



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2011/06/09
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/12/22
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2018/09/04
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2012/11/29
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2011/051307
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/157927
(30) Priorité/Priority: 2010/06/17 (FR1054826)

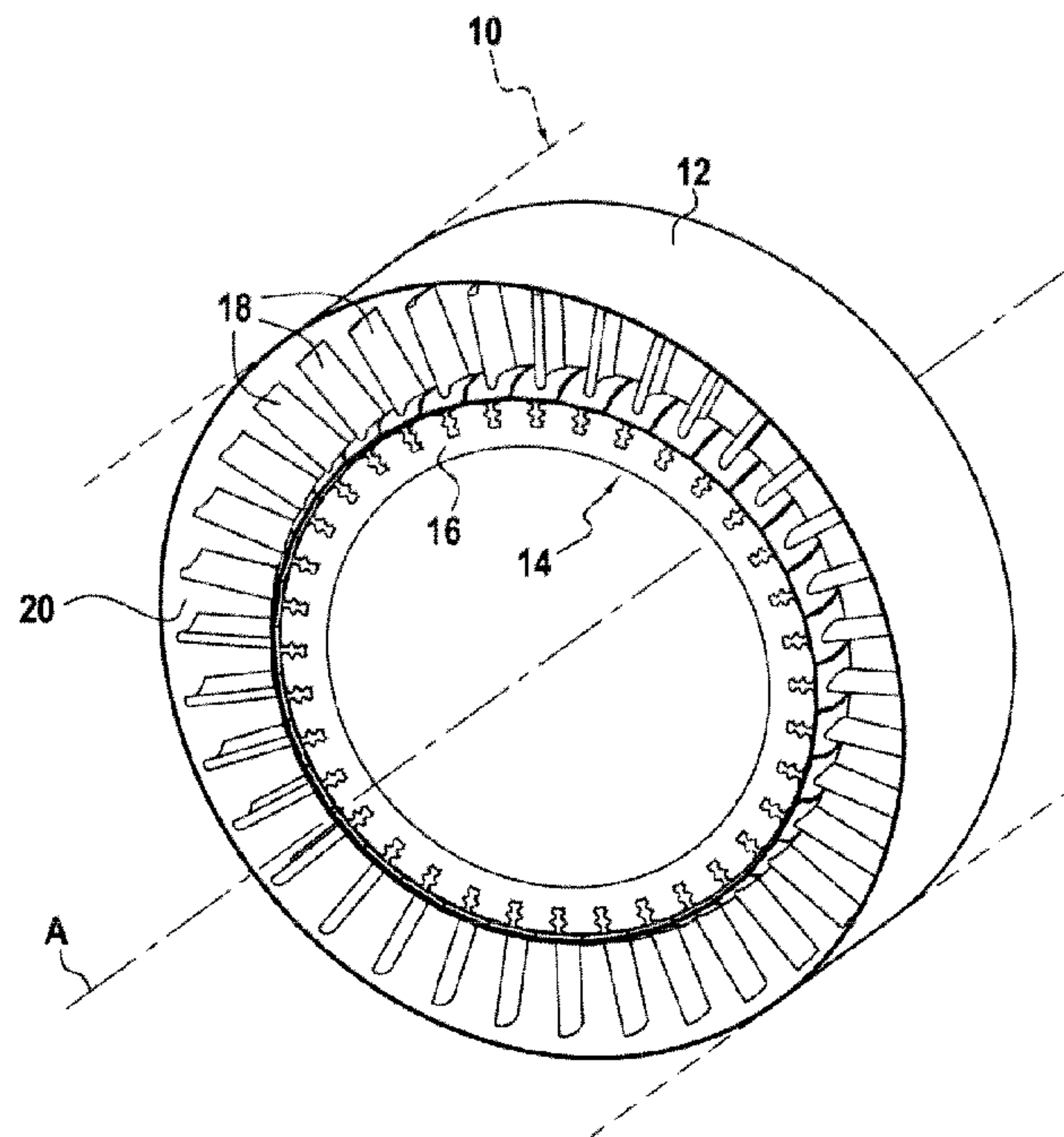
(51) Cl.Int./Int.Cl. *F04D 29/52* (2006.01),
F01D 5/14 (2006.01), *F01D 5/20* (2006.01),
F04D 29/68 (2006.01)

(72) Inventeurs/Inventors:
PERROT, VINCENT PAUL GABRIEL, FR;
PESTEIL, AGNES, FR;
BAERT, LIEVEN, BE;
ILIOPOULOU, VASILIKI, BE

(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : COMPRESSEUR ET TURBOMACHINE A RENDEMENT OPTIMISE
(54) Title: COMPRESSOR AND TURBOMACHINE WITH OPTIMIZED EFFICIENCY



(57) **Abrégé/Abstract:**

Compresseur (10) de turbomachine, comprenant un carter (12) dont une paroi interne définit une surface aérodynamique de référence délimitant une veine de passage de gaz, et dans lequel est montée une roue à aubes (14) équipée d'aubes (18) radiales. Une saignée circumférentielle est formée dans la paroi interne du carter. Sa forme est définie de l'amont vers l'aval par trois surfaces, respectivement des surfaces amont, médiane et aval, sensiblement coniques. La surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes. La surface médiane est sensiblement parallèle à ladite surface aérodynamique de référence. La surface aval s'étend vers l'aval au moins jusqu'au bord de fuite des aubes. La jonction entre les surfaces médiane et aval est située entre 30% et 80%, et de préférence entre 50 et 65%, de la longueur axiale des aubes (18) à partir du bord d'attaque.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 décembre 2011 (22.12.2011)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/157927 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
F04D 29/52 (2006.01) F01D 5/14 (2006.01)
F04D 29/68 (2006.01) F01D 5/20 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/051307
- (22) Date de dépôt international :
9 juin 2011 (09.06.2011)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1054826 17 juin 2010 (17.06.2010) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
SNECMA [FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial
Valin, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **PERROT, Vincent, Paul, Gabriel** [FR/FR]; 94, rue du 11 novembre 1918, F-94700 Maisons Alfort (FR). **PESTEIL, Agnès** [FR/FR]; 42, rue Sedaine, F-75011 Paris (FR). **BAERT, Lieven** [BE/BE]; 82 Avenue Victor Jacobs, B-1040 Etterbeek (BE). **ILIOPOULOU, Vasiliki** [GR/BE]; Boite 19, 2 place Adolphe Sax, B-1050 Ixelles (BE).
- (74) Mandataires : **BARBIN LE BOURHIS, Joël** et al.; Cabinet BEAU DE LOMENIE, 158, rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : COMPRESSOR AND TURBOMACHINE WITH OPTIMIZED EFFICIENCY

(54) Titre : COMPRESSEUR ET TURBOMACHINE A RENDEMENT OPTIMISE.

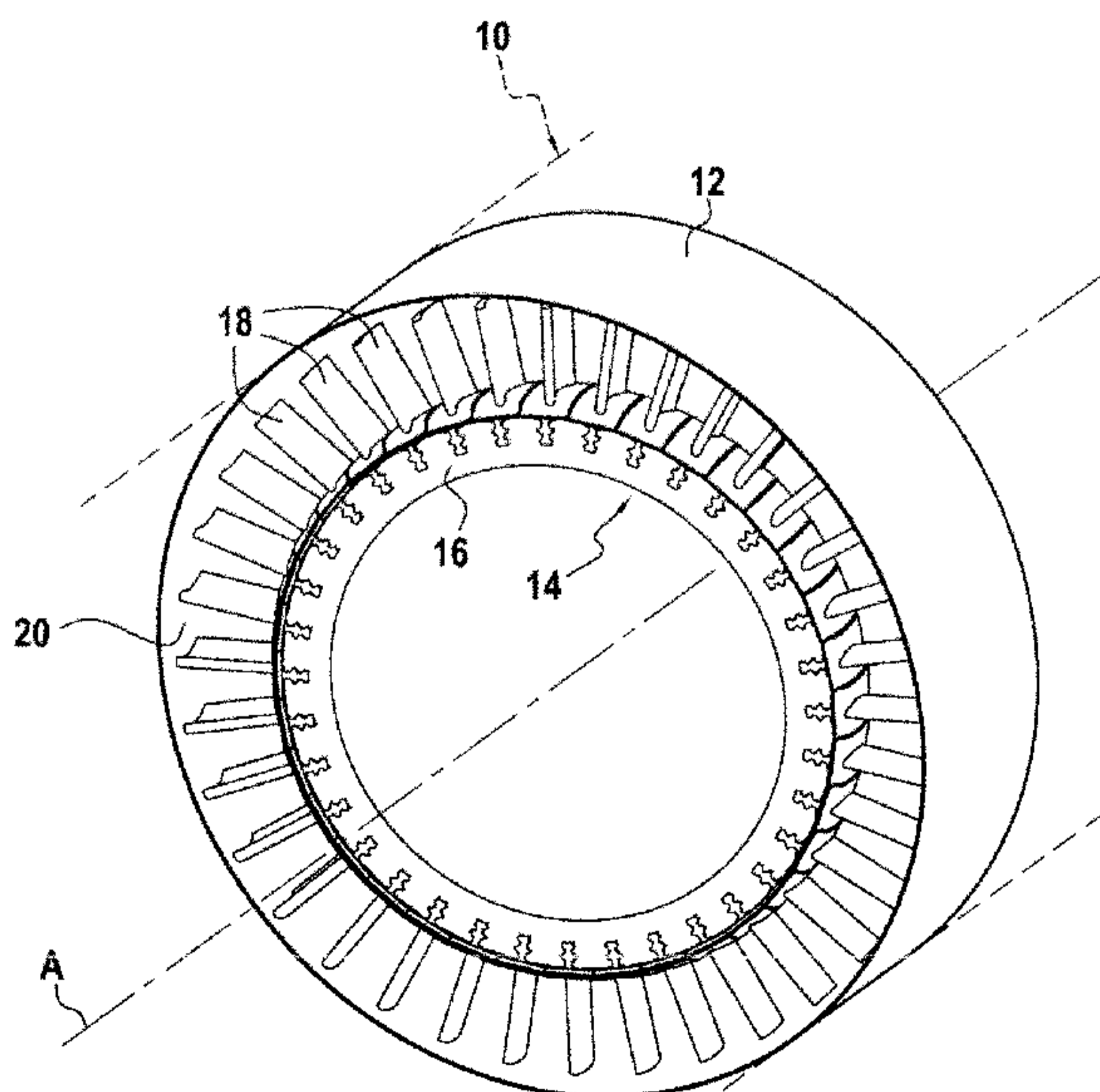


FIG.1

(57) Abstract : Turbomachine compressor (10) comprising a casing (12) of which an inner wall defines an aerodynamic reference surface delimiting a gas flow duct, and in which there is mounted a bladed wheel (14) equipped with radial blades (18). A circumferential groove is formed in the inner wall of the casing. Its shape is defined from upstream to downstream by three substantially conical surfaces, an upstream surface, a central surface and a downstream surface, respectively. The upstream surface extends upstream of the leading edge of the blades. The central surface is substantially parallel to said aerodynamic reference surface. The downstream surface extends downstream at least as far as the trailing edge of the blades. The junction between the central and downstream surfaces is situated between 30% and 80%, preferably between 50 and 65%, of the axial length of the blades (18) starting from the leading edge.

(57) Abrégé : Compresseur (10) de turbomachine, comprenant un carter (12) dont une paroi interne définit une surface aérodynamique de référence délimitant une veine de passage de gaz, et dans lequel est montée une roue à aubes (14) équipée

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/157927 A1 

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

d'aubes (18) radiales. Une saignée circumférentielle est formée dans la paroi interne du carter. Sa forme est définie de l'amont vers l'aval par trois surfaces, respectivement des surfaces amont, médiane et aval, sensiblement coniques. La surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes. La surface médiane est sensiblement parallèle à ladite surface aérodynamique de référence. La surface aval s'étend vers l'aval au moins jusqu'au bord de fuite des aubes. La jonction entre les surfaces médiane et aval est située entre 30% et 80%, et de préférence entre 50 et 65%, de la longueur axiale des aubes (18) à partir du bord d'attaque.

Compresseur et turbomachine à rendement optimisé

L'invention concerne les compresseurs à flux axial de turbomachine.

De tels compresseurs comportent habituellement un carter dans lequel est montée à rotation relative une roue à aubes, la roue comportant un ensemble d'aubes radiales comportant chacune une extrémité, un bord d'attaque, et un bord de fuite.

En général les aubes sont agencées de telle manière que leurs extrémités passent aussi près que possible de la paroi interne du carter.

Il est cependant nécessaire de ménager un jeu entre les extrémités des aubes et la paroi interne du carter. Aussi, lorsque la roue tourne par rapport au carter, de l'air (ou plus généralement, du fluide) s'écoule de l'intrados vers l'extrados via ce jeu entre l'aube et le carter. Cet écoulement est fortement turbulent. Il génère ainsi des tourbillons appelés tourbillons de jeu, qui créent des pertes de rendement pour le compresseur, et cela d'autant plus que les tourbillons de jeu interagissent avec les couches limites qui existent sur la paroi du carter.

Pour réduire l'importance des tourbillons de jeu, il est connu d'aménager une saignée sur la paroi interne du carter, sensiblement au droit de l'extrémité de l'aube. Cette saignée ou tranchée ('trench' en Anglais) est une rainure axisymétrique formée dans la paroi du carter. Cette rainure est formée en creux par rapport à la surface aérodynamique de référence qui est la forme qu'aurait la paroi interne du carter en l'absence de saignée et qui correspond à la forme générale de la veine de passage de gaz.

Le brevet GB10179 déposé le 30 avril 1912 donne un exemple de compresseur comportant une telle saignée. Dans le compresseur divulgué par ce brevet, la saignée est formée essentiellement par trois surfaces sensiblement coniques, à savoir une surface amont, une surface médiane et une surface aval, s'étendant les unes à la suite des autres de l'amont vers l'aval. La surface médiane est sensiblement parallèle à la surface aérodynamique de référence. La surface aval rejoint la surface aérodynamique de référence juste en aval du bord de fuite des aubes.

L'intérêt d'une telle saignée est qu'elle permet, grâce à sa surface médiane s'étendant parallèlement à la surface aérodynamique de

référence, de ne générer qu'un tourbillon de jeu relativement limité. En effet, le passage entre le carter et l'aube au niveau de la surface médiane ne se fait pas à l'intérieur de la surface aérodynamique de référence, mais est déporté au fond de la saignée, et donc radialement à une distance de
5 la veine de passage normal du gaz que délimite la surface aérodynamique de référence. Du fait de ce déport, le passage de fluide de l'intrados vers l'extrados via la surface médiane est relativement faible et ne contribue que très peu aux tourbillons de jeu.

Cependant, aux limites amont et aval de la saignée, le passage de
10 fluide est fortement turbulent et contribue de manière importante aux tourbillons de jeu.

Il s'ensuit que la saignée que comporte ce compresseur permet d'améliorer le rendement du compresseur, mais seulement dans une faible mesure, et d'autre part n'apporte aucune amélioration, voire apporte une
15 dégradation, en terme de marge au pompage.

D'autres exemples de compresseurs dont le carter présente un aménagement spécifique sont divulgués par le document EP 2180195.

Aussi, l'objectif de l'invention est de proposer un compresseur à flux axial de turbomachine, comprenant un carter, présentant une paroi
20 interne dont la forme générale définit une surface aérodynamique de référence délimitant une veine de passage de gaz ;

une roue à aubes, montée à rotation relative par rapport au carter dans ladite veine ;

la roue comportant une pluralité d'aubes radiales comportant
25 chacune une extrémité, un bord d'attaque, et un bord de fuite ; une saignée circumférentielle étant formée dans la paroi interne du carter ;

la forme de ladite saignée étant définie essentiellement par trois surfaces sensiblement coniques, à savoir une surface amont, une surface médiane et une surface aval, s'étendant les unes à la suite des autres de
30 l'amont vers l'aval ;

la surface médiane étant sensiblement parallèle à ladite surface aérodynamique de référence ; et

la surface aval s'étendant vers l'aval au moins jusqu'au bord de fuite des aubes ;

compresseur dans lequel les pertes de rendement dues aux tourbillons de jeu soient plus faibles, mais la marge au pompage au moins aussi importante, que dans les compresseurs connus antérieurement.

La surface aérodynamique de référence est une surface fictive, dont
5 la forme est celle que l'on peut imaginer que le carter aurait eu, si la saignée n'avait pas été formée dans sa paroi.

L'objectif indiqué précédemment est atteint grâce au fait que dans le compresseur, la surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes, et la jonction entre les surfaces médiane et aval est située entre
10 30% et 80%, et de préférence entre 50 et 65%, de la longueur axiale des aubes depuis le bord d'attaque.

L'invention consiste dans un aménagement conjoint du carter et de la forme de l'extrémité des aubes, permettant que l'écoulement de jeu se fasse non pas à l'intérieur de la surface aérodynamique de référence, mais
15 à l'intérieur d'une saignée aménagée dans la paroi du carter.

Cette saignée présente une forme innovante à triple pente. Cette triple pente est formée par trois surfaces ayant chacune une fonction bien spécifique :

La surface médiane est celle qui permet de maintenir un différentiel
20 de pression significatif entre les deux côtés, intrados et extrados, de chacune des aubes. Comme la surface médiane limite la partie de plus grande longueur de l'aube, elle est la surface qui est la mieux à même de limiter le flux passant de l'intrados à l'extrados, du fait qu'elle est déportée à l'extérieur de surface aérodynamique de référence : Aussi, c'est au
25 niveau de la surface médiane que le trajet que doit parcourir le fluide pour passer de l'intrados à l'extrados est le plus long, ou en d'autres termes, que le détour radial imposé au flux est le plus grand. Pour cette raison, plus la surface médiane est importante, plus faible est le flux de fluide passant de l'intrados à l'extrados et ainsi, meilleur est le rendement de la
30 roue à aubes – en faisant abstraction des effets de bords -.

Suivant ce raisonnement, on pourrait souhaiter accroître au maximum l'importance de la surface médiane. Cela a été fait dans de nombreuses réalisations antérieures.

Cependant, ce choix n'est pas optimal car le gain de rendement
35 indiqué précédemment est réduit à cause des effets de bords, à savoir

l'augmentation des tourbillons générée par les bords abrupts en amont et en aval de la saignée.

Aussi dans l'invention, les surfaces amont et aval ont pour fonction de et sont conformées de façon à minimiser la formation de tourbillons à l'entrée et à la sortie de la saignée.

Pour cela, la surface amont est formée entièrement en amont du bord d'attaque de l'aube. Cela permet à la surface médiane de s'étendre au maximum vers l'amont, c'est-à-dire jusqu'au niveau du bord d'attaque des aubes.

Cependant, il n'est pas possible de procéder de la même manière pour la partie aval de la saignée ; il est en effet préférable pour réduire l'importance des tourbillons générés au niveau du bord de fuite des aubes, de limiter l'extension de la saignée vers l'aval. Aussi, l'invention définit une solution optimisée consistant à interrompre la surface médiane entre 30% et 80% par rapport à la corde des aubes, et à agencer la surface aval avec une faible pente permettant le raccordement en douceur de la surface médiane de la saignée à la surface principale (surface aérodynamique de référence) du carter.

Grâce à ces dispositions, le compresseur selon l'invention présente un meilleur rendement que le compresseur traditionnel. Comparé aux compresseurs connus, le compresseur selon l'invention apporte de meilleurs résultats en terme de rendement et de marge au pompage. En particulier, la rupture de pente entre les surfaces médiane et aval formée entre 30% et 80% de la longueur axiale des aubes permet une meilleure interaction de l'écoulement de jeu avec l'écoulement principal. En effet, la surface aval présente une faible pente, peu génératrice de tourbillons.

Avantageusement, grâce au fait que la surface amont soit déportée en amont du bord d'attaque de l'aube, l'aménagement en faible pente de la surface aval n'entraîne pas une réduction trop grande de la taille de la surface médiane. Grâce à l'invention, la surface médiane est conservée avec une taille significative (30 à 80% de la longueur axiale de l'aube), ce qui permet de conserver une grande efficacité quant au rendement du compresseur.

En outre, avantageusement, les aménagements apportés à la saignée et aux aubes selon l'invention n'apportent aucune difficulté spécifique pour la fabrication du carter ou des aubes.

L'expression 'la forme de ladite saignée étant définie essentiellement par trois surfaces...' est liée au fait que de petites surfaces de raccordement ou de jonction, de type congés de raccordement, sont généralement prévues pour relier deux à deux la surface amont à la surface médiane et la surface médiane à la surface aval. De telles surfaces de jonction sont également prévues, en général, entre la surface amont et la surface aérodynamique de référence en amont de la saignée, et entre la surface aval et la surface aérodynamique de référence en aval de la saignée.

10 Dans un mode de réalisation, la surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes sur 5 à 25%, et de préférence 7 à 20%, du pas inter-aubes séparant suivant la direction circonférentielle les extrémités de deux aubes consécutives.

15 Une extension relativement grande vers l'amont (plus de 5% du pas inter-aubes) de la surface amont est préférable à une surface amont droite, c'est-à-dire en forme de marche. En effet, si la surface amont est ramassée et forme une marche d'escalier au voisinage du bord d'attaque de l'aube, lorsque le fluide en mouvement rencontre cette marche, il se forme un tourbillon, qui se propage et se mélange ensuite avec le tourbillon de jeu : ce qui génère des pertes de rendement significatives.

20 Dans un mode de réalisation, la surface aval s'étend en aval du bord de fuite des aubes sur 5 à 25%, et de préférence 7 à 20%, du pas inter-aubes séparant suivant la direction circonférentielle les extrémités de deux aubes consécutives.

25 En effet, une extension relativement grande vers l'aval (plus de 5% du pas inter-aubes) de la surface aval est préférable à une surface aval droite, c'est-à-dire en forme de marche. En effet, si la surface aval est ramassée et forme une marche d'escalier au voisinage du bord de fuite de l'aube, le fluide stagne dans le coin ainsi formé par la saignée et s'échauffe au passage des aubes, ce qui crée des pertes dans la zone de jeu qui s'ajoutent à celles engendrées par le tourbillon directement créé par la marche.

30 Dans un mode de réalisation, dans une section longitudinale, la surface aval forme un angle inférieur à 15°, et de préférence inférieur à 5°, avec la surface aérodynamique de référence.

Dans un mode de réalisation, dans une section longitudinale, la surface amont forme un angle inférieur à 90° , et de préférence inférieur à 30° , avec la surface aérodynamique de référence.

5 Dans les deux modes de réalisation précédents, le fait de former les surfaces amont et/ou aval en pente douce, avec des angles relativement faibles, permet de réduire au maximum la génération de turbulence et donc la perte de rendement aux limites amont et aval de la saignée.

10 Dans un mode de réalisation, les aubes s'étendent à l'intérieur de ou jusqu'à la surface aérodynamique de référence, sans dépasser à l'intérieur de la saignée. Il est en effet souhaitable de limiter au maximum la perturbation du flux se produisant lors de la traversée de la roue à aubes ; aussi, il est souhaitable que le trajet du fluide reste contenu autant que possible dans la surface aérodynamique de référence, entre les aubes. Il ne semble donc pas souhaitable que les aubes s'étendent à
15 l'intérieur du carter, dépassant ainsi à l'extérieur de la surface aérodynamique de référence. Cependant, un mode de réalisation avec des aubes plus longues et pénétrant à l'intérieur de la saignée est toutefois envisageable.

20 Dans un mode de réalisation, un jeu radial sensiblement constant s'étend entre l'extrémité des aubes et la saignée. Ce jeu peut être égal au jeu habituellement prévu entre les extrémités d'aubes et le carter dans le cas de veines lisses, sans saignée.

25 Un second objectif de l'invention est de proposer une turbomachine comprenant au moins un compresseur, turbomachine dans laquelle les pertes de rendement dues aux tourbillons de jeu dans le compresseur soient plus faibles, mais la marge au pompage au moins aussi importante, que dans les machines comportant des compresseurs connus antérieurement.

30 Cet objectif est atteint grâce au fait que le compresseur est un compresseur tel que défini précédemment.

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

35 - la figure 1 est une vue schématique d'une portion de compresseur ;

- la figure 2 est une vue schématique en perspective illustrant le tourbillon de jeu ;
- la figure 3 est une coupe schématique axiale d'une portion de compresseur, passant par une aube ;
- 5 - les figures 4 et 5 sont des diagrammes comparatifs, présentant les champs de pression, respectivement dans un compresseur avec une saignée de forme connue, et avec un compresseur selon l'invention.

La figure 1 représente un compresseur à flux axial de turbomachine 10. Celui-ci comprend un carter 12, dans lequel est montée une roue à aubes 14. La roue à aubes 14 comprend elle-même un disque rotor 16, sur lequel sont fixées de manière connue en soi des aubes radiales 18, de manière axisymétrique. La roue à aubes est agencée de manière à pouvoir tourner suivant un axe de rotation A à l'intérieur du carter 12.

Le carter 12 présente une paroi interne 20 dont la forme générale définit une surface aérodynamique de référence 22 (fig.3) délimitant une veine de passage de gaz. Cette surface aérodynamique de référence est une surface de révolution, qui a une forme générale sensiblement conique, et dans le cas présent cylindrique.

L'agencement des aubes 18 et de la paroi interne 20 du compresseur 10 selon l'invention, afin de réduire les tourbillons de jeu, est présenté en figure 3.

Chaque aube 18 comporte (fig.3) un bord d'attaque 26, un bord de fuite 28, et une extrémité radialement extérieure 24 qui s'étend axialement sur une distance L de l'amont à l'aval. Naturellement, un léger jeu B est prévu (jeu qui dans certains cas, peut se voir modifié suite aux frottements se produisant pendant les premières heures de fonctionnement du moteur) entre l'extrémité 24 de l'aube 18 et la paroi interne 20 du carter 12.

D'autre part (fig.2), les extrémités des aubes sont distantes deux à deux d'une distance D, suivant la direction circonférentielle, dite pas inter-aubes.

Pour réduire les tourbillons de jeu, une saignée circonférentielle 32 est formée dans la paroi interne 20 du carter 12. Cette saignée est formée par trois surfaces sensiblement coniques, à savoir une surface amont 32A, une surface médiane 32B et une surface aval 32C. Ces trois surfaces

s'étendent les unes à la suite des autres de l'amont vers l'aval (de la gauche vers la droite sur la figure 3).

Dans le cas le plus fréquent (comme celui qui est illustré), de l'amont vers l'aval, la surface amont est de diamètre croissant, la surface
5 médiane de diamètre sensiblement constant, la surface aval de diamètre décroissant.

L'extrémité 24 de l'aube 18 est aménagée de manière à maintenir un jeu B sensiblement constant avec la saignée.

Pour cela, l'extrémité 24 de l'aube présente en amont, en regard de
10 la surface médiane 32B, une partie amont 24B qui se confond localement avec la surface aérodynamique de référence 22. Plus en aval, l'extrémité 24 de l'aube présente en regard de la surface aval 32C (plus précisément, d'une portion amont de la surface aval), une partie aval 24C. Dans le mode de réalisation présenté, la partie aval 24C est formée (comme la
15 partie amont 24B) de manière à maintenir un jeu constant entre l'extrémité 24 de l'aube et la saignée 32. Aussi, la partie 24C de l'aube est rognée ou légèrement raccourcie radialement par rapport à la partie amont 24B.

La surface amont 32A s'étend en amont du bord d'attaque des
20 aubes, sur une distance DA qui vaut environ 10% du pas inter-aubes. L'angle α_1 que forme la surface amont 32A, dans une section axiale, avec la surface aérodynamique de référence 22, vaut environ 15° .

La surface médiane 32B est une surface sensiblement parallèle à la surface aérodynamique de référence 22 (ou 'décalée' ('offset') par rapport
25 à celle-ci). En d'autres termes, et plus précisément, dans une section axiale (ou méridienne) comme celle de la figure 2, la courbe de section de la surface 24B est parallèle à la courbe de section de la surface aérodynamique de référence 22.

La surface médiane 32B s'étend depuis le bord d'attaque de l'aube
30 18, jusqu'à un plan P situé à 50% de la distance L, par rapport au bord d'attaque 26 de l'aube 18.

La surface aval 32C s'étend à l'aval de la surface médiane 32B au moins jusqu'au niveau du bord de fuite 28, et de préférence au-delà, jusqu'à une distance DC en aval du bord de fuite 28. Dans le cas
35 représenté en figure 3, la surface aval 32C s'étend jusqu'à une distance DC valant environ 10% du pas inter-aubes D. Aussi, l'angle α_2 que forme

la surface aval 32C, dans une section axiale, avec la surface aérodynamique de référence 22, vaut environ 1°.

L'apport de l'invention pour la réduction du phénomène de tourbillon de jeu va maintenant être détaillé en relation avec les figures 4 et 5.

Lorsque la roue à aubes 14 est en rotation relative par rapport au carter 12 autour de l'axe A, les extrémités 24 des aubes 18 se déplacent à grande vitesse en regard de la paroi interne 20 du carter 12.

Sous l'effet de cette rotation, un différentiel de pression s'établit entre l'intrados et l'extrados des aubes 18. Aussi, un léger flux de fluide (d'air) passe par le jeu B entre l'extrémité des aubes et le fond de la saignée. Ce flux génère un fort tourbillon dit tourbillon de jeu.

Les figures 4 et 5 présentent des résultats comparatifs issus de simulations numériques en 3D réalisées à partir de la résolution des équations de Navier-Stokes.

La figure 4 présente le résultat de simulations d'écoulement dans un compresseur présentant une saignée de forme connue, et la figure 5, le résultat dans un compresseur selon l'invention.

La direction générale A2 de l'axe A du compresseur est représentée sur les figures 4 et 5. Le sens général de passage du fluide à travers le compresseur est également indiqué par une flèche.

Le compresseur partiellement représenté sur la figure 4 comporte une saignée 132 formée avec une surface amont 132A, une surface médiane 132B et une surface 132C. Les surfaces amont 132A et aval 132C forment de véritables marches d'escalier disposées en travers du flux de fluide dans la veine.

Pour les autres références apparaissant sur les figures 4 et 5, les mêmes références numériques sont utilisées dans les deux figures 4 et 5.

Sur chacune de ces figures sont représentées les extrémités de trois aubes 18A, 18B et 18C.

De plus, chacune des figures 4 et 5 présente un ensemble de coupes parallèles partielles C1-C9. Chacune des coupes C1-C9 représente schématiquement l'écoulement dans un plan. Les différents plans de coupe sont parallèles et s'étendent suivant la direction A2 de l'axe de

rotation de la roue à aubes 14 et sensiblement suivant la direction radiale des aubes 18A-18C.

Dans chaque coupe C1-C9 sont représentées les lignes isobares dans le flux de fluide. Ces lignes font donc apparaître en particulier les
5 tourbillons se formant lors de l'écoulement.

La partie gauche des figures 4 et 5 illustre tout d'abord le premier effet de l'invention, au voisinage du bord d'attaque (26A, 26B) des aubes (18A, 18B). La figure 4 montre la présence d'un tourbillon 40 formé immédiatement en aval de la surface amont. Avec l'invention (fig.5), ce
10 tourbillon 40 est quasiment supprimé.

On voit donc que la forme de la saignée 32 permet de réduire la formation de tourbillons au niveau de la surface amont des saignées. En effet, on voit que le tourbillon 40 formé sur l'amont dans le compresseur traditionnel, ne se forme quasiment pas dans le compresseur selon
15 l'invention et ne vient pas grossir le tourbillon de jeu principal.

Ensuite, les figures montrent l'existence d'un tourbillon principal 42 formé à partir du bord d'attaque. Ce tourbillon semble peu affecté par les modifications apportées sur la tranchée, en extrémité d'aube.

Enfin, les figures montrent un tourbillon 44 plus spécifiquement lié
20 à la forme de la tranchée sur la partie aval de l'aube. Là encore, notamment dans les coupes C8,C9 ainsi que dans les coupes C3 et C4, on peut constater avec l'invention une réduction de l'importance du tourbillon 44 au voisinage de l'aube.

Aussi, on constate que le tourbillon généré au voisinage de la
25 surface aval est moindre sur le compresseur selon l'invention que sur le compresseur traditionnel.

En conclusion, ces figures montrent que la géométrie de compresseur présentée, conforme à l'invention, apporte un gain en rendement sur la ligne de fonctionnement et une amélioration de la marge
30 au pompage. Les pertes sur le rotor sont diminuées à partir de 75% de la hauteur de l'aube.

REVENDEICATIONS

1. Compresseur à flux axial de turbomachine, comprenant :
 - un carter présentant une paroi interne dont la forme générale définit une surface aérodynamique de référence délimitant une veine de passage de gaz ;
 - une roue à aubes montée à rotation relative par rapport au carter dans ladite veine ;
 - la roue comportant une pluralité d'aubes radiales comportant chacune une extrémité, un bord d'attaque, et un bord de fuite;
 - une saignée circumférentielle étant formée dans la paroi interne du carter ;
 - la forme de ladite saignée étant définie essentiellement par trois surfaces sensiblement coniques, à savoir une surface amont, une surface médiane et une surface aval, s'étendant les unes à la suite des autres de l'amont vers l'aval ;
 - la surface médiane étant sensiblement parallèle à ladite surface aérodynamique de référence; et
 - la surface aval s'étendant vers l'aval au moins jusqu'au bord de fuite des aubes ;
 - dans lequel la surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes ; et la jonction entre les surfaces médiane et aval est située entre 30% et 80% de la longueur axiale des aubes à partir du bord d'attaque.
2. Compresseur selon la revendication 1, dans lequel la jonction entre les surfaces médiane et aval est située entre 50 et 65% de la longueur axiale des aubes à partir du bord d'attaque.
3. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel la surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes sur 5 à 25% du pas inter-aubes séparant suivant la direction circumférentielle les extrémités de deux aubes consécutives.

4. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel la surface amont s'étend en amont du bord d'attaque des aubes sur 7 à 20% du pas inter-aubes séparant suivant la direction circonférentielle les extrémités de deux aubes consécutives.

5. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la surface aval s'étend en aval du bord de fuite des aubes sur 5 à 25% du pas inter-aubes séparant suivant la direction circonférentielle les extrémités de deux aubes consécutives.

6. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la surface aval s'étend en aval du bord de fuite des aubes sur 7 à 20% du pas inter-aubes séparant suivant la direction circonférentielle les extrémités de deux aubes consécutives.

7. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel dans une section longitudinale, la surface aval forme un angle inférieur à 15° avec ladite surface aérodynamique de référence.

8. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel dans une section longitudinale, la surface aval forme un angle inférieur à 5° avec ladite surface aérodynamique de référence.

9. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel dans une section longitudinale, la surface amont forme un angle inférieur à 90° avec ladite surface aérodynamique de référence.

10. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel dans une section longitudinale, la surface amont forme un angle inférieur à 30° avec ladite surface aérodynamique de référence.

11. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel les aubes s'étendent à l'intérieur de ou jusqu'à la surface aérodynamique de référence, sans dépasser à l'intérieur de la saignée.

12. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel un jeu radial sensiblement constant s'étend entre l'extrémité des aubes et la saignée.

13. Turbomachine comprenant au moins un compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

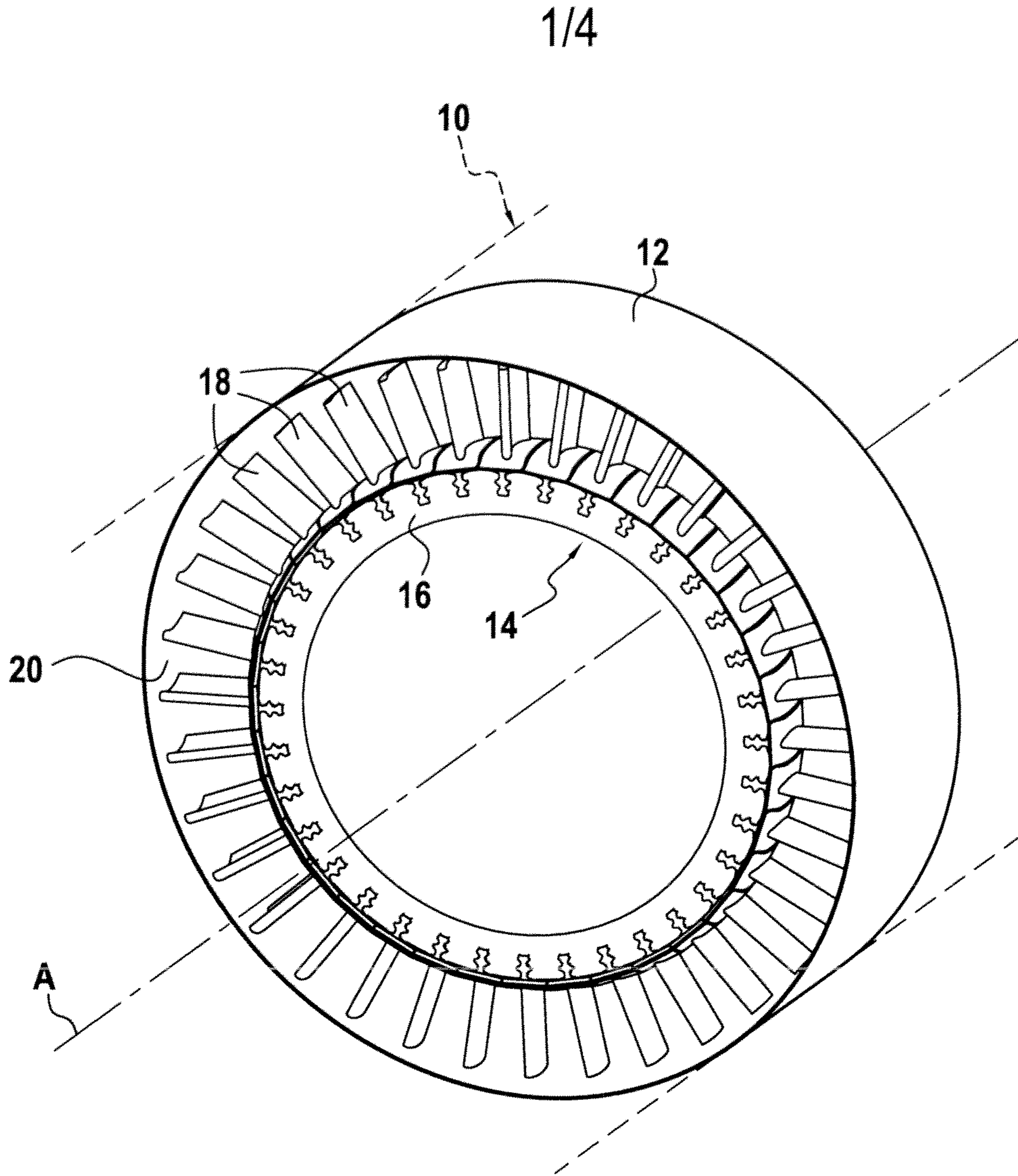


FIG.1

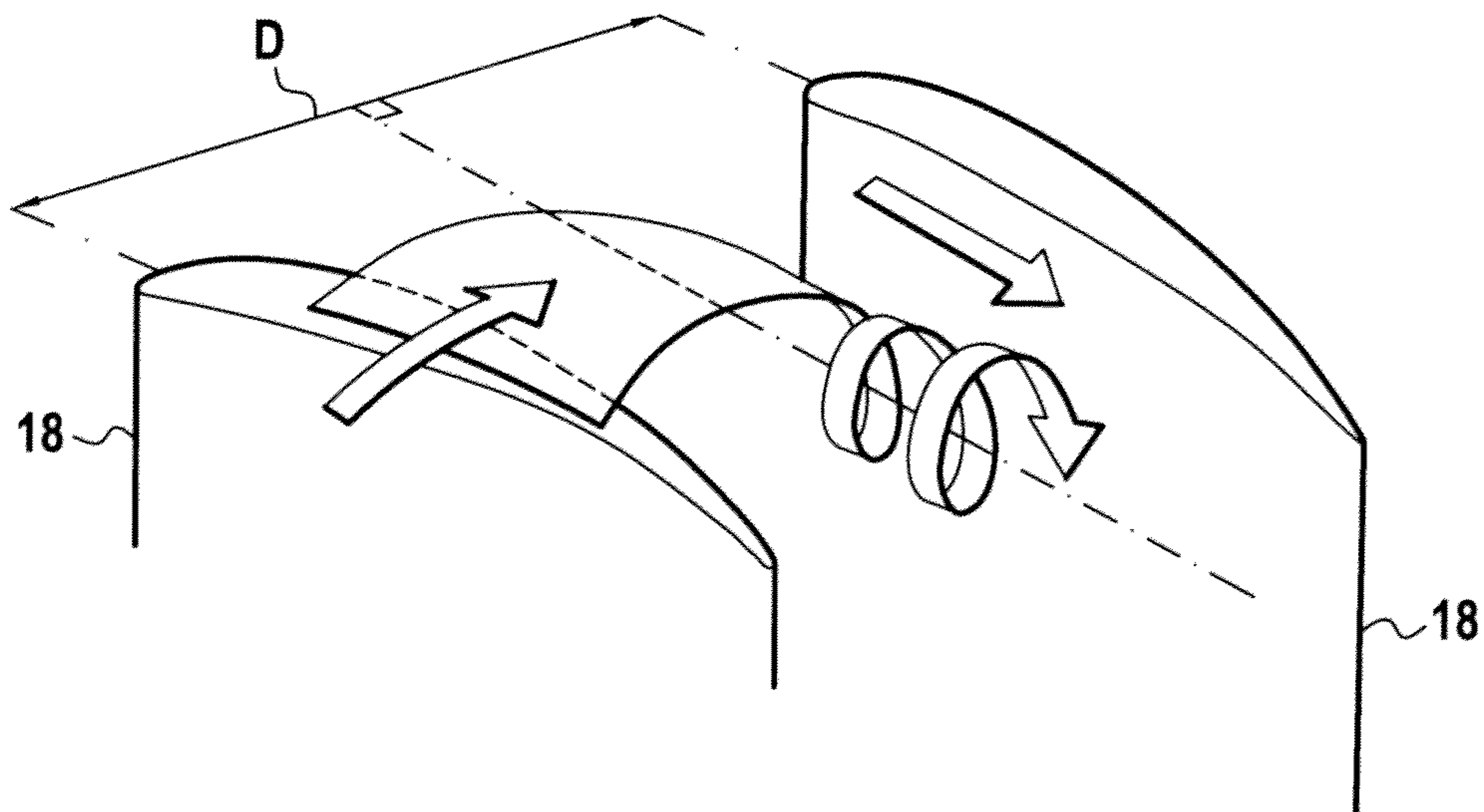


FIG.2

2/4

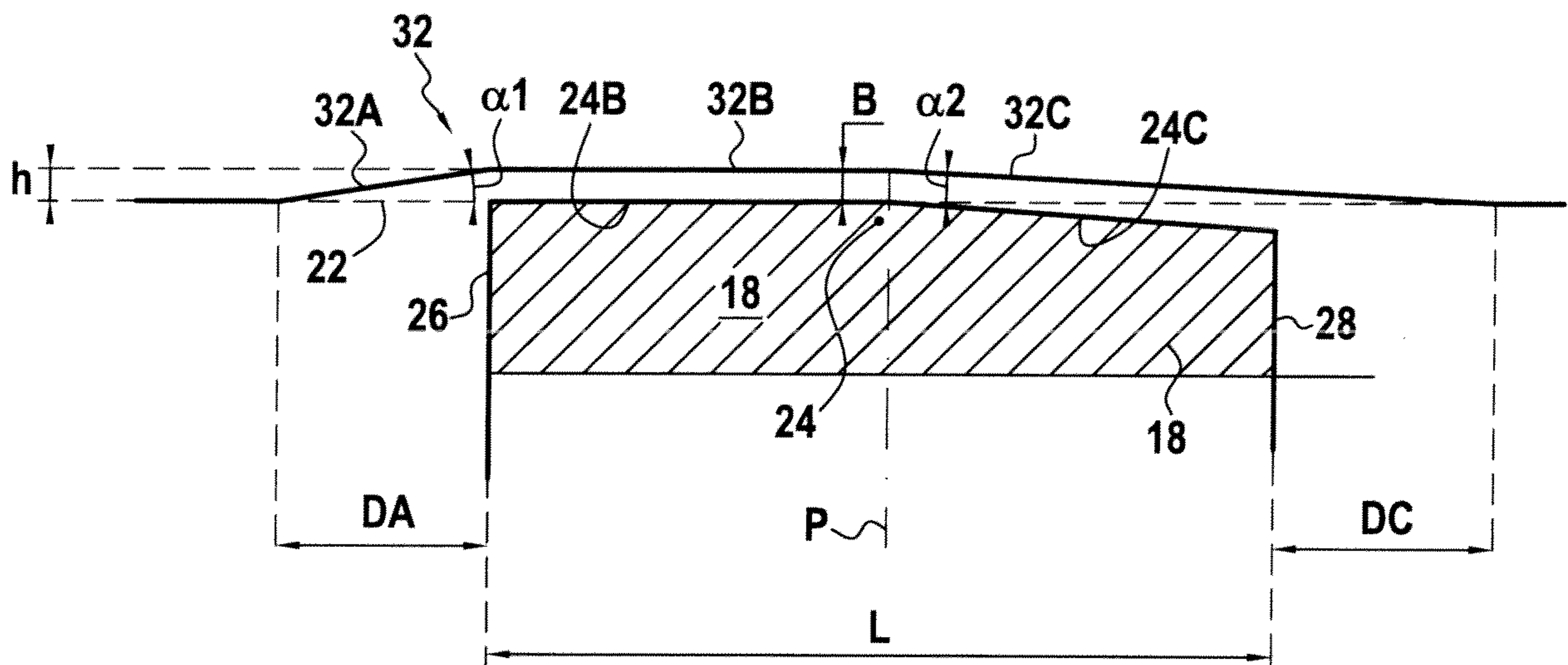


FIG.3

