

(19)



(11)

EP 2 438 306 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

31.07.2019 Bulletin 2019/31

(51) Int Cl.:

F04D 29/30 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10734214.9**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2010/051078

(22) Date de dépôt: **02.06.2010**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2010/139901 (09.12.2010 Gazette 2010/49)

(54) **ROUET CENTRIFUGE DE COMPRESSEUR.**

ZENTRIFUGALRAD EINES VERDICHTERS

CENTRIFUGAL IMPELLER OF COMPRESSOR

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

• **ROCHUON, Nicolas**

64000 Pau (FR)

• **TARNOWSKI, Laurent**

64000 Pau (FR)

(30) Priorité: **05.06.2009 FR 0953757**

(74) Mandataire: **Intès, Didier Gérard André et al**

Cabinet Beau de Loménie

158 rue de l'Université

75340 Paris Cedex 07 (FR)

(43) Date de publication de la demande:

11.04.2012 Bulletin 2012/15

(73) Titulaire: **Safran Helicopter Engines**

64510 Bordes (FR)

(56) Documents cités:

JP-A- 2001 012 389 US-A- 3 973 872

(72) Inventeurs:

• **PORODO, Jérôme**

64000 Pau (FR)

EP 2 438 306 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un rouet centrifuge de compresseur destiné à être traversé par un fluide et, notamment, par un gaz. Ce rouet est destiné, en particulier, à équiper un compresseur de turbomachine. Ce rouet peut équiper tout type de turbomachine, terrestre ou aéronautique, et notamment un turbomoteur d'hélicoptère.

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne un rouet centrifuge du type présentant un axe de rotation, une partie avant de petite section et une partie arrière de grande section, ce rouet comprenant des pales ayant chacune un bord amont, ou bord d'attaque, et un bord aval, ou bord de fuite. La rotation de ce rouet aspire le fluide par l'avant du rouet, la vitesse axiale du fluide traversant le rouet se transformant progressivement en vitesse radiale, le fluide sortant à la périphérie extérieure du rouet, au niveau du bord de fuite des pales. Lesdites pales sont telles que, dans un plan de coupe radial coupant le bord de fuite de ces pales, elles sont courbées dans le sens inverse de la rotation du rouet.

[0003] Dans la présente demande, l'amont et l'aval sont définis par rapport au sens d'écoulement normal du fluide traversant le rouet.

[0004] Par ailleurs, l'axe de rotation du rouet est souvent appelé plus simplement « axe du rouet ». La direction axiale correspond à la direction de l'axe du rouet, et une direction radiale est une direction perpendiculaire à cet axe et coupant cet axe. De même, un plan axial est un plan contenant l'axe du rouet et un plan radial est un plan perpendiculaire à cet axe. Les adjectifs « axialement » et « radialement » font respectivement référence à la direction axiale et à une direction radiale.

[0005] Sauf précision contraire, les adjectifs « intérieur » et « extérieur » sont utilisés en référence à une direction radiale, la partie intérieure (i.e. radialement intérieure) d'un élément étant plus proche de l'axe du rouet que la partie extérieure (i.e. radialement extérieure) du même élément.

[0006] Enfin, sauf précision contraire, les adjectifs « avant » et « arrière » sont utilisés en référence à la direction axiale, le fluide entrant à l'avant du rouet.

[0007] Un compresseur de turbomachine aéronautique (par exemple de turbomoteur d'hélicoptère) de type centrifuge ou de type mixte axial-centrifuge comprend un ou plusieurs étage de compression avec un rouet centrifuge du type précité (également appelé rotor ou roue centrifuge), un carter entourant extérieurement les pales de ce rouet, et un ou plusieurs diffuseurs situés en aval de ce rouet. Un tel compresseur est traversé par un fluide qui est un gaz, généralement de l'air.

[0008] Dans le rouet, la vitesse absolue du gaz augmente du fait de l'accélération centrifuge et la pression du gaz augmente du fait de la section divergente des canaux délimités entre les pales du rouet. Ainsi, le gaz quitte l'extrémité aval des pales, ou bord de fuite, à très grande vitesse.

[0009] Un exemple connu de rouet centrifuge de com-

presseur est divulgué dans le brevet US n°3973872, et dans la demande publiée JP2001 012389A.

[0010] L'invention a pour but d'améliorer les performances (i.e. taux de pression totale et rendement isentropique) d'un rouet du type précité, à débit corrigé et à encombrement géométrique donné.

[0011] Ce but est atteint grâce à un rouet tel que défini dans la revendication 1 annexée, et dans lequel, dans ledit plan de coupe radial coupant le bord de fuite des pales du rouet, la partie de bord de fuite de ces pales (i.e. la partie située au niveau de l'extrémité extérieure de la partie arrière des pales) est redressée dans le sens de la rotation du rouet de sorte qu'elle forme une ailette d'extrémité permettant de dévier l'écoulement du fluide en redressant radialement cet écoulement.

[0012] De manière générale, une telle déviation de l'écoulement du fluide permet d'augmenter le taux de pression totale sans diminuer le rendement isentropique du rouet.

[0013] De plus, en contrôlant au mieux cette déviation, il est possible d'augmenter le taux de pression totale sans produire d'échauffement. Ainsi, l'augmentation du taux de pression totale se traduit également par une augmentation plus ou moins importante du rendement isentropique du rouet.

[0014] Au final, grâce aux ailettes d'extrémité, les performances du rouet sont améliorées.

[0015] Un tel rouet centrifuge de compresseur peut comprendre deux types de pales : des pales dites « principales » et des pales dites « intermédiaires ». Les pales intermédiaires, optionnelles, sont intercalées entre les pales principales et se différencient de ces dernières en ce qu'elles sont plus courtes axialement : elles présentent une partie avant plus courte, le bord d'attaque des pales intermédiaires se situant en retrait (i.e. en arrière) par rapport au bord d'attaque des pales principales.

[0016] Selon un mode de réalisation, le rouet ne comprend que des pales principales (i.e. pas de pales intermédiaires) et ces pales principales présentent des ailettes d'extrémité du type précité.

[0017] Selon un autre mode de réalisation, le rouet comprend des pales principales et des pales intermédiaires. Dans ce cas, soit les pales principales sont les seules à présenter des ailettes d'extrémité du type précité, soit les pales intermédiaires sont les seules à présenter des ailettes d'extrémité du type précité, soit les pales principales et les pales intermédiaires présentent des ailettes d'extrémité du type précité.

[0018] Selon un mode de réalisation, dans ledit plan de coupe radial coupant le bord de fuite des pales du rouet, ladite ailette d'extrémité forme avec la partie de la pale située juste en amont de cette ailette d'extrémité un angle obtus supérieur ou égal à 155° et strictement inférieur à 180°.

[0019] Selon un mode de réalisation, lorsque les pales principales du rouet présentent une ailette d'extrémité, cette ailette d'extrémité s'étend à partir du bord de fuite d'une pale principale du rouet sur une longueur qui, me-

surée le long du bord extérieur (curviligne) de cette pale principale, représente moins de 15 % de la longueur totale de ce bord extérieur et, en particulier, plus de 2% et moins de 10 % de la longueur totale de ce bord extérieur.

[0020] Selon un mode de réalisation, lorsque les pales intermédiaires du rouet présentent une ailette d'extrémité, ladite ailette d'extrémité s'étend à partir du bord de fuite de la pale intermédiaire sur une longueur qui, mesurée le long du bord extérieur de cette pale intermédiaire, représente moins de 15% de la longueur totale de ce bord extérieur et, en particulier, plus de 2% et moins de 10% de la longueur totale de ce bord extérieur.

[0021] Les plages de valeurs d'angle et de longueur d'ailette précitées permettent, seules ou combinées entre elles, d'améliorer encore les performances du rouet.

[0022] L'invention concerne également un compresseur comprenant un rouet centrifuge selon l'invention. Il peut s'agir d'un compresseur de type centrifuge, c'est-à-dire un compresseur ayant au moins un étage de compression équipé d'un rouet centrifuge, soit d'un compresseur de type mixte axial-centrifuge, c'est-à-dire un compresseur ayant au moins un étage de compression équipé d'un rouet axial et au moins un étage de compression équipé d'un rouet centrifuge.

[0023] L'invention concerne également une turbomachine et, plus particulièrement, un turbomoteur d'hélicoptère comprenant un compresseur selon l'invention.

[0024] L'invention et ses avantages seront encore mieux compris à la lecture de la description détaillée qui suit, d'un exemple de réalisation de l'invention donné à titre illustratif et non limitatif. Cette description fait référence aux figures annexées.

[0025] La figure 1 représente schématiquement et partiellement, en coupe axiale, un turbomoteur d'hélicoptère avec un compresseur comprenant un rouet centrifuge selon l'invention (le rouet centrifuge et les turbines du turbomoteur n'étant pas représentés en coupe mais en vue de côté).

[0026] La figure 2 représente schématiquement le rouet centrifuge de la figure 1, isolé du reste du turbomoteur.

[0027] La figure 3 représente schématiquement et partiellement, en perspective, la partie arrière de deux pales du rouet centrifuge de la figure 1.

[0028] La figure 4 représente schématiquement et partiellement la partie arrière d'une des pales de la figure 3, vue en coupe dans un plan de coupe radial coupant le bord de fuite de cette pale, ce plan de coupe IV-IV étant repéré sur la figure 2.

[0029] L'exemple de turbomoteur 10 d'hélicoptère représenté sur la figure 1 comprend un compresseur 16 de type centrifuge à un seul étage de compression. Ce compresseur 16 comprend un rouet centrifuge 18 selon l'invention et un carter 15 entourant extérieurement les pales 24, 25 du rouet 18. Un diffuseur 19 est situé en aval du rouet 18.

[0030] Le turbomoteur 10 présente une entrée d'air 12, l'air passant par cette entrée 12 pour atteindre le com-

presseur 16. La rotation du rouet 18 autour de son axe de rotation A, aspire l'air par l'avant du rouet et la vitesse axiale du fluide qui traverse le rouet 18 se transforme progressivement en vitesse radiale, le fluide sortant à la périphérie extérieure du rouet 18. L'air pénètre dans le rouet 18 suivant une direction plutôt parallèle à l'axe A de rotation du rouet, représentée sur la coupe de la figure 1 par les flèches F1, et sort du rouet 18 suivant une direction plutôt perpendiculaire à l'axe A, représentée par les flèches F2.

[0031] L'air sortant du rouet 18 traverse le diffuseur 19 avant d'atteindre la chambre de combustion 20. Les gaz de combustion sortant de la chambre 20 entraînent une turbine haute pression 22 et une turbine basse pression 23.

[0032] Le rouet 18 est monté sur un arbre 21 qui est entraîné en rotation par la turbine haute pression 22.

[0033] En référence à la figure 2, le rouet 18 présente une partie avant de petite section et une partie arrière de grande section. Le rouet 18 comporte une pluralité de pales principales 24 s'étendant, axialement, depuis la face avant 18A du rouet jusqu'à un flasque radial 17 situé à l'arrière du rouet 18 et, radialement, depuis le moyeu du rouet jusqu'à la périphérie extérieure du rouet. Chacune des pales principales 24 présente un bord d'attaque 24A situé à l'extrémité avant du rouet 18 et un bord de fuite 24F situé à la périphérie extérieure du rouet 18, juste en avant du flasque radial 17.

[0034] Le rouet 18 comporte en outre des pales intermédiaires 25, intercalées entre les pales principales 24 et qui se différencient de ces dernières en ce qu'elles sont plus courtes axialement : le bord d'attaque 25A de ces pales 25 se situe en retrait (i.e. en arrière) par rapport au bord d'attaque 24A des pales principales 24. En revanche, le bord de fuite 25F des pales intermédiaires 25 se situe à la même distance radiale de l'axe A que le bord de fuite 24F des pales 24.

[0035] La figure 3 représente en détail, en perspective, la partie arrière d'une pale principale 24 et d'une pale intermédiaire 25 du rouet 18.

[0036] Dans un plan de coupe radial (i.e. perpendiculaire à l'axe A) coupant le bord de fuite 24F, 25F des pales 24, 25, du rouet 18, comme le plan IV-IV de la figure 2, les pales 24, 25, sont courbées dans le sens inverse de la rotation du rouet, le sens de rotation du rouet 18 étant symbolisé par la flèche R sur les figures 3 et 4.

[0037] Dans ce même plan de coupe radial, la partie de bord de fuite desdites pales 24, 25, est redressée dans le sens de la rotation du rouet de sorte qu'elle forme une ailette d'extrémité 26, 27, permettant de dévier l'écoulement de l'air en redressant radialement celui-ci.

[0038] Dans ce plan de coupe radial, l'ailette d'extrémité 26, 27, forme avec la partie de la pale 24, 25, située juste en amont de cette ailette 26, 27, un angle obtus T supérieur ou égal à 155° et strictement inférieur à 180°. Cet angle T est repéré sur la figure 4 qui est une vue en coupe de la pale principale 24 dans le plan de coupe

radial IV-IV de la figure 2.

[0039] Dans l'exemple représenté, les pales principales 24 et les pales intermédiaires 25 présentent des ailettes d'extrémité 26, 27. Dans d'autres exemples de réalisation, non représentés, seules les pales principales 25 ou seules les pales intermédiaires 25 présentent de telles ailettes d'extrémité.

[0040] Selon un exemple de réalisation, lorsque les ailettes d'extrémité 26 sont présentes sur les pales principales 24, la longueur (en abscisse curviligne) de chaque ailette d'extrémité 26 mesurée le long du bord extérieur curviligne 24E de ladite pale 24 ne représente pas plus de 15 % de la longueur totale de ce bord extérieur 24E. Par exemple, la longueur de l'ailette d'extrémité représente au moins 2% et pas plus de 10 % de la longueur totale du bord extérieur 24E.

[0041] Selon un exemple de réalisation, lorsque les ailettes d'extrémité 27 sont présentes sur les pales intermédiaires 25, la longueur (en abscisse curviligne) de chaque ailette d'extrémité 27 mesurée le long du bord extérieur curviligne 25E de ladite pale 25 ne représente pas plus de 15% de la longueur totale de ce bord extérieur 25E. En particulier, la longueur de l'ailette d'extrémité représente au moins 2% et pas plus de 10% de la longueur totale du bord extérieur 25E.

Revendications

1. Rouet centrifuge de compresseur destiné à être traversé par un fluide, ce rouet (18) présentant un axe de rotation (A), une partie avant de petite section et une partie arrière de grande section, ce rouet (18) comprenant des pales (24, 25) ayant chacune un bord d'attaque (24A, 25A) et un bord de fuite (24F, 25F), la rotation de ce rouet (18) aspirant le fluide par l'avant du rouet, la vitesse axiale du fluide traversant le rouet se transformant progressivement en vitesse radiale, ce fluide sortant à la périphérie extérieure du rouet (18), au niveau du bord de fuite (24F, 25F) des pales, ces pales (24, 25) étant telles que, dans un plan de coupe radial coupant le bord de fuite (24F, 25F) de ces pales, elles sont courbées dans le sens inverse de la rotation du rouet et telles que, dans ledit plan de coupe radial, la partie de bord de fuite desdites pales (24, 25) est redressée dans le sens de la rotation du rouet de sorte qu'elle forme une ailette d'extrémité (26, 27) permettant de dévier l'écoulement du fluide en redressant radialement celui-ci, le rouet étant **caractérisé en ce que** ladite ailette d'extrémité (26, 27) s'étend à partir du bord de fuite (24F, 25F) de la pale sur une longueur qui, mesurée le long du bord extérieur (24E, 25E) de cette pale (24, 25), représente plus de 2% et moins de 10% de la longueur totale de ce bord extérieur (25E).
2. Rouet centrifuge de compresseur selon la revendication 1, dans lequel, dans ledit plan de coupe radial,

ladite ailette d'extrémité (26, 27) forme avec la partie de la pale située juste en amont de cette ailette d'extrémité un angle (T) obtus supérieur ou égal à 155° et strictement inférieur à 180°.

3. Rouet centrifuge de compresseur selon la revendication 1 ou 2, comprenant des pales principales (24) et, éventuellement, des pales intermédiaires (25) situées entre les pales principales et plus courtes axialement que les pales principales, dans lequel lesdites pales principales (24) et/ou lesdites pales intermédiaires (25) présentent lesdites ailettes d'extrémité (26, 27).
4. Rouet centrifuge de compresseur selon la revendication 3, dans lequel les pales principales (24) présentent lesdites ailettes d'extrémité (26).
5. Rouet centrifuge de compresseur selon la revendication 3 ou 4, dans lequel les pales intermédiaires (25) présentent lesdites ailettes d'extrémité (27).
6. Compresseur comprenant un rouet centrifuge (18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.
7. Turbomachine comprenant un compresseur selon la revendication 6.

Patentansprüche

1. Kompressor-Zentrifugallaufrad, das dazu bestimmt ist, von einem Fluid durchströmt zu werden, wobei das Laufrad (18) eine Drehachse (A), einen vorderen Abschnitt mit kleinem Querschnitt und einen hinteren Abschnitt mit großem Querschnitt aufweist, wobei das Laufrad (18) Blätter (24, 25) umfasst, die jeweils eine Anströmkante (24A, 25A) und eine Abströmkante (24F, 25F) aufweisen, wobei die Drehung dieses Laufrads (18) das Fluid durch die Vorderseite des Laufrads ansaugt, wobei die Axialgeschwindigkeit des durch das Laufrad strömenden Fluids allmählich in eine Radialgeschwindigkeit übergeht, wobei das Fluid am Außenumfang des Laufrads (18) im Bereich der Abströmkante (24F, 25F) der Blätter austritt, wobei diese Blätter (24, 25) so beschaffen sind, dass sie in einer radialen Schnittebene, die die Abströmkante (24F, 25F) dieser Blätter schneidet, in der zur Laufraddrehung entgegengesetzten Richtung gekrümmt sind, und so, dass in dieser radialen Schnittebene der Abschnitt der Abströmkante der Blätter (24, 25) in Richtung der Laufraddrehung gerichtet ist, sodass er einen Endflügel (26, 27) bildet, der bewirkt, dass die Fluidströmung durch radiales Richten desselben umgelenkt wird, wobei das Laufrad **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sich der Endflügel (26, 27) von der Abströmkante (24F, 25F) des Blatts über eine Länge er-

streckt, die, gemessen entlang der Außenkante (24E, 25E) des Blatts (24, 25), mehr als 2 % und weniger als 10 % der Gesamtlänge der Außenkante (25E) darstellt.

2. Kompressor-Zentrifugallaufgrad nach Anspruch 1, wobei in der radialen Schnittebene der Endflügel (26, 27) mit dem Teil des Blatts, der unmittelbar stromaufwärts des Endflügels angeordnet ist, einen stumpfen Winkel (T) größer oder gleich 155° und strikt kleiner als 180° bildet.
3. Kompressor-Zentrifugallaufgrad nach Anspruch 1 oder 2, umfassend Hauptblätter (24) und gegebenenfalls Zwischenblätter (25), die zwischen den Hauptblättern angeordnet und axial kürzer als die Hauptblätter sind, wobei die Hauptblätter (24) und/oder die Zwischenblätter (25) die Endflügel (26, 27) aufweisen.
4. Kompressor-Zentrifugallaufgrad nach Anspruch 3, wobei die Hauptblätter (24) die Endflügel (26) aufweisen.
5. Kompressor-Zentrifugallaufgrad nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Zwischenblätter (25) die Endflügel (27) aufweisen.
6. Kompressor, umfassend ein Zentrifugallaufgrad (18) nach einem der Ansprüche 1 bis 5.
7. Turbomaschine mit einem Kompressor nach Anspruch 6.

said end fin (26, 27) extends from the trailing edge (24F, 25F) of the blade over a length that, measured along the outer edge (24E, 25E) of said blade (24, 25), represents more than 2% and less than 10% of the total length of said outer edge (25E).

2. The centrifugal impeller of claim 1, wherein, in said radial section plane, said end fin (26, 27) forms an obtuse angle (T) that is greater than or equal to 155° and strictly less than 180°, with the blade portion situated immediately upstream from said end fin.
3. The centrifugal impeller of claim 1 or 2, the impeller having main blades (24) and optionally intermediate blades (25) situated between the main blades and axially shorter than the main blades, wherein said main blades (24) and/or said intermediate blades (25) present said end fins (26, 27).
4. The centrifugal impeller of claim 3, wherein the main blades (24) present said end fins (26).
5. The centrifugal impeller of claim 3 or 4, wherein the intermediate blades (25) present said end fins (27).
6. A compressor including a centrifugal impeller (18) according to any one of claims 1 to 5.
7. A turbomachine including a compressor according to claim 6.

Claims

1. A centrifugal impeller for a compressor through which a fluid can pass, the impeller (18) presenting an axis of rotation (A), a front portion of small section, and a rear portion of large section, the impeller (18) having blades (24, 25) each having a leading edge (24A, 25A) and a trailing edge (24F, 25F), the rotation of the impeller (18) sucking fluid in through the front of the impeller, the axial speed of the fluid passing through the impeller being transformed progressively into radial speed, the fluid leaving the impeller (18) at its outer periphery, at the trailing edges (24F, 25F) of the blades, the blades (24, 25) being such that in a radial section plane intersecting the trailing edges (24F, 25F) of said blades, they are curved in the direction opposite to the direction of rotation of the impeller, and such that, in said radial section plane, the trailing edge portion of said blades (24, 25) is redirected in the direction of rotation of the impeller in such a manner that it forms an end fin (26, 27) such that the flow of fluid is deflected by being radially redirected, the impeller being **characterized in that**

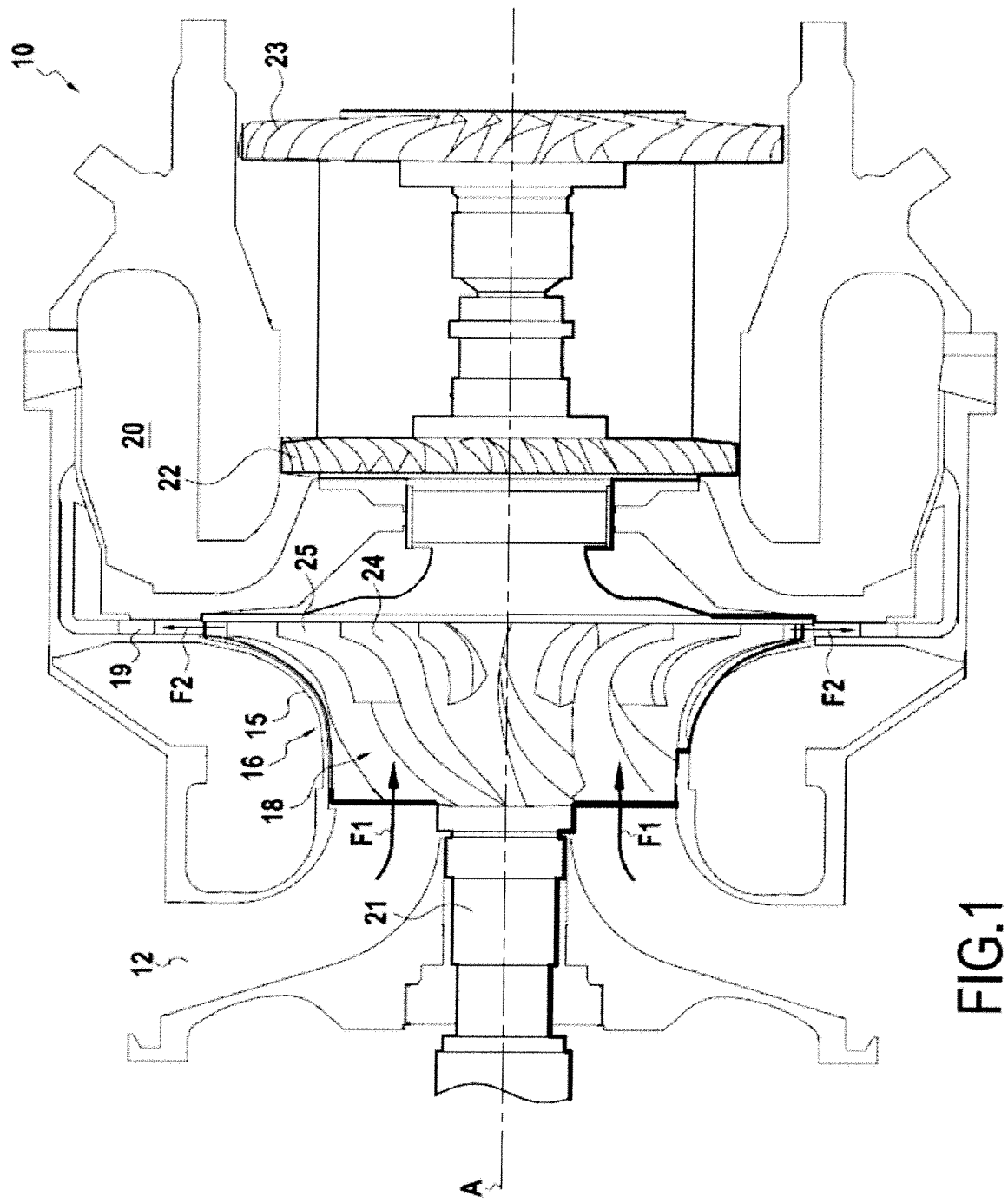


FIG.1

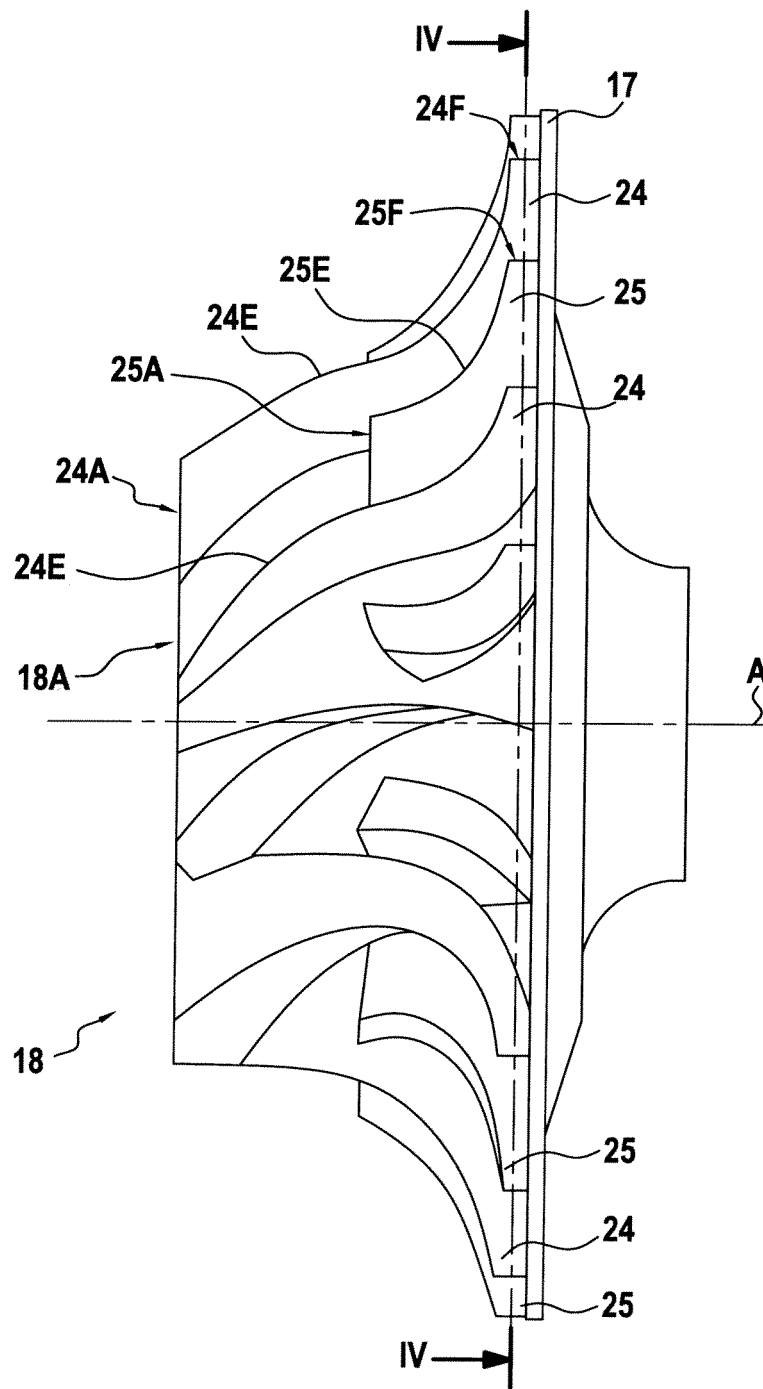


FIG.2

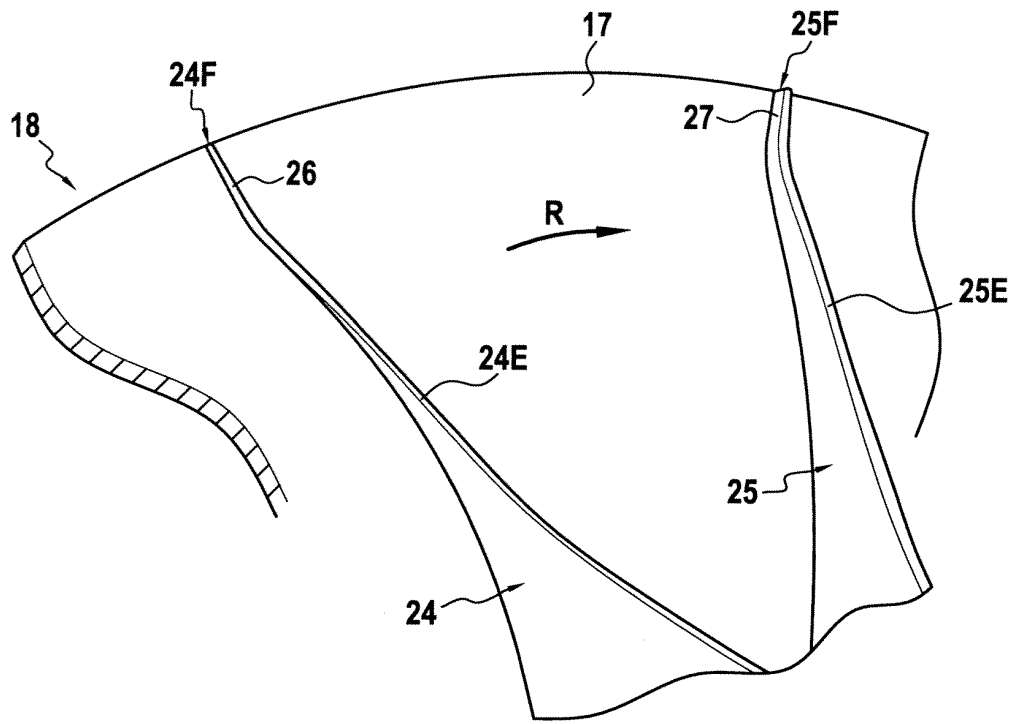


FIG.3

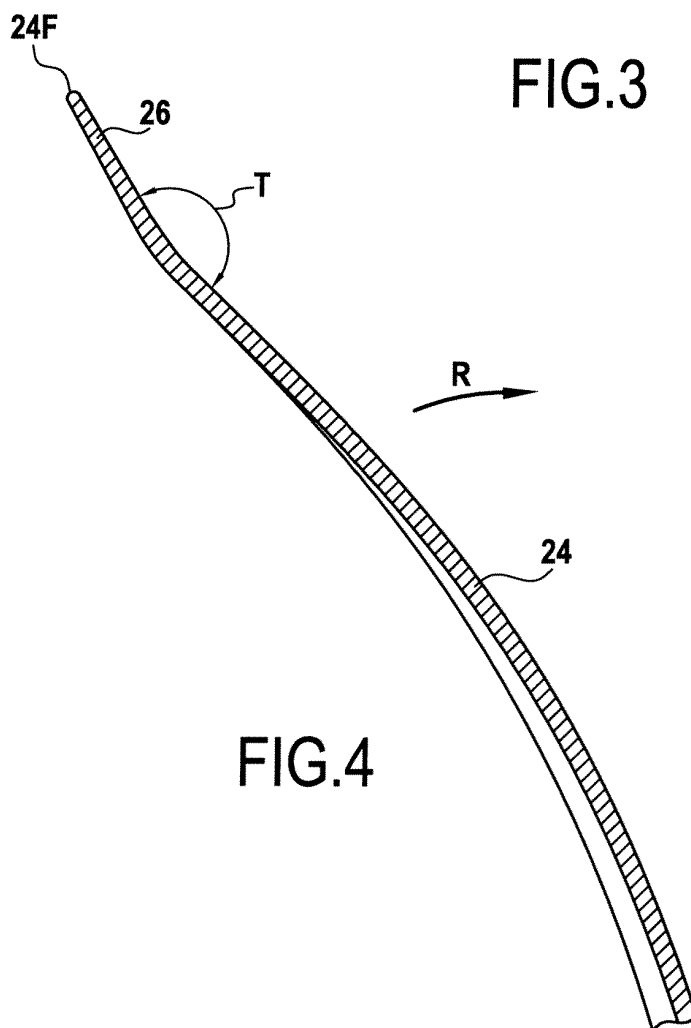


FIG.4

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 3973872 A [0009]
- JP 2001012389 A [0009]