou externe des aubes de la roue mobile et/ou sur la virole du disque de la roue mobile. Un élément abrasable est disposé en regard de la lèchette d'étanchéité respective, sur une face interne du carter fixe et/ou sur une extrémité interne de l'aube du distributeur. L'élément abrasable permet de diminuer la valeur du jeu radial entre un élément de la turbine qui porte l'élément abrasable et un élément de la turbine qui porte la lèchette d'étanchéité, et ainsi de limiter le débit du flux de fuite. L'élément abrasable peut présenter une structure alvéolaire, par exemple en nid d'abeilles. Le document WO 2020/208224 A1 et le document FR 3 073 890 A1 décrivent chacun un élément abrasable présentant une structure alvéolaire avec une densité variable d'alvéoles. En fonctionnement, la lèchette d'étanchéité mobile peut frotter contre l'élément abrasable fixe, l'élément abrasable s'usant avant la lèchette d'étanchéité. Les jeux radiaux augmentent ainsi avec le temps.
- [0008] En outre, la réinjection des flux de fuite dans le reste du flux primaire en aval de l'élément abrasable perturbe le flux primaire, du fait d'une différence d'orientation, notamment tangentielle, entre le flux de fuite réinjecté et le reste du flux primaire, ce qui entraîne également une diminution du rendement de la turbomachine. La perturbation est accentuée du fait qu'une vitesse tangentielle du flux de fuite au niveau de la zone de réinjection est maintenue faible par rapport à une vitesse tangentielle du flux de fuite au niveau de la zone de prélèvement, de sorte à réduire la pression statique dans la zone de prélèvement et à augmenter la pression statique dans la zone de réinjection pour réduire en conséquence le débit du flux de fuite. Ainsi, le flux de fuite présente dans la zone de réinjection un écart important de vitesse tangentielle, ou giration, avec le reste du flux primaire, ce qui conduit à des pertes de mélange importantes.

EXPOSE GENERAL

- [0009] Un but de la présente demande est de proposer un élément abrasable pour une

turbine de turbomachine permettant d'améliorer le rendement de la turbomachine, notamment en limitant l'impact du flux de fuite.

- [0010] A cet effet, la demande a pour objet, selon un premier aspect, un élément abradable pour une turbine de turbomachine, s'étendant longitudinalement selon un axe autour duquel l'élément abradable est destiné à être monté, dans lequel l'élément abradable comprend le long de l'axe une partie amont et une partie aval comprenant chacune une pluralité d'alvéoles, l'amont vers l'aval étant défini selon un sens d'écoulement normal du gaz à travers l'élément abradable lorsque la turbine de turbomachine est en fonctionnement, tout ou partie des alvéoles dans la partie amont présentant une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un premier axe formant un premier angle avec l'axe, tout ou partie des alvéoles dans la partie aval présentant une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un deuxième axe formant un deuxième angle avec l'axe, dans lequel le premier angle est strictement positif et le deuxième angle est négatif ou nul, le premier angle et le deuxième angle étant chacun pris dans un plan transverse aux alvéoles.
- [0011] Certaines caractéristiques préférées mais non limitatives de l'élément abradable selon le premier aspect sont les suivantes, prises individuellement ou en combinaison :
- [0012] - le premier angle est compris entre 40° et 75° ;
- [0013] - le deuxième angle est compris entre 0° et -30° ;
- [0014] - les alvéoles présentent l'une au moins des formes suivantes : un polygone, un parallélogramme, un losange, une ellipse ;
- [0015] - la pluralité d'alvéoles de la partie amont et la pluralité d'alvéoles de la partie aval définissent chacune une surface de frottement configurée pour s'étendre en face d'une léchette d'étanchéité de la turbine, la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont s'étendant le long de l'axe selon une dimension axiale supérieure à la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval ;
- [0016] - la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont est entre 1 et 5 fois supérieure à la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval ;
- [0017] - la partie amont et la partie aval sont agencées de façon contigüe sans chevauchement le long de l'axe ;
- [0018] - une jonction entre la partie amont et la partie aval forme une ligne orientée sensiblement perpendiculairement à l'axe ;
- [0019] - les alvéoles de l'élément abradable sont obtenues par fabrication additive.
- [0020] Selon un deuxième aspect, la demande propose une turbine pour une turbomachine, comprenant :
 - une roue mobile comprenant une virole solidaire en rotation d'une couronne formée par une pluralité d'aubes radiales réparties autour d'un disque centré sur un axe de

turbine ;

- un distributeur fixe comprenant une couronne formée par une pluralité d'aubes radiales circonférentiellement réparties autour d'un pied du distributeur centré sur l'axe de turbine, le distributeur s'étendant autour de la virole de la roue mobile ;
- un carter externe fixe qui s'étend autour de la roue mobile et du distributeur ; et
- un élément abradable selon le premier aspect, l'élément abradable étant monté sur le carter en regard d'au moins une aube de la roue mobile, et/ou sur le pied du distributeur en regard de la virole de la roue mobile.

[0021] La turbine peut être une turbine basse pression.

[0022] La partie amont et la partie aval de l'élément abradable peuvent être agencées de façon contigüe sans chevauchement le long de l'axe, une jonction entre la partie amont et la partie aval formant une ligne orientée sensiblement perpendiculairement à l'axe.

[0023] Lorsque l'élément abradable est monté sur le carter en regard d'au moins une aube de la roue mobile, la jonction entre la partie amont et la partie aval peut s'étendre plus proche d'un bord de fuite que d'un bord d'attaque de l'aube de la roue mobile.

[0024] Lorsque l'élément abradable est monté sur le pied du distributeur en regard de la virole de la roue mobile, la jonction entre la partie amont et la partie aval peut s'étendre plus proche d'un bord de fuite que d'un bord d'attaque de l'aube du distributeur.

[0025] Selon un troisième aspect, la demande propose une turbomachine comprenant une turbine selon le deuxième aspect.

[0026] La turbomachine peut être une turbomachine double corps.

[0027] Selon un quatrième aspect, la demande propose un aéronef comprenant au moins une turbomachine selon le troisième aspect.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0028] D'autres caractéristiques, buts et avantages de la demande 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 :

[0029] La [Fig.1], déjà commentée, est une vue schématique en coupe axiale illustrant un flux de fuite s'écoulant entre une roue mobile et un carter de turbine d'une turbomachine.

[0030] La [Fig.2] est une vue schématique en coupe axiale illustrant un flux de fuite s'écoulant dans les alvéoles d'un élément abradable, entre une léchette d'étanchéité d'une roue mobile et un carter de la turbine.

[0031] La [Fig.3a] est une vue schématique en perspective d'un élément abradable selon un mode de réalisation particulier.

[0032] La [Fig.3b] est une vue schématique selon une autre perspective de l'élément

abradable de la [Fig.3a].

[0033] La [Fig.4a] est une vue schématique en coupe radiale illustrant un flux primaire s'écoulant à travers un distributeur et une roue mobile d'une turbine.

[0034] La [Fig.4b] est une vue schématique en coupe radiale illustrant un flux s'écoulant à travers un distributeur et une roue mobile d'une turbine, un élément abradable étant disposé au niveau de la roue mobile.

[0035] La [Fig.5] est une vue schématique en perspective d'un distributeur situé entre deux roues mobiles d'une turbine, un élément abradable selon un mode de réalisation étant monté sur le distributeur en regard d'une virole mobile de la turbine.

DESCRIPTION DETAILLEE

Description générale de la turbomachine

[0036] Un aéronef peut comprendre au moins une turbomachine telle que décrite ci-dessus. Dans la suite de la demande, l'amont et l'aval sont définis par rapport à un sens d'écoulement normal du gaz à travers l'élément abradable lorsque la turbomachine est en fonctionnement, qui correspond à un sens d'écoulement normal du gaz à travers la turbomachine en fonctionnement. Ainsi, un flux d'air s'écoule dans l'élément abradable et dans la turbomachine depuis l'amont vers l'aval. La turbomachine s'étend autour d'un axe longitudinal qui correspond à un axe de rotation de la turbomachine. Un axe radial est un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal et passant par lui. Un axe circonférentiel est un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal et ne passant pas par lui. Une direction longitudinale, respectivement radiale ou circonférentielle, correspond à la direction de l'axe longitudinal, respectivement radial ou circonférentiel. Les directions longitudinale, radiale et circonférentielle, sont orthogonales entre elles.

[0037] Les termes interne et externe, ou intérieur et extérieur, respectivement, sont utilisés en référence à une direction radiale de sorte que la partie ou la face interne, ou intérieure, d'un élément est plus proche de l'axe longitudinal que la partie ou la face externe, ou extérieure, du même élément.

[0038] La turbomachine peut être un turboréacteur ou un turbopropulseur. La turbomachine peut comprendre une soufflante, au moins un compresseur, une chambre de combustion, au moins une turbine telle que décrite ci-dessous et une tuyère d'échappement des gaz. La turbine s'étend autour d'un axe de turbine qui correspond à un axe de rotation de la turbine et qui peut correspondre à l'axe longitudinal.

[0039] Dans un exemple de réalisation non limitatif, la turbomachine est un turboréacteur à double corps et à double flux. La turbomachine comprend, de l'amont vers l'aval, une soufflante, un compresseur basse pression, un compresseur haute pression, une chambre de combustion, 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. Lors du fonctionnement de la turbomachine, un écoulement d'air pénètre dans la turbomachine par une entrée d'air en amont de la nacelle, traverse la soufflante puis se divise en un flux primaire F_p et un flux secondaire. Le flux primaire F_p s'écoule dans une veine d'écoulement primaire et traverse les compresseurs, la chambre de combustion et les turbines, et le flux secondaire s'écoule dans une veine d'écoulement secondaire qui est concentrique avec la veine d'écoulement primaire et est délimitée radialement vers l'extérieur par la nacelle.

[0040] Dans la suite de la demande, un élément mobile de la turbine correspond à un élément adapté pour être entraîné en rotation autour de l'axe de turbine, en particulier autour de l'axe longitudinal, par opposition à un élément fixe de la turbine.

[0041] La turbine comporte un ou plusieurs étages constitués chacun d'un distributeur et d'une roue mobile. Les distributeurs et les roues mobiles sont agencés en alternance selon l'axe de turbine. Ainsi, la turbine comprend :

- une roue mobile comprenant une virole 26 solidaire en rotation d'une couronne formée par une pluralité d'aubes 20 radiales réparties autour d'un disque 25 centré sur un axe de turbine ;
- un distributeur fixe comprenant une couronne formée par une pluralité d'aubes 10 radiales circonférentiellement réparties autour d'un pied du distributeur centré sur l'axe de turbine, le distributeur s'étendant autour de la virole 26 de la roue mobile ;
- un carter 100 externe fixe qui s'étend autour de la roue mobile et du distributeur ; et
- un élément abradable 30 selon l'un quelconque des modes, exemples et variantes de réalisation décrits ci-dessous, l'élément abradable 30 étant monté sur le carter 100 en regard d'au moins une aube 20 de la roue mobile, et/ou sur le pied du distributeur en regard de la virole 26 de la roue mobile.

[0042] Le carter 100 et le distributeur, qui comprend les aubes 10 du distributeur, sont des éléments fixes. La roue mobile, qui comprend les aubes 20 de la roue mobile, le disque 25 et la virole 26, est un élément mobile.

[0043] La turbine peut être une turbine basse pression. En variante, la turbine peut être une turbine haute pression.

[0044] L'axe de turbine peut correspondre à l'axe longitudinal. Une aube, par exemple une aube 10 du distributeur ou une aube 20 de la roue mobile, 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. L'aube 10, 20 comprend

une extrémité externe, ou tête, et une extrémité interne, ou pied, radialement opposée à l'extrémité externe.

- [0045] La roue mobile est adaptée pour s'étendre à l'intérieur du carter 100. Les aubes 20 de la roue mobile peuvent être reliées au disque 25 au niveau de leurs extrémités internes. Les extrémités externes des aubes 20 de la roue mobile sont disposées en regard du carter 100 de turbine. La virole 26 de la roue mobile peut former une bride axiale raccordant mécaniquement les parties du disque 25 situées en regard de deux roues mobiles de turbine successives.
- [0046] Le distributeur est adapté pour s'étendre à l'intérieur du carter 100, autour de la virole 26 de la roue mobile. Le distributeur s'étend ainsi entre la virole 26 et le carter 100. Les aubes 10 du distributeur peuvent être reliées au carter 100 au niveau de leurs extrémités externes. Les extrémités internes des aubes 10 du distributeur sont disposées en regard de la virole 26 de la roue mobile de la turbine.
- [0047] Le distributeur d'un étage de la 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 10 du distributeur en direction des aubes 20 de la roue mobile de cet étage de manière à entraîner celles-ci en rotation autour de l'axe de turbine. Ainsi, la turbine est entraînée en rotation par détente d'un gaz traversant les aubes 20 de la roue mobile.
- [0048] Un premier jeu radial est présent entre les extrémités externes des aubes 20 de la roue mobile et le carter 100 fixe. Un deuxième jeu radial est présent entre les extrémités internes des aubes 10 fixes du distributeur et la virole 26 mobile.
- [0049] Par conséquent, une partie du flux primaire F_p s'écoulant dans la veine primaire au niveau de la turbine passe entre un élément mobile 20, 26 et un élément fixe 10, 100 de la turbine, dans les espaces formés respectivement par le premier jeu radial et par le deuxième jeu radial. Cette partie du flux primaire F_p constitue un flux de fuite F_{f1} , F_{f2} . En particulier, un premier flux de fuite F_{f1} se sépare du reste du flux primaire F_p pour contourner la roue mobile par l'extérieur. Le premier flux de fuite F_{f1} passe ainsi entre les extrémités externes des aubes 20 de la roue mobile et le carter 100 fixe au niveau du premier jeu radial. Le premier flux de fuite F_{f1} est ensuite réinjecté dans le reste du flux primaire F_p en aval de la roue mobile, en amont et/ou au niveau du distributeur. Un deuxième flux de fuite F_{f2} se sépare du reste du flux primaire F_p pour contourner le distributeur par l'intérieur. Le deuxième flux de fuite F_{f2} passe ainsi entre les extrémités internes des aubes 10 du distributeur et la virole 26 au niveau du deuxième jeu radial. Le deuxième flux de fuite F_{f2} est ensuite réinjecté dans le reste du flux primaire F_p en aval du distributeur, le cas échéant en amont et/ou au niveau d'une roue mobile d'un étage suivant de la turbine.

Description générale de l'élément abradable

- [0050] La [Fig.3a] et la [Fig.3b] illustrent à titre d'exemple non limitatif un élément abradable 30 pour une turbine de turbomachine conforme à un mode de réalisation particulier.
- [0051] L'élément abradable 30 s'étend longitudinalement selon un axe A autour duquel l'élément abradable 30 est destiné à être monté. L'élément abradable 30 comprend le long de l'axe A une partie amont 33 et une partie aval 34 comprenant chacune une pluralité d'alvéoles, l'amont vers l'aval étant défini selon un sens d'écoulement normal du gaz à travers l'élément abradable 30 lorsque la turbine de turbomachine est en fonctionnement.
- [0052] Tout ou partie des alvéoles dans la partie amont 33 présente une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un premier axe X1 formant un premier angle α_1 avec l'axe A. Tout ou partie des alvéoles dans la partie aval 34 présente une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un deuxième axe X2 formant un deuxième angle α_2 avec l'axe A. Le premier angle α_1 est strictement positif et le deuxième angle α_2 est négatif ou nul, le premier angle α_1 et le deuxième angle α_2 étant chacun pris dans un plan transverse aux alvéoles.
- [0053] L'axe A est adapté pour être orienté de l'amont vers l'aval selon un sens d'écoulement normal du gaz à travers la turbomachine en fonctionnement. Ainsi, l'axe A peut être sensiblement parallèle à l'axe de turbine, ou présenter une inclinaison strictement comprise entre 0° et 90° par rapport à l'axe de turbine. Lorsque l'axe A est incliné par rapport à l'axe de turbine, l'élément abradable 30 peut présenter une forme tronconique dont une génératrice correspond à l'axe de turbine, le cas échéant à l'axe longitudinal, l'élément abradable 30 s'évasant vers l'aval.
- [0054] L'élément abradable 30 présente une faible résistance au frottement et à l'usure, de sorte que lorsque l'élément abradable 30 entre au contact, lors du fonctionnement de la turbomachine, avec un autre élément de la turbine, l'élément abradable 30 est entamé sans endommager l'autre élément.
- [0055] L'élément abradable 30 peut être disposé de sorte à recouvrir une face, par exemple une face interne, d'un élément fixe 10, 100 de la turbine. Ainsi, l'élément abradable 30 est porté par l'élément fixe, tel qu'une aube 10 du distributeur ou le carter 100, et est situé en regard d'un élément mobile 20, 26 correspondant de la turbine. Ainsi qu'illustré à titre d'exemple non limitatif en [Fig.2], le flux de fuite Ff1, Ff2 passe dans les alvéoles de l'élément abradable 30, entre l'élément fixe 10, 100 qui porte l'élément abradable 30 et l'élément mobile 20, 26, en particulier entre l'élément fixe 10, 100 et une léchette d'étanchéité 40 qui est portée par l'élément mobile 20, 26. Ainsi, le flux de fuite Ff1, Ff2 est dirigé par les alvéoles, l'élément abradable 30 impartissant une direction au flux.
- [0056] L'élément abradable 30 comprend une pluralité d'alvéoles. En particulier, l'élément

abradable 30 peut comprendre une embase 31, ou platine, et une structure alvéolaire 32 formée par la pluralité d'alvéoles et comprenant la partie amont 33 et la partie aval 34 de l'élément abradable 30.

[0057] L'embase 31 est adaptée pour être fixée à une face, par exemple une face interne, d'un élément fixe 10, 100 de la turbine. L'embase 31 porte la structure alvéolaire 32, servant de support à la structure alvéolaire 32.

[0058] La structure alvéolaire 32 peut correspondre à une couche d'un matériau à structure alvéolaire de type nid d'abeilles (appelé couramment « Nida »). Ainsi, la structure alvéolaire 32 forme des puits s'étendant radialement depuis l'embase 31 vers l'élément mobile 20, 26 en regard duquel l'élément abradable 30 est disposé. La structure alvéolaire 32 peut être formée par une pluralité d'alvéoles juxtaposées en réseau continu selon un motif de l'élément abradable 30. La structure alvéolaire 32 est adaptée pour être en contact avec le flux de fuite Ff1, Ff2 circulant dans la veine primaire. La structure alvéolaire 32 peut être disposée en une position radialement interne par rapport à l'embase 31, à l'extérieur et en regard d'un élément mobile 20, 26. La structure alvéolaire 32 est adaptée pour venir au contact de l'élément mobile 20, 26 en regard duquel l'élément abradable 30 est disposé lors du fonctionnement de la turbomachine. Plus particulièrement, chaque alvéole de la structure alvéolaire 32 peut comprendre une première extrémité, qui peut être une extrémité externe, adaptée pour être au contact de l'embase 31, et une deuxième extrémité, qui peut être une extrémité interne, opposée à la première extrémité et adaptée pour venir au contact de l'élément mobile 20, 26 en regard duquel l'élément abradable 30 est disposé lors du fonctionnement de la turbomachine. Les deuxièmes extrémités des alvéoles sont destinées à s'user avant l'élément mobile 20, 26 lors du contact avec l'élément mobile 20, 26.

[0059] Dans une première variante de réalisation, toutes les alvéoles dans la partie amont 33 présentent une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant le premier axe X1. Toutes les alvéoles de la partie amont 33 sont ainsi alignées entre elles et inclinées suivant le premier angle $\alpha 1$.

[0060] Dans une deuxième variante de réalisation, une partie seulement des alvéoles dans la partie amont 33 présente une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant le premier axe X1. Une partie seulement des alvéoles de la partie amont 33 sont ainsi alignées entre elles et inclinées suivant le premier angle $\alpha 1$. Les autres alvéoles de la partie amont 33 présentent des plus grandes dimensions s'étendant suivant un ou plusieurs axes différent(s) du premier axe X1 et formant un ou plusieurs angle(s) différent(s) du premier angle $\alpha 1$ avec l'axe A. Une majorité des alvéoles dans la partie amont 33 peut présenter une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant le premier axe X1.

[0061] Dans une troisième variante de réalisation, toutes les alvéoles dans la partie aval 34

présentent une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant le deuxième axe X2. Toutes les alvéoles de la partie aval 34 sont ainsi alignées entre elles et inclinées suivant le deuxième angle α_2 .

[0062] Dans une quatrième variante de réalisation, une partie seulement des alvéoles dans la partie aval 34 présente une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant le deuxième axe X2. Une partie seulement des alvéoles de la partie aval 34 sont ainsi alignées entre elles et inclinées suivant le deuxième angle α_2 . Les autres alvéoles de la partie aval 34 présentent des plus grandes dimensions s'étendant suivant un ou plusieurs axes différent(s) du deuxième axe X2 et formant un ou plusieurs angle(s) différent(s) du deuxième angle α_2 avec l'axe A. Une majorité des alvéoles dans la partie aval 34 peut présenter une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant le deuxième axe X2.

[0063] La première variante de réalisation est compatible de la troisième variante de réalisation et de la quatrième variante de réalisation. La deuxième variante de réalisation est compatible de la troisième variante de réalisation et de la quatrième variante de réalisation.

[0064] Le premier angle α_1 formé entre le premier axe X1 des alvéoles de la partie amont 33 et l'axe A est différent et peut présenter un signe opposé au deuxième angle α_2 formé entre le deuxième axe X2 des alvéoles de la partie aval 34 et l'axe A. En d'autres termes, les alvéoles de l'élément abradable 30 sont disposées selon un motif d'élément abradable 30 irrégulier, le motif de l'élément abradable 30 présentant une évolution axiale. Le flux de fuite Ff1, Ff2 qui passe dans les alvéoles de l'élément abradable 30 est donc d'abord dirigé par les alvéoles de la partie amont 33 dans une première direction, puis dirigé par les alvéoles de la partie aval 34 dans une deuxième direction, ainsi qu'illustré à titre d'exemple non limitatif en [Fig.3a], en [Fig.3b], et en [Fig.4b]. Ainsi, le flux de fuite Ff1, Ff2 peut être dévié par l'élément abradable 30 de sorte notamment à réduire la réinjection du flux de fuite Ff1, Ff2 dans le flux primaire Fp en aval de l'élément abradable 30, donc à améliorer le rendement de la turbomachine. Le flux de fuite Ff1, Ff2 peut ainsi être redressé par l'élément abradable 30 dans la partie aval 34 de sorte à ramener sa giration à une valeur proche de celle du reste du flux primaire Fp, afin de faciliter sa réintroduction dans le reste du flux primaire Fp en aval de l'élément abradable 30. En d'autres termes, un élément abradable 30 présentant des alvéoles orientées suivant plusieurs angles α_1 , α_2 différents permet de contrôler la giration du flux de fuite Ff1, Ff2 au niveau de l'élément abradable 30, en vue de réduire une différence d'orientation entre le flux de fuite Ff1, Ff2 et le reste du flux primaire Fp s'écoulant le long des aubes 10, 20 de la roue mobile et du distributeur de la turbine, ce flux primaire Fp étant illustré à titre d'exemple non limitatif en [Fig.4a]. L'élément abradable 30 permet ainsi de diminuer les pertes engendrées par la présence

des premier et deuxième jeux radiaux entre les éléments mobiles 20, 26 et les éléments fixes 10, 100 de la turbine. Le rendement de la turbomachine est ainsi amélioré.

[0065] Enfin, le premier angle α_1 strictement positif permet de maximiser la vitesse tangentielle du flux de fuite Ff1, Ff2 en amont de l'élément abrasable, et le deuxième angle α_2 négatif ou nul permet de maximiser la vitesse tangentielle du flux de fuite Ff1, Ff2 en aval de l'élément abrasable 30. Ainsi, les pertes par cisaillement du flux de fuite Ff1, Ff2 avec le reste du flux primaire Fp s'écoulant dans la turbine sont réduites. En effet, en particulier lorsque l'axe de turbine correspond à l'axe longitudinal, le premier axe X1 des alvéoles de la partie amont 33 est dirigé selon une première inclinaison strictement positive par rapport à l'axe A et à la direction circonférentielle. Il est entendu qu'un signe « positif » ou « négatif » d'un angle correspond à son signe selon le sens trigonométrique. Le premier angle α_1 , qui correspond à la première inclinaison, est configuré pour diminuer une différence de vitesse tangentielle entre le flux de fuite Ff1, Ff2 au niveau de son prélèvement dans le flux primaire Fp en amont de l'élément abrasable 30, et le reste du flux primaire Fp. Le premier angle α_1 strictement positif permet ainsi de limiter les pertes de charge au niveau de la séparation entre le flux de fuite Ff1, Ff2 et le reste du flux primaire Fp en amont de l'élément abrasable 30 et de l'élément mobile 20, 26. Le rendement de la turbomachine en est ainsi amélioré. Le deuxième axe X2 des alvéoles de la partie aval 34 est dirigé selon une deuxième inclinaison nulle ou négative par rapport à l'axe A et à la direction circonférentielle. En particulier, lorsque le deuxième angle α_2 est nul, le deuxième axe X2 est parallèle à l'axe A et à la direction circonférentielle. Le deuxième angle α_2 , qui correspond à la deuxième inclinaison, est configuré pour diminuer une différence de vitesse tangentielle entre le flux de fuite Ff1, Ff2 au niveau de sa réinjection dans le flux primaire Fp, et le reste du flux primaire Fp. Le deuxième angle α_1 négatif ou nul permet ainsi, en redressant le flux de fuite Ff1, Ff2 avant sa réinjection dans le reste du flux primaire Fp, de limiter la perturbation de l'écoulement dans la veine primaire du fait de la réintroduction du flux de fuite Ff1, Ff2, et donc de limiter les pertes de charge au niveau de la réintroduction du flux de fuite Ff1, Ff2 dans le reste du flux primaire Fp en aval de l'élément abrasable 30 et l'élément mobile 20, 26. Notamment, un effet de cisaillement des flux, en particulier dans le sens tangentiel, est ainsi évité. Le rendement de la turbomachine est ainsi amélioré.

[0066] Dans un premier mode de réalisation, illustré à titre d'exemple non limitatif en [Fig.3a] et en [Fig.3b], l'élément abrasable 30 est disposé de sorte à recouvrir partiellement une face interne du carter 100, l'élément abrasable 30 étant disposé en regard d'une aube 20 de la roue mobile, plus particulièrement en regard de la tête d'une aube 20 de la roue mobile. L'élément abrasable 30 permet ainsi de limiter un débit du premier flux de fuite Ff1 en diminuant la valeur du premier jeu.

- [0067] La turbine peut comprendre un unique élément abradable 30 selon le premier mode de réalisation. L'unique élément abradable 30 peut s'étendre sensiblement sur toute une circonférence de la face interne du carter 100, de sorte à être disposé en regard de l'ensemble des aubes 20 de la roue mobile, ou en alternative peut recouvrir une partie seulement de la circonférence de la face interne du carter 100, de sorte à être disposé en regard d'une unique aube 20 ou d'une sélection de plusieurs aubes 20 de la roue mobile. En variante, la turbine peut comprendre plusieurs éléments abrasables 30 selon le premier mode de réalisation. Par exemple, un élément abradable 30 peut être associé à une aube 20 correspondante de la roue mobile, et être disposé en regard de ladite aube 20 correspondante. Le nombre d'éléments abrasables 30 peut être inférieur ou égal au nombre d'aubes 20 de la roue mobile.
- [0068] Dans un deuxième mode de réalisation, illustré à titre d'exemple non limitatif en [Fig.5], l'élément abradable 30 est disposé de sorte à recouvrir l'extrémité interne du pied du distributeur en regard de la virole 26 de la roue mobile et en regard d'une aube 10 du distributeur, l'élément abradable 30 étant monté sur le pied du distributeur. L'élément abradable 30 permet ainsi de limiter un débit du deuxième flux de fuite $Ff2$ en diminuant la valeur du deuxième jeu.
- [0069] La turbine peut comprendre un unique élément abradable 30 selon le deuxième mode de réalisation. L'unique élément abradable 30 est monté sur le pied du distributeur au niveau d'une unique aube 10 du distributeur et en regard de la virole 26. En variante, la turbine peut comprendre plusieurs éléments abrasables 30 selon le deuxième mode de réalisation. Par exemple, un élément abradable 30 peut être associé à une aube 10 correspondante du distributeur, plusieurs éléments abrasables 30 étant disposés sur le pied du distributeur au niveau de plusieurs aubes 10 du distributeur. Le nombre d'éléments abrasables 30 peut être inférieur ou égal au nombre d'aubes 10 du distributeur.
- [0070] Le premier mode de réalisation est compatible du deuxième mode de réalisation, c'est-à-dire qu'au moins un élément abradable 30 peut être disposé de sorte à recouvrir le carter 100 en regard d'au moins une aube 20 de la roue mobile, et/ou au moins un élément abradable 30 peut être disposé de sorte à recouvrir l'extrémité interne du pied du distributeur en regard de la virole 26.

Premier angle et deuxième angle

- [0071] Le premier angle α_1 peut être compris entre 40° et 75° , par exemple peut être égal à 50° , à 60° ou à 70° . Un tel premier angle α_1 permet de diminuer encore davantage la différence d'orientation et de vitesse tangentielle entre le flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ et le reste du flux primaire Fp au niveau du prélèvement du flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ hors du flux primaire Fp . Ainsi, les pertes de charge au niveau de la séparation du flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ par rapport au reste du flux primaire Fp sont encore limitées, ce qui permet d'améliorer encore davantage le rendement de la turbomachine.

- [0072] Le deuxième angle α_2 peut être compris entre 0° et -30° , par exemple peut être égal à -10° ou à -20° , et/ou peut être strictement négatif. Un tel deuxième angle α_2 permet de diminuer encore davantage la différence d'orientation et de vitesse tangentielle entre le flux de fuite Ff1, Ff2 et le reste du flux primaire Fp au niveau de la réinjection du flux de fuite Ff1, Ff2 dans le flux primaire Fp. Ainsi, les pertes de charge au niveau de la réinjection du flux de fuite Ff1, Ff2 dans le reste du flux primaire Fp sont encore limitées, ce qui permet d'améliorer encore davantage le rendement de la turbomachine.
- [0073] Une valeur absolue du premier angle α_1 peut être strictement supérieure à une valeur absolue du deuxième angle α_2 . En d'autres termes, le premier angle est plus fort que le deuxième angle, les alvéoles de la partie amont 33 étant plus inclinées par rapport à l'axe A que les alvéoles de la partie aval 34. Les alvéoles de la partie amont 33 impartissent ainsi une vitesse tangentielle plus forte au flux de fuite Ff1, Ff2 que les alvéoles de la partie aval 34. La vitesse tangentielle du flux de fuite Ff1, Ff2 circulant dans les alvéoles de l'élément abrasable 30 est ainsi encore augmentée, ce qui permet un contournement moindre de l'élément mobile 20, 26 par le flux de fuite Ff1, Ff2. Les pertes par cisaillement du flux de fuite Ff1, Ff2 avec le reste du flux primaire Fp s'écoulant dans la turbine sont ainsi encore davantage réduites, ce qui permet d'améliorer encore davantage le rendement de la turbomachine.
- [0074] Géométrie des alvéoles et des parties amont et aval
- [0075] Chaque alvéole de l'élément abrasable 30 peut comprendre une cellule creuse délimitée par au moins une paroi formant un contour fermé et s'étendant perpendiculairement à l'embase 31 de l'élément abrasable 30. Les alvéoles peuvent être disposées de manière adjacente les unes par rapport aux autres, de sorte à former un élément abrasable 30 continu.
- [0076] Une ou plusieurs paroi(s) de l'alvéole peu(ven)t s'étendre dans la direction de plus grande dimension d'extension longitudinale de l'alvéole. Ainsi, une ou des parois des alvéoles dans la partie amont 33 sont orientées suivant le premier angle α_1 avec l'axe A. De même, une ou des parois des alvéoles dans la partie aval 34 sont orientées suivant le deuxième angle α_2 avec l'axe A.
- [0077] Les alvéoles dans la partie amont 33 peuvent présenter une géométrie et/ou des dimensions sensiblement équivalentes, ou en variante différentes, à celles des alvéoles dans la partie aval 34.
- [0078] Les alvéoles peuvent présenter toute forme appropriée pour former la structure alvéolaire 32 de l'élément abrasable 30. Par exemple, les alvéoles peuvent présenter l'une au moins des formes suivantes : un polygone, un parallélogramme, un rectangle, un losange, un hexagone, une ellipse.
- [0079] Le cas échéant, la forme de l'alvéole peut être aplatie, ou allongée, pour conférer à l'alvéole une direction de plus grande dimension d'extension longitudinale, par

exemple orientée suivant le premier axe X1 ou le deuxième axe X2. Par exemple, l'alvéole peut présenter une forme d'hexagone irrégulier comprenant deux côtés de plus grande dimension d'extension longitudinale orientés suivant le premier axe X1 ou le deuxième axe X2.

- [0080] Lorsque l'alvéole présente une forme de losange, le premier angle $\alpha 1$ d'une alvéole de la partie amont 33, respectivement le deuxième angle $\alpha 2$ d'une alvéole de la partie aval 34, peut correspondre à un angle formé par une diagonale du losange de l'alvéole qui est orientée de l'amont vers l'aval. Tous les losanges des alvéoles de la partie amont 33 peuvent être identiques entre eux, et tous les losanges des alvéoles de la partie aval 34 peuvent être identiques entre eux et être différents des losanges des alvéoles de la partie amont 33 du fait au moins que le deuxième angle $\alpha 2$ est différent du premier angle $\alpha 1$.
- [0081] Chaque alvéole présente une superficie d'alvéole qui correspond à une surface de la cellule creuse délimitée par la paroi de l'alvéole. La pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 et la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34 peuvent définir chacune une surface de frottement configurée pour s'étendre en face d'un élément mobile 20, 26 de la turbine, en particulier en face d'une léchette d'étanchéité 40 de la turbine, ladite léchette d'étanchéité 40 étant par exemple disposée sur l'élément mobile 20, 26 en regard de l'élément abradable 30. L'élément abradable 30 s'étend ainsi sur une surface de frottement qui correspond à la somme de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 et de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34. La surface de frottement de l'élément abradable 30 peut correspondre sensiblement à la somme des superficies de chaque alvéole de l'élément abradable 30, la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 correspondant à la somme des superficies de chaque alvéole de la partie amont 33 et la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34 correspondant à la somme des superficies de chaque alvéole de la partie aval 34.
- [0082] La surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 peut s'étendre le long de l'axe A selon une dimension axiale supérieure, voire strictement supérieure, à la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34. Plus particulièrement, la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 peut être entre 1 et 5 fois supérieure à la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34, par exemple peut être entre 2 et 3 fois supérieure à la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34. Ces valeurs de surface de frottement permettent de diminuer encore les différences de vitesse tangentielle entre le flux de fuite Ff1, Ff2 et le reste du flux primaire Fp au niveau du prélèvement et de la réintroduction du flux de fuite Ff1, Ff2, et ainsi d'améliorer encore le rendement de la

turbomachine.

[0083] L'élément abrasable 30 peut présenter une forme de parallélépipède, voire de plaque, présentant une longueur, une largeur et une profondeur. La longueur correspond à une dimension dans la direction de l'axe A. La profondeur correspond à une dimension dans une direction des parois des alvéoles et peut être faible devant la longueur et la largeur de l'élément abrasable 30. La largeur correspond à une dimension dans une direction sensiblement perpendiculaire à la direction de longueur et à la direction de profondeur. La structure alvéolaire 32 de l'élément abrasable 30 peut présenter une longueur et/ou une largeur inférieures ou égales à une longueur et une largeur de l'embase 31. Lorsque l'axe A est sensiblement parallèle à l'axe de turbine et que l'axe de turbine correspond à l'axe longitudinal, la direction de la longueur de l'élément abrasable 30 correspond à la direction longitudinale, la direction de la largeur correspond à la direction circonférentielle, et la direction de la profondeur correspond à la direction radiale.

[0084] Lorsque l'élément abrasable présente une forme sensiblement de parallélépipède, la surface de frottement de l'élément abrasable 30 est obtenue en multipliant la longueur et la largeur de l'élément abrasable 30. La largeur de la partie amont 33 de l'élément abrasable 30 peut être sensiblement égale à la largeur de la partie aval 34 de l'élément abrasable 30. Ainsi, la différence entre la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 et la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34 correspond à une différence de longueur entre la partie amont 33 et la partie aval 34. Ainsi, la partie amont 33 peut présenter une longueur supérieure, voire strictement supérieure, à une longueur de la partie aval 34, par exemple entre 1 et 5 fois supérieure à la longueur de la partie aval 34, par exemple entre 2 et 3 fois supérieure à la longueur de la partie aval 34. La [Fig.3a] et la [Fig.3b] illustrent un exemple non limitatif dans lequel la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont 33 est environ 2 fois supérieure à la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval 34 de l'élément abrasable 30, la longueur de la partie amont 33 étant environ 2 fois supérieure à la longueur de la partie aval 34 et la largeur de la partie amont 33 étant sensiblement égale à la largeur de la partie aval 34.

Jonction entre la partie amont et la partie aval

[0085] Dans un premier exemple de réalisation, la partie amont 33 et la partie aval 34 sont agencées de façon contigüe sans chevauchement le long de l'axe A. La partie amont 33 et la partie aval 34 de l'élément abrasable 30 sont ainsi axialement contigües, une alvéole aval de la partie amont 33 étant au contact d'une alvéole amont de la partie aval 34.

[0086] La jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut former une ligne orientée sensiblement perpendiculairement à l'axe A. Ainsi, la jonction 35 entre la

partie amont 33 et la partie aval 34 est une ligne droite disposée en une position prédéterminée de l'axe A. Lorsque l'axe A est parallèle à l'axe de turbine et que l'axe de turbine correspond à l'axe longitudinal, la jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 est ainsi dirigée sensiblement selon l'axe radial. En alternative, la jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut présenter toute autre géométrie appropriée, par exemple une ligne présentant une inclinaison comprise strictement entre 0° et 90° à l'axe A, une ligne courbe, etc.

- [0087] La jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut être située plus proche du bord de fuite que du bord d'attaque de l'aube 10, 20 de l'élément mobile 20, 26 en regard de laquelle est disposé l'élément abrasable 30. Plus particulièrement, ainsi qu'illustré à titre d'exemples non limitatifs en [Fig.3a] et en [Fig.3b], la jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut être située sensiblement au niveau du bord de fuite de ladite aube 10, 20, c'est-à-dire en une position sensiblement identique le long de l'axe de turbine, la jonction 35 étant externe par rapport à l'aube 10, 20.
- [0088] Lorsque l'élément abrasable 30 est monté sur le carter 100 en regard d'au moins une aube 20 de la roue mobile, la jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut s'étendre plus proche du bord de fuite que du bord d'attaque de l'aube 20 de la roue mobile, par exemple sensiblement au niveau dudit bord de fuite de l'aube 20 de la roue mobile en regard de laquelle s'étend l'élément abrasable 30.
- [0089] Lorsque l'élément abrasable 30 est monté sur le pied du distributeur en regard de la virole 26 de la roue mobile et en regard d'au moins une aube 10 du distributeur, la jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut s'étendre plus proche du bord de fuite que du bord d'attaque de l'aube 10 du distributeur, par exemple sensiblement au niveau dudit bord de fuite de l'aube 10 du distributeur en regard de laquelle s'étend l'élément abrasable 30.
- [0090] Dans un deuxième exemple de réalisation, la partie amont 33 et la partie aval 34 sont séparées par au moins une partie intermédiaire présentant des alvéoles dont une direction de plus grande dimension d'extension longitudinale est orientée suivant un ou plusieurs axes différents du premier axe X1 et du deuxième axe X2.
- [0091] Par exemple, une partie intermédiaire située, par exemple agencée de façon contigüe, entre la partie amont 33 et la partie aval 34 peut comprendre une pluralité d'alvéoles. Tout ou partie des alvéoles dans la partie intermédiaire présentent une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un troisième axe formant un troisième angle avec l'axe A, le troisième angle étant strictement compris entre le premier angle α_1 et le deuxième angle α_2 . Une telle partie intermédiaire permet une évolution plus graduelle de la vitesse tangentielle du flux de fuite Ff1, Ff2 circulant au travers des alvéoles de l'élément abrasable 30. Plusieurs parties intermédiaires peuvent

être présentes, chacune présentant un axe de partie intermédiaire respectif, les angles formés entre chacun des axes de chaque partie intermédiaire et l'axe A étant différents et étant chacun strictement compris entre le premier angle α_1 et le deuxième angle α_2 . Les parties intermédiaires sont disposées depuis la partie amont 33 jusqu'à la partie aval 34 par ordre décroissant des angles des axes de partie intermédiaire, de sorte que les angles formés entre les alvéoles et l'axe A diminuent progressivement depuis l'amont vers l'aval de l'élément abradable 30. De telles plusieurs parties intermédiaires permettent une évolution encore plus graduelle de la vitesse tangentielle du flux de fuite Ff1, Ff2 circulant au travers des alvéoles de l'élément abradable 30.

- [0092] En alternative, les alvéoles de la partie intermédiaire de l'élément abradable 30 peuvent présenter une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant différents axes, lesdits différents axes formant différents angles avec l'axe A, lesdits différents angles diminuant progressivement entre une extrémité amont et une extrémité aval de la partie intermédiaire de l'élément abradable 30, en particulier depuis le premier angle α_1 au niveau de l'extrémité amont jusqu'au deuxième angle α_2 au niveau de l'extrémité aval. Une telle partie intermédiaire comprenant des alvéoles présentant un changement d'angle progressif permet une évolution encore plus graduelle de la vitesse tangentielle du flux de fuite Ff1, Ff2 circulant au travers des alvéoles de l'élément abradable 30.

Joint d'étanchéité (léchette + abradable)

- [0093] La turbine peut comprendre en outre une léchette d'étanchéité 40 disposée sur un élément mobile 20, 26 en regard d'un élément abradable 30 monté sur un élément fixe 10, 100 de la turbine. La léchette d'étanchéité 40 et l'élément abradable 30 forment ensemble un joint d'étanchéité. Le joint d'étanchéité assure une étanchéité entre l'élément mobile 20, 26 en rotation et l'élément fixe 10, 100 situé en regard du joint d'étanchéité. Lors du fonctionnement de la turbomachine, la léchette d'étanchéité 40 présente une vitesse de rotation autour de l'axe de turbine correspondant à celle de l'élément mobile 20, 26. Le joint d'étanchéité permet de diminuer le débit du flux de fuite Ff1, Ff2 contournant l'élément mobile 20, 26, et ainsi d'améliorer encore le rendement de la turbomachine. La léchette d'étanchéité 40 peut être formée d'une seule pièce avec l'élément mobile 20, 26, ou être rapportée et fixée sur l'élément mobile 20, 26. Lors du fonctionnement de la turbomachine, notamment quand des dilatations thermiques ou mécaniques différentielles dues aux échauffements ou aux forces centrifuges et survenant dans des circonstances telles que des régimes transitoires mettent temporairement l'élément abradable 30 et la léchette d'étanchéité 40 en contact, la léchette d'étanchéité 40 entame l'élément abradable 30 sans être elle-même usée par le contact. Par exemple, une léchette d'étanchéité 40 peut être disposée sur la tête d'une aube 20 de la roue mobile en regard du carter 100. En alternative ou en

outre, une léchette d'étanchéité 40 peut être disposée sur la virole 26 de la roue mobile, en regard d'au moins une aube 10 du distributeur.

[0094] Le joint d'étanchéité formé par le couple léchette d'étanchéité 40 et élément abradable 30 peut être un joint labyrinthe. Le joint d'étanchéité peut comprendre une ou plusieurs léchettes d'étanchéité 40 espacées les unes des autres le long de l'axe de turbine. Chaque léchette d'étanchéité 40 s'étend depuis l'élément mobile 20, 26 vers l'élément abradable 30 monté sur l'élément fixe 10, 100, c'est-à-dire depuis l'intérieur vers l'extérieur de la turbomachine. L'élément abradable 30 est disposé en regard des léchettes d'étanchéité 40 du joint d'étanchéité.

[0095] Lorsque la léchette d'étanchéité 40 est disposée sur la tête d'une aube 20 de la roue mobile, la léchette d'étanchéité 40 peut être disposée sur une plateforme 50 rapportée et fixée sur la tête de l'aube 20 de la roue mobile. Plus particulièrement, la ou les léchette(s) d'étanchéité 40 peuvent correspondre à des saillies radiales orientées vers l'extérieur de la plateforme 50 de l'aube 20 de la roue mobile.

[0096] La jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34 de l'élément abradable 30 peut s'étendre entre deux léchettes d'étanchéité 40, en particulier entre une léchette amont et une léchette aval disposée en aval de la léchette amont. Ainsi, la vitesse tangentielle du flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ au niveau des léchettes d'étanchéité 40 est maximisée, ce qui permet de réduire encore davantage les pertes par cisaillement du flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ avec le reste du flux primaire Fp s'écoulant dans la turbine. Plus particulièrement, le flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ est dévié par la léchette amont, de sorte qu'il comporte une forte composante giratoire après avoir passé la léchette amont. L'élément abradable 30 redresse alors le flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ pour réduire sa giration, voire en changer le sens pour faciliter sa réintroduction dans le reste du flux primaire Fp une fois que le flux de fuite $Ff1$, $Ff2$ a dépassé la léchette aval.

Fabrication des alvéoles

[0097] Les alvéoles, en particulier la structure alvéolaire 32, de l'élément abradable 30, peuvent être obtenues par fabrication additive. Ainsi, la structure alvéolaire 32 peut être formée d'un matériau unique, et la partie amont 33 et la partie aval 34 présentant les premier et deuxième angles $\alpha1$, $\alpha2$ différents peuvent être fabriquées facilement, y compris au niveau de la jonction 35 entre la partie amont 33 et la partie aval 34.

[0098] La fabrication additive peut être assurée par dépôts successifs de couches de poudres métalliques fusionnées par rayon laser pour former le réseau des alvéoles formant la couche de matériau à structure alvéolaire 32.

[0099] L'élément abradable 30 peut être revêtu d'un traitement de surface particulier, par exemple de NiCrAlY ou céramique (par exemple de type ZrO_2).

[0100] La solution décrite ci-dessus n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits, et peut être utilisée dans d'autres emplacements de la turbomachine comprenant un

élément mobile en rotation autour de l'axe longitudinal et un élément fixe.

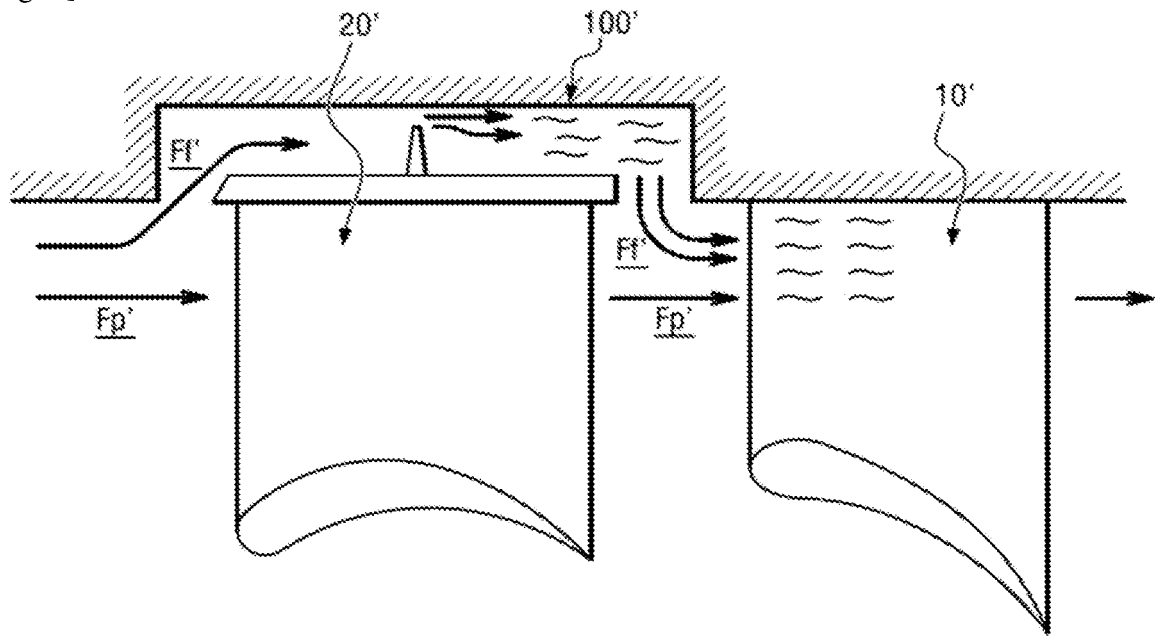
- [0101] D'autres modes de réalisation peuvent être envisagés et une personne du métier peut facilement modifier les modes ou exemples de réalisation exposés ci-dessus ou en envisager d'autres tout en restant dans la portée de la demande.

Revendications

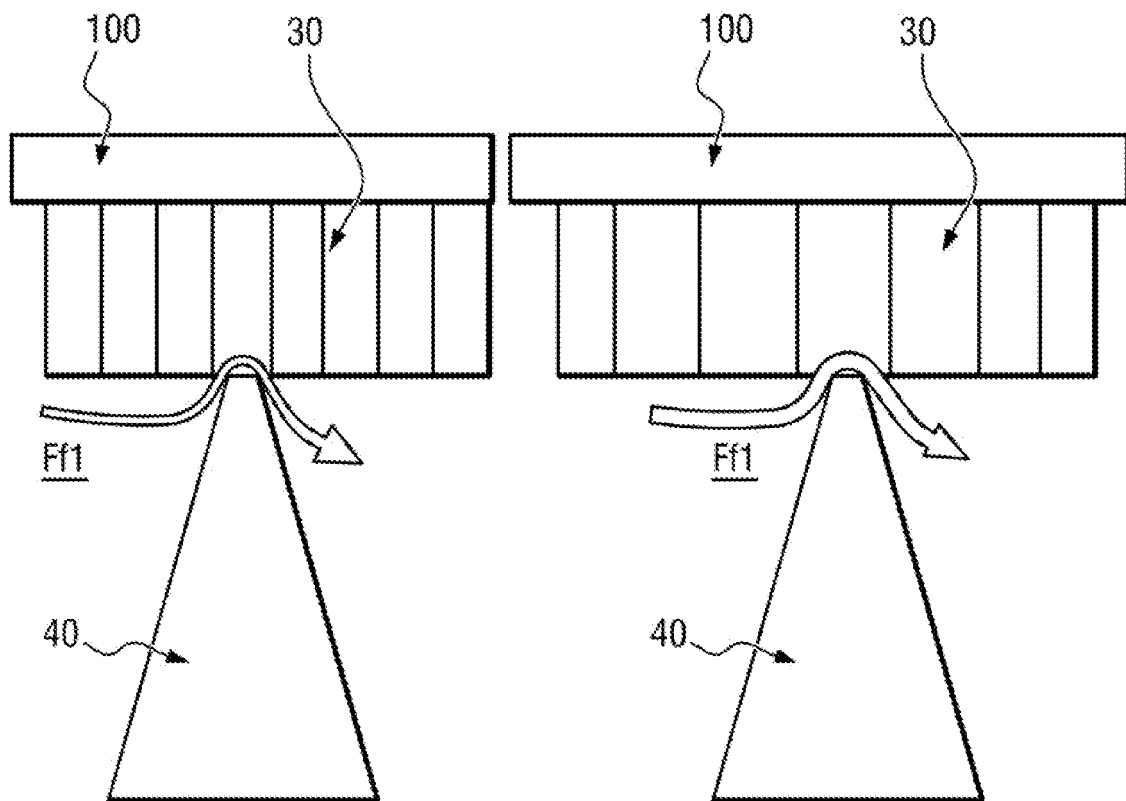
- [Revendication 1] Elément abradable (30) pour une turbine de turbomachine s'étendant longitudinalement selon un axe (A) autour duquel l'élément abradable (30) est destiné à être monté, dans lequel l'élément abradable (30) comprend le long de l'axe (A), une partie amont (33) et une partie aval (34) comprenant chacune une pluralité d'alvéoles, l'amont vers l'aval étant défini selon un sens d'écoulement normal du gaz à travers l'élément abradable (30) lorsque la turbine de turbomachine est en fonctionnement, tout ou partie des alvéoles dans la partie amont (33) présentant une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un premier axe (X1) formant un premier angle (α_1) avec l'axe (A), tout ou partie des alvéoles dans la partie aval (34) présentant une plus grande dimension d'extension longitudinale qui s'étend suivant un deuxième axe (X2) formant un deuxième angle (α_2) avec l'axe (A), dans lequel le premier angle (α_1) est strictement positif et le deuxième angle (α_2) est négatif ou nul, le premier angle (α_1) et le deuxième angle (α_2) étant chacun pris dans un plan transverse aux alvéoles.
- [Revendication 2] Elément abradable (30) selon la revendication 1, dans lequel le premier angle (α_1) est compris entre 40° et 75° .
- [Revendication 3] Elément abradable (30) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le deuxième angle (α_2) est compris entre 0° et -30° .
- [Revendication 4] Elément abradable (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les alvéoles présentent l'une au moins des formes suivantes : un polygone, un parallélogramme, un losange, une ellipse.
- [Revendication 5] Elément abradable (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la pluralité d'alvéoles de la partie amont (33) et la pluralité d'alvéoles de la partie aval (34) définissent chacune une surface de frottement configurée pour s'étendre en face d'une léchette d'étanchéité (40) de la turbine, et dans lequel la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont (33) s'étend le long de l'axe (A) selon une dimension axiale supérieure à la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval (34).
- [Revendication 6] Elément abradable (30) selon la revendication 5, dans lequel la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie amont (33) est entre 1 et 5 fois supérieure à la dimension axiale de la surface de frottement de la pluralité d'alvéoles de la partie aval (34).

- [Revendication 7] Elément abradable (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la partie amont (33) et la partie aval (34) sont agencées de façon contigüe sans chevauchement le long de l'axe (A), et dans lequel une jonction (35) entre la partie amont (33) et la partie aval (34) forme une ligne orientée sensiblement perpendiculairement à l'axe (A).
- [Revendication 8] Turbine, en particulier une turbine basse pression, pour une turbomachine, comprenant :
- une roue mobile comprenant une virole (26) solidaire en rotation d'une couronne formée par une pluralité d'aubes radiales (20) réparties autour d'un disque (25) centré sur un axe de turbine ;
 - un distributeur fixe comprenant une couronne formée par une pluralité d'aubes radiales (10) circonférentiellement réparties autour d'un pied du distributeur centré sur l'axe de turbine, le distributeur s'étendant autour de la virole (26) de la roue mobile ;
 - un carter (100) externe fixe qui s'étend autour de la roue mobile et du distributeur ; et
 - un élément abradable (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, l'élément abradable (30) étant monté sur le carter (100) en regard d'au moins une aube (20) de la roue mobile, et/ou sur le pied du distributeur en regard de la virole (26) de la roue mobile.
- [Revendication 9] Turbine selon la revendication 8, dans laquelle la partie amont (33) et la partie aval (34) de l'élément abradable (30) sont agencées de façon contigüe sans chevauchement le long de l'axe (A), une jonction (35) entre la partie amont (33) et la partie aval (34) formant une ligne orientée sensiblement perpendiculairement à l'axe (A), dans lequel lorsque l'élément abradable (30) est monté sur le carter (100) en regard d'une aube (20) de la roue mobile, la jonction (35) entre la partie amont (33) et la partie aval (34) s'étend plus proche d'un bord de fuite que d'un bord d'attaque de l'aube (20) de la roue mobile, et dans lequel lorsque l'élément abradable (30) est monté sur une aube (10) du distributeur en regard de la virole (26) du disque (25) de la roue mobile, la jonction (35) entre la partie amont (33) et la partie aval (34) s'étend plus proche d'un bord de fuite que d'un bord d'attaque de l'aube (10) du distributeur.
- [Revendication 10] Turbomachine comprenant une turbine selon la revendication 9.

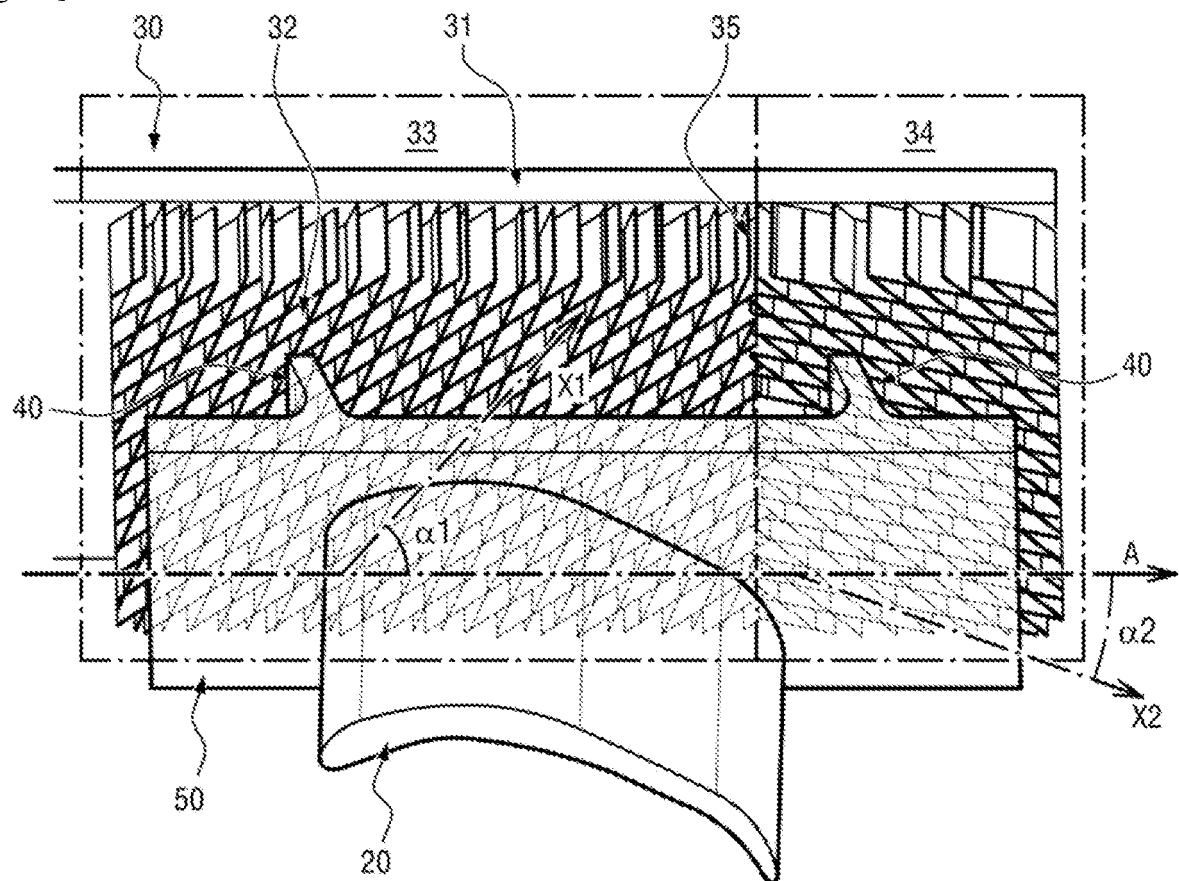
[Fig. 1]



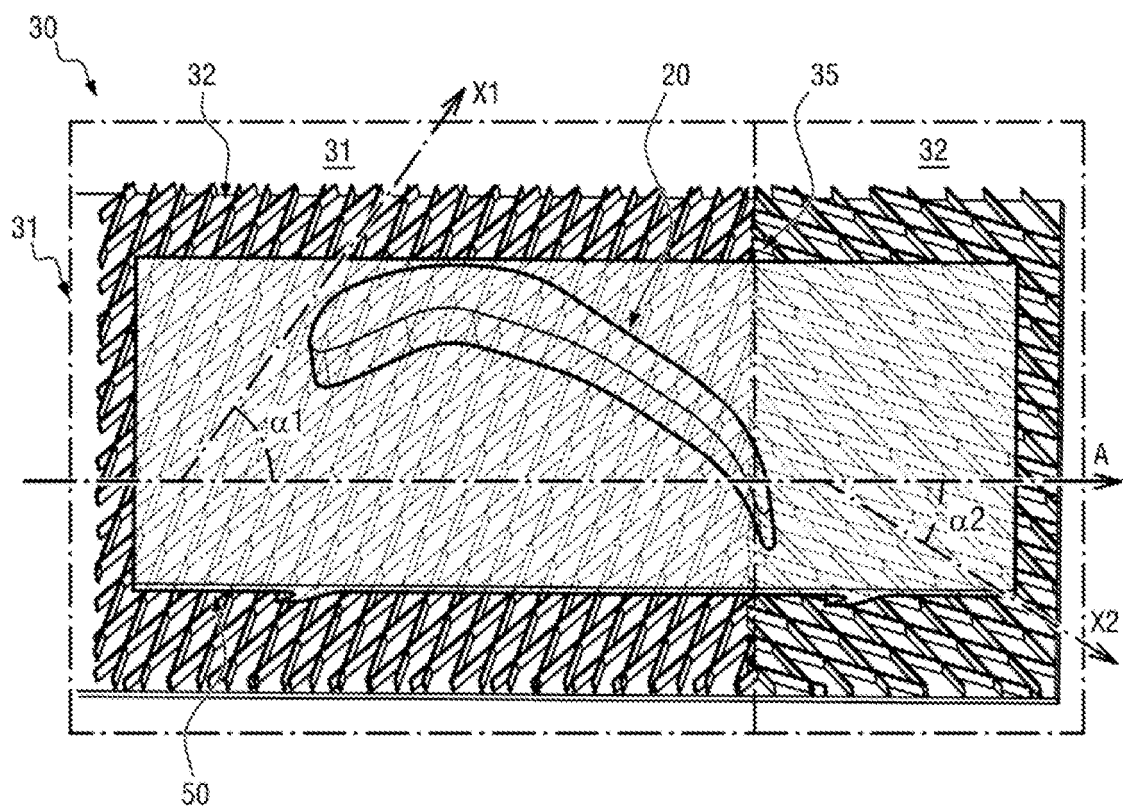
[Fig. 2]



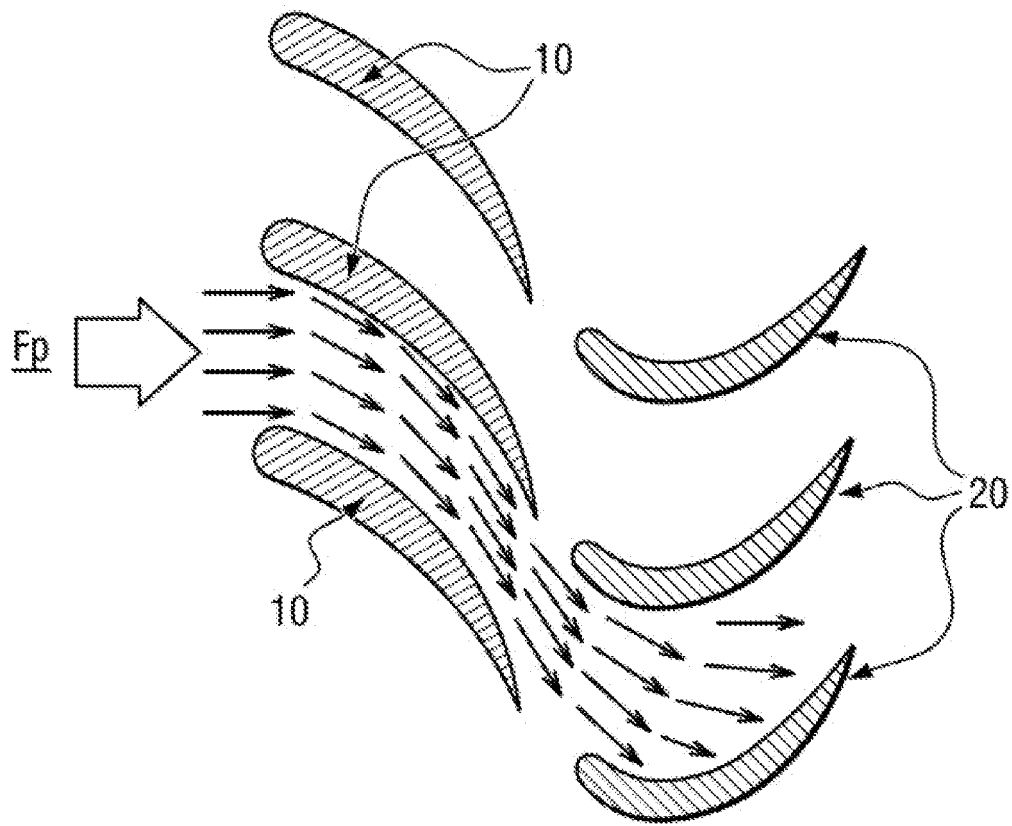
[Fig. 3a]



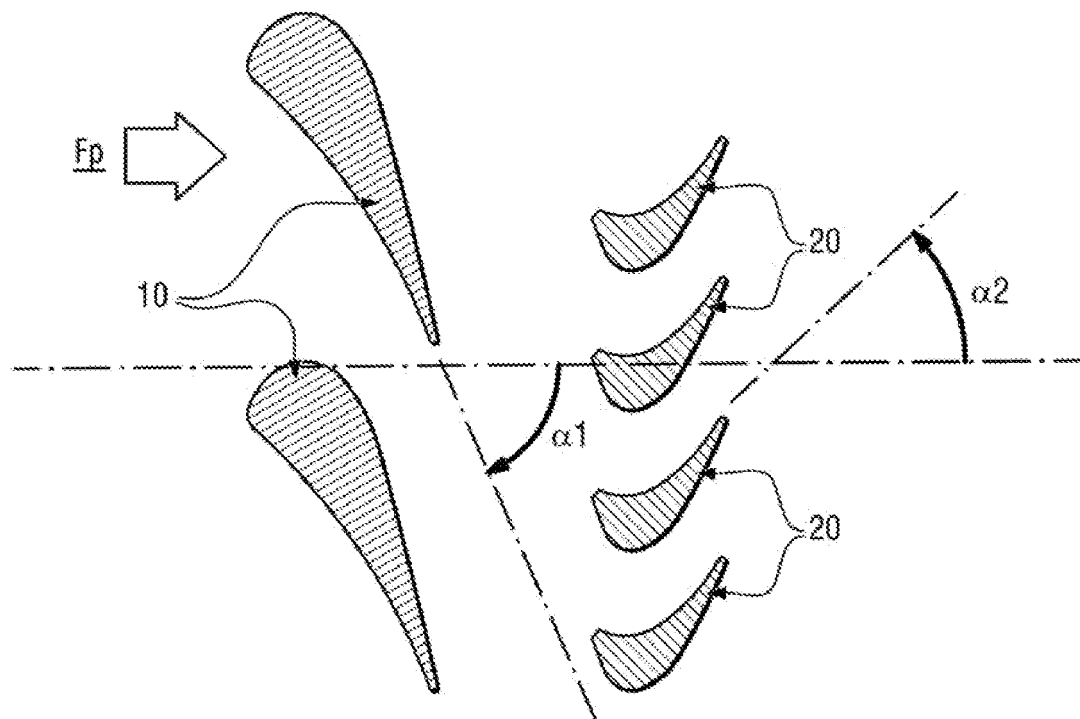
[Fig. 3b]



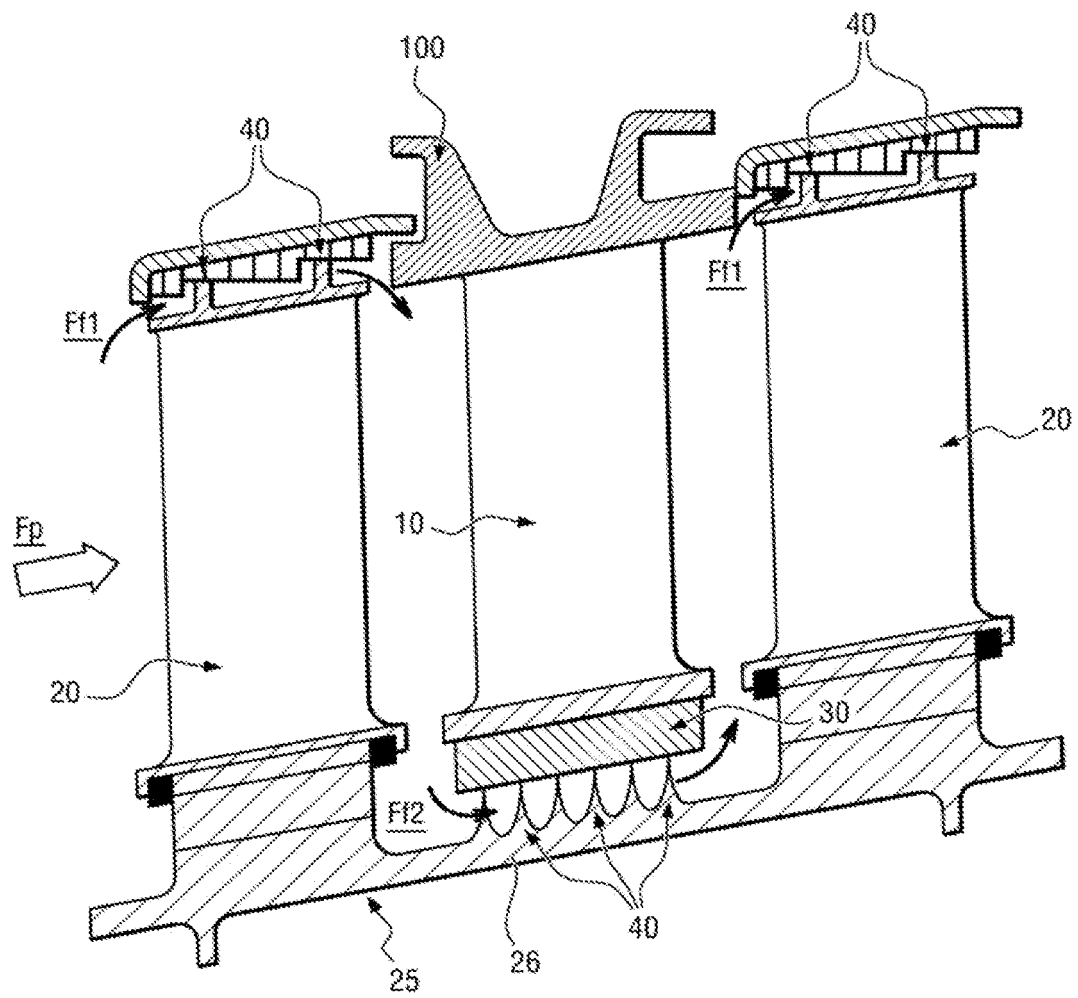
[Fig. 4a]



[Fig. 4b]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 906961
FR 2205608

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		
X	WO 2015/130519 A1 (SIEMENS AG [DE]; SIEMENS ENERGY INC [US]) 3 septembre 2015 (2015-09-03)	1, 7, 8	F01D11/12
Y	* alinéas [0007], [0111]; figures 2, 25 * -----	4	
Y	EP 0 716 218 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 12 juin 1996 (1996-06-12) * colonne 2, ligne 39 - colonne 3, ligne 58; figures * -----	4	
A, D	WO 2020/208224 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 15 octobre 2020 (2020-10-15) * le document en entier * -----	1-10	
A	WO 2021/023936 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 11 février 2021 (2021-02-11) * le document en entier * -----	1-10	
A	EP 1 985 808 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 29 octobre 2008 (2008-10-29) * le document en entier * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01D F16J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 janvier 2023		Teissier, Damien	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205608 FA 906961**

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 **05-01-2023**
 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
WO 2015130519 A1	03-09-2015	CN 106030039 A	12-10-2016
		CN 106030040 A	12-10-2016
		CN 106030043 A	12-10-2016
		CN 106232946 A	14-12-2016
		CN 107250485 A	13-10-2017
		CN 107429573 A	01-12-2017
		CN 108699916 A	23-10-2018
		EP 3111048 A2	04-01-2017
		EP 3111049 A1	04-01-2017
		EP 3111052 A1	04-01-2017
		EP 3111055 A2	04-01-2017
		EP 3397840 A1	07-11-2018
		JP 2018507988 A	22-03-2018
		RU 2016134446 A	29-03-2018
		RU 2016137796 A	27-03-2018
		RU 2016137904 A	29-03-2018
		US 2017370241 A1	28-12-2017
		US 2018015536 A1	18-01-2018
		US 2019048730 A1	14-02-2019
		WO 2015130519 A1	03-09-2015
		WO 2015130521 A2	03-09-2015
		WO 2015130526 A2	03-09-2015
		WO 2015130527 A2	03-09-2015
		WO 2015130528 A1	03-09-2015
EP 0716218 A1	12-06-1996	CN 1133404 A	16-10-1996
		DE 69515814 T2	12-10-2000
		EP 0716218 A1	12-06-1996
		JP 3894970 B2	22-03-2007
		JP H08226336 A	03-09-1996
		KR 960023674 A	20-07-1996
		US 5520508 A	28-05-1996
WO 2020208224 A1	15-10-2020	CN 113811706 A	17-12-2021
		EP 3953617 A1	16-02-2022
		FR 3095025 A1	16-10-2020
		US 2022186627 A1	16-06-2022
		WO 2020208224 A1	15-10-2020
WO 2021023936 A1	11-02-2021	CN 114207252 A	18-03-2022
		EP 3987156 A1	27-04-2022
		FR 3099788 A1	12-02-2021
		US 2022275731 A1	01-09-2022
		WO 2021023936 A1	11-02-2021
EP 1985808 A2	29-10-2008	EP 1985808 A2	29-10-2008

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205608 FA 906961**

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 **05-01-2023**
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
US2008260523 A123-10-2008			