



SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1027709 A1

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 20/05/2021

(21) Numéro de demande : BE2019/5738

(22) Date de dépôt : 25/10/2019

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 5/14, F04D 29/32, F04D 29/54, F04D 29/68

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS société anonyme

4041, HERSTAL
Belgique

(72) Inventeur(s) :

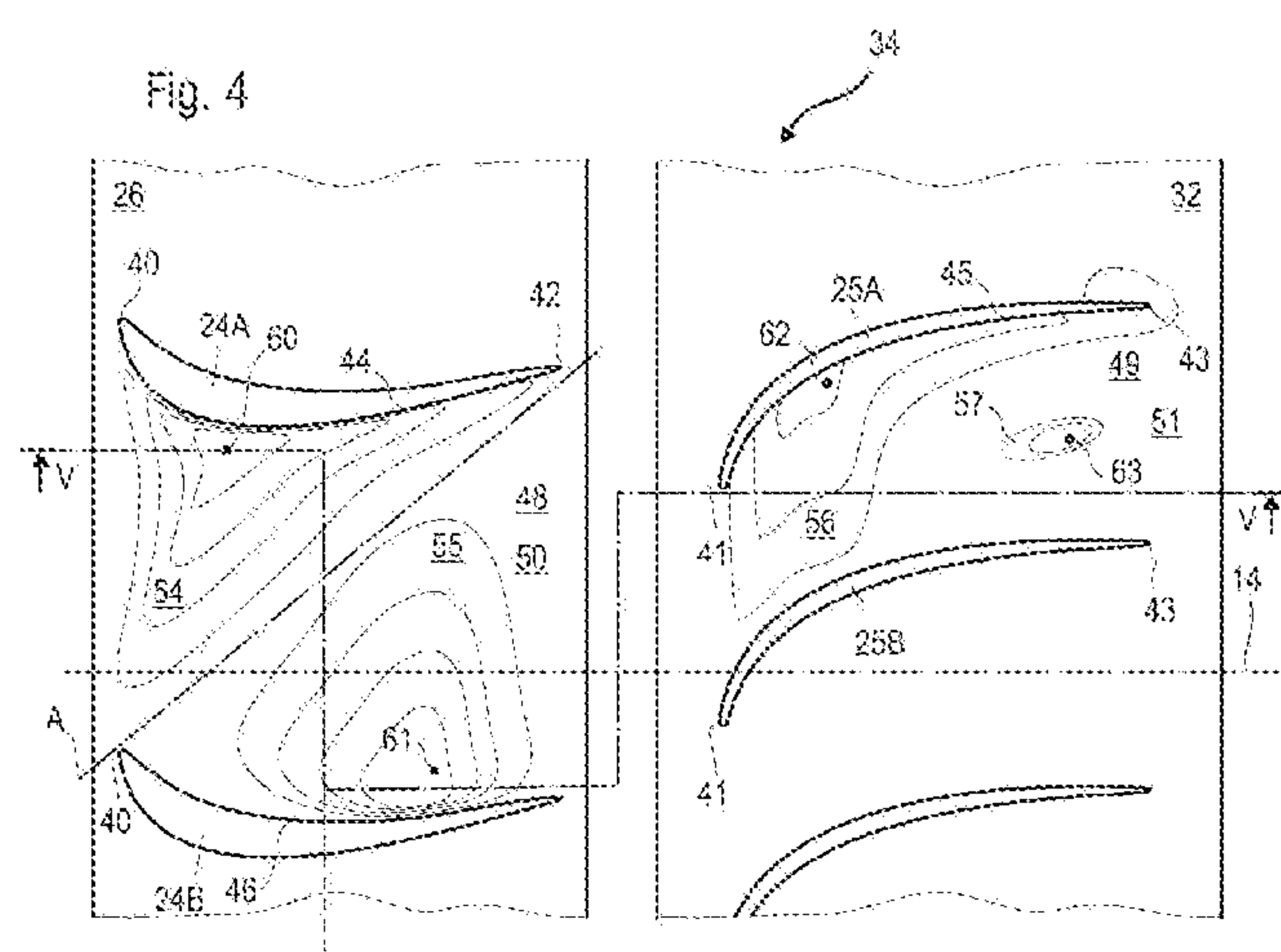
EL HIMER Mehdi
4041 HERSTAL
Belgique

FRISQUE Benoît
4041 HERSTAL
Belgique

VALENTIN Vincent
4041 HERSTAL
Belgique

(54) ETAGE DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE

(57) L'invention concerne un étage (34) de compression de compresseur basse-pression comprenant : un support rotorique (26), depuis lequel s'étendent des aubes rotoriques (24) suivi d'un support statorique (32) depuis lequel s'étendent des aubes statoriques (25). La surface de liaison (48, 49) du support (26) et du support (32) comprend des irrégularités, aussi appelées « contouring 3D », par exemple, une bosse (54, 56) et un creux (55, 57). La surface de liaison (48, 49) comprend également une portion axisymétrique (50, 51).



Description**ETAGE DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE****Domaine technique**

L'invention concerne une géométrie à bosse et à creux dans un passage inter-aubes de compresseur de turbomachine. L'invention a en particulier trait à un
5 étage de compresseur de turbomachine, tel un turboréacteur ou un turbopropulseur d'aéronef.

Technique antérieure

La demande de brevet EP 3 477 050 A1 divulgue un turboréacteur avec un
10 compresseur comportant une virole tournante ou fixe qui est pourvue d'une bosse et d'un creux dans chaque passage inter-aubes. Ces irrégularités sur la surface de guidage de l'air – aussi appelées « contouring 3D » – permettent d'améliorer l'écoulement du flux et en particulier de limiter le décollement du flux d'air de l'extrados et/ou en pied d'aubes. La bosse et le creux sont axialement alignés et
15 positionnés dans une moitié amont des aubes. Dans ce document n'est considéré qu'une seule rangée d'aubes (statoriques ou rotoriques) et l'accent est mis sur la conception de l'espace inter-aubes. Cependant, si cette conception améliore le flux d'air lors de son passage entre ces aubes, il n'améliore pas nécessairement l'écoulement en amont ou en aval de cette rangée d'aubes.
20 Il existe donc une marge d'amélioration pour l'écoulement du flux d'air dans le compresseur.

Résumé de l'inventionProblème technique

L'invention a pour objectif d'optimiser l'écoulement en pied d'aube (débit,
25 pression, décollement, taux de compression) d'un compresseur à l'échelle d'un de ses étages de compression.

Solution technique

L'invention a pour objet un étage de compresseur de turbomachine, notamment un compresseur basse-pression de turbomachine, l'étage comprenant : un

support rotorique et une rangée annulaire d'aubes rotoriques s'étendant radialement extérieurement depuis le support rotorique, le support rotorique définissant une surface de liaison rotorique entre deux aubes rotoriques circonférentiellement adjacentes ; un support statorique et une rangée annulaire d'aubes s'étendant radialement extérieurement depuis le support statorique, le support statorique définissant une surface de liaison statorique entre deux aubes statoriques circonférentiellement adjacentes ; la rangée annulaire d'aubes statoriques étant positionnée directement en aval de la rangée annulaire d'aubes rotoriques ; les surfaces de liaison étant chacune pourvues de portions axisymétriques et de portions non-axisymétriques, ces dernières comprenant une bosse et/ou un creux entre deux aubes circonférentiellement adjacentes.

La combinaison d'une irrégularité (bosse ou creux) sur le stator et sur le rotor conduit à un gain en termes d'amélioration de l'écoulement qui est supérieur à la somme des gains obtenus isolément lorsqu'il y a une irrégularité sur le rotor ou bien sur le stator. L'irrégularité sur le rotor augmente le gradient de pression à travers le passage inter-aubes, induisant une plus forte déviation tangentielle (composante tangentielle de la vitesse du flux en sortie du rotor). Ainsi, non seulement le décollement du flux en pied d'aubes rotoriques est réduit mais aussi le flux est « préparé » à parcourir le stator. Du côté stator, l'irrégularité atténue le gradient de pression à travers le passage inter-aubes en accélérant l'écoulement sur l'intrados et en le décélérant sur l'extrados. Ceci facilite le réalignement axial en sortie de l'étage rotor+stator. Aussi, l'irrégularité du stator ne « freine » pas le flux d'air en sortie du rotor. Il y a donc un effet doublement positif des deux irrégularités agissant ensemble.

Le support rotorique peut être une virole, un voile de tambour, une plateforme de fixation individuelle d'aube, ou une portion de disque ou de roue aubagé(e).

Le support statorique peut être une virole ou un segment angulaire de virole, un voile de tambour, ou une plateforme de fixation individuelle d'aube.

Par « circonférentiellement adjacente », on entend deux aubes d'une même rangée annulaire d'aubes qui sont directement voisines circonférentiellement.

Selon des modes avantageux de l'invention, l'étage de compresseur peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- 5 - chaque bosse a un sommet à une hauteur radiale relativement à la portion axisymétrique et chaque creux a un fond à une profondeur radiale relativement à la portion axisymétrique, l'étage comprenant un extrémum rotorique correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale du sommet et de la profondeur radiale du fond des portions non-axisymétriques de la surface de liaison rotorique ; et l'étage comprend un extrémum statorique
10 correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale du sommet et de la profondeur radiale du fond des portions non-axisymétriques de la surface de liaison statorique, la valeur de l'extrémum statorique étant d'environ 40% à 60% de la valeur de l'extrémum rotorique. Optionnellement, cette plage peut être portée à 46-54%. Selon cette conception, le flux est fortement dévié
15 tangentielllement dans le rotor puis sa direction est partiellement compensée dans le stator. La déviation provient notamment de la réduction de la dimension radiale de la veine (du fait de la bosse) qui pour un débit constant augmente la vitesse ;
- 20 - chaque bosse a un sommet à une hauteur radiale relativement à la portion axisymétrique et chaque creux a un fond à une profondeur radiale relativement à la portion axisymétrique, l'étage comprenant un extrémum rotorique correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale du sommet et de la profondeur radiale du fond des portions non-axisymétriques de la surface de liaison rotorique ; et l'étage comprend un extrémum statorique
25 correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale du sommet et de la profondeur radiale du fond des portions non-axisymétriques de la surface de liaison statorique, la valeur de l'extrémum rotorique étant d'environ 40% à 60% de la valeur de l'extrémum statorique. Optionnellement, cette plage peut être portée à 46-54%. Selon cette conception, le flux est moyennement
30 dévié tangentielllement dans un sens inverse à celui de l'exemple précédent, puis sa direction est surcompensée dans le stator. ;
- le sommet de la bosse du support rotorique et le sommet de la bosse du support statorique sont agencés à une distance axiale des bords d'attaques des aubes

respectives comprise entre 25 et 50% de la corde des aubes respectives, préférentiellement les distances axiales des sommets des bosses du support rotorique et du support statorique par rapport aux bords d'attaque respectifs sont égales en proportion de la corde des aubes respectives. Alternativement, les

5 distances relatives proportionnelles sont différentes entre le support rotorique et le support statorique. Dans les deux cas, les deux sommets peuvent être par exemple à une distance d'environ 25% ou de 40% de leur bord d'attaque, proportionnellement à la corde des aubes respectives. Ceci permet une certaine versatilité dans le choix de la courbure en amont et en aval du sommet.

10 Idéalement, la pente peut être forte en amont du sommet pour forcer le flux d'air à suivre la bosse puis une pente plus douce en aval du sommet évite un décollement. En positionnant le sommet dans le tiers amont (25 à 50%), la bosse peut s'étendre axialement sur une plus longue distance en aval du sommet et ainsi permettre cette pente douce. Une absence de décollement en sortie du rotor

15 permet un meilleur « impact » du flux sur la bosse du stator. Il y a de plus un aspect de réaction car le fait que la bosse de stator soit dans sa partie amont assure une réduction de section radiale dans le stator au voisinage du rotor. Cette réduction renforce aussi l'adhérence du flux sur la pente « douce » du rotor ;

- le creux du support rotorique est accolé à l'intrados d'une aube rotorique et

20 dispose d'un fond positionné axialement à une distance du bord d'attaque de l'aube rotorique d'environ 75% de la corde des aubes rotoriques. Cette valeur peut être comprise entre 60 et 90%. Un creux accolé à l'intrados permet une meilleure progressivité de la géométrie que rencontre le flux (deux surfaces concaves adjacentes, l'intrados et le creux). Cela évite des effets de coin qui

25 seraient créés par une forme trop angulaire (en l'absence de creux : surface axisymétrique convexe rencontrant l'intrados). L'effet de coin est d'autant plus important que le flux est comprimé par l'éventuelle bosse dans la moitié amont du support rotorique. Cette progressivité de la géométrie que rencontre le flux permet également une direction du flux en sortie du rotor mieux contrôlée pour

30 l'entrée dans le stator ;

- la bosse du support rotorique est accolée à l'extrados d'une aube rotorique. L'effet recherché est à rapprocher de ce qui est discuté ci-dessus pour le creux accolé à l'intrados ;

- la bosse du support rotorique s'étend sensiblement d'un bord d'attaque d'une aube rotorique au bord d'attaque d'une aube rotorique circonférentiellement adjacente ;
- la bosse du support statorique est accolée à l'intrados d'une aube statorique et
5 s'étend axialement sur au moins 75%, préférentiellement sur 100%, de la corde des aubes statoriques, le sommet de cette bosse étant préférentiellement accolé à l'intrados de l'aube statorique. Contrairement à l'intrados du rotor (voir ci-dessus), l'intrados du stator « voit » un flux d'air qui a déjà une vitesse tangentielle. Le flux doit être redressé, c'est-à-dire que la composante
10 tangentielle de la vitesse doit être ramenée à zéro. Une bosse au voisinage de, et allant jusqu'à l'intrados limite les turbulences que le « rebond » du flux d'air peut générer. Ces potentielles turbulences sont d'autant plus importantes que la déviation tangentielle résultant des irrégularités du rotor est grande ;
- la valeur de l'extrémum rotorique est comprise entre 4 et 8% de la corde des
15 aubes rotoriques et/ou la valeur de l'extrémum statorique est comprise entre 4 et 8% de la corde des aubes statoriques, et les extrémums valent préférentiellement environ 6% de la corde respective. Ce « facteur de forme » des irrégularités permet de s'assurer un effet suffisant sans que les irrégularités ne forment un obstacle à l'écoulement. On cumule ainsi les meilleurs effets en sortie du rotor
20 pour l'entrée dans le stator et il n'y a pas d'obstacle sur le stator qui perturberaient par réaction l'écoulement dans le rotor ;
- le support rotorique comprend exactement une bosse et exactement un creux, disposés de part et d'autre d'une ligne théorique reliant le bord d'attaque d'une aube donnée et le bord de fuite d'une aube circonférentiellement adjacente, et
25 du côté intrados de ladite aube donnée. Ceci crée une sorte de couloir qui permet une plus forte déviation tangentielle de l'écoulement. Le flux d'air au contact du support rotorique est ainsi dirigé selon une direction qui peut être parallèle à la direction de la corde des aubes statoriques ;
- le creux du support statorique est disposé circonférentiellement à équidistance
30 environ de deux aubes circonférentiellement adjacentes, et préférentiellement axialement à une distance des bords d'attaque des aubes statoriques d'environ 75% de la corde des aubes statoriques. Ce creux permet d'homogénéiser le flux

en sortie de l'étage de compression. Il est d'autant plus utile que les déviations tangentielles au niveau du rotor sont grandes ;

- le support statorique est dépourvue de creux et comprend une bosse disposée circonférentiellement environ à équidistance de deux aubes circonférentiellement adjacentes. Ici également, l'homogénéité du flux en sortie de stator est recherchée et en particulier au voisinage des deux aubes, permettant ainsi de bien maîtriser la direction axiale du flux d'air en sortie de l'étage de compression ;
- la bosse du support statorique s'étend de l'extrados d'une aube jusqu'à l'intrados d'une aube circonférentiellement adjacente. Ceci permet de s'assurer d'un flux homogène en sortie de l'étage de compression sur tout l'espace inter-aubes ;
- le creux du support rotorique s'étend circonférentiellement sur environ un quart de la distance inter-aubes. Un creux plus important laisse moins de flexibilité sur la disposition et l'étendue de la bosse. Un creux bien plus faible a moins d'action sur l'écoulement du flux ;
- la hauteur radiale du sommet de la bosse du support rotorique vaut entre 40 et 60% de la profondeur du fond du creux du support rotorique, qui elle-même mesure entre 40 et 60% de la hauteur radiale du sommet de la bosse du support statorique, en valeurs absolues. Ces intervalles montrent des effets sur le rendement du compresseur particulièrement intéressants.

La géométrie du rotor et la géométrie du stator peuvent notamment être obtenues par un procédé de dimensionnement comprenant : le paramétrage d'une pluralité de splines sur le support rotorique, circonférentiellement distribuées et définies chacune par deux points respectifs ; le paramétrage d'une pluralité de splines sur le support statorique, circonférentiellement distribuées et définies chacune par deux points respectifs ; la simulation de l'écoulement de l'air; et une ou plusieurs itérations d'affinage des valeurs des coordonnées des points en fonction des résultats de la simulation.

Avantages apportés

- La conception intégrée de la partie tournante et de la partie fixe de l'étage de compresseur permet d'obtenir une meilleure compression dans le passage inter-aubes. L'association des irrégularités non-axisymétriques sur le rotor et sur le

stator directement en aval du rotor permet un effet synergétique d'amélioration de l'écoulement du flux. Des choix précis de bosses ou creux sur le rotor, combinés à des choix précis de bosses ou creux sur le stator, et en particulier leur profondeurs/hauteurs respectives permettent, d'une part, d'augmenter le gradient de pression à travers le passage inter-aubes rotorique, induisant ainsi une plus forte déviation tangentielle de l'écoulement, de l'intrados d'une aube vers l'extrados de sa voisine, et d'autre part, d'atténuer le gradient de pression dans le passage inter-aubes du stator, en accélérant l'écoulement sur l'intrados et en le décélérant sur l'extrados. Ainsi, l'écoulement secondaire est réduit et le réalignement axial de l'écoulement à la sortie du stator est facilité. C'est donc bien la combinaison des bosses et creux du rotor et du stator qui impactent ensemble l'écoulement, mieux qu'il ne serait amélioré par des bosses et creux conçus indépendamment sur le rotor ou le stator.

En effet, il a été observé avec les exemples de conception décrits dans la présente demande, que l'amélioration de l'écoulement lorsqu'à la fois le rotor et le stator directement en aval du rotor sont pourvus d'irrégularités est bien meilleure que l'amélioration combinée d'une turbomachine avec seulement le rotor et d'une turbomachine avec seulement le stator, pourvu d'irrégularités.

Brève description des dessins

La figure 1 représente une turbomachine axiale.

La figure 2 est un schéma d'un compresseur de turbomachine avec un étage de compresseur selon l'invention.

La figure 3 montre l'étage de compresseur vu depuis un rayon.

Les figures 4 et 5 illustrent un premier mode de réalisation d'un étage de compresseur en vue selon un rayon et en coupe transversale.

Les figures 6 et 7 illustrent un second mode de réalisation d'un étage de compresseur en vue selon un rayon et en coupe transversale.

La figure 8 décrit un procédé selon l'invention.

Description des modes de réalisation

Dans la description qui va suivre, les termes « interne » et « externe » renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation d'une turbomachine axiale. La direction axiale correspond à la direction le long de l'axe de rotation de la

turbomachine, les longueurs étant mesurées axialement. Les largeurs sont mesurées selon la circonférence. La direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'amont et l'aval sont en référence au sens d'écoulement principal du flux dans la turbomachine.

- 5 Les dimensions des figures ne sont pas à l'échelle et en particulier les épaisseurs ou les dimensions radiales sont exagérées pour faciliter la lecture des figures.

La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale. Il s'agit dans ce cas précis d'un turboréacteur double-flux. Le turboréacteur 2 comprend un compresseur basse-pression 4, un compresseur haute-pression 6, une
10 chambre de combustion 8 et un ou plusieurs niveaux de turbines 10. En fonctionnement, la puissance mécanique de la turbine 10 transmise via l'arbre central jusqu'au rotor 12 met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6. Ces derniers comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stator. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet
15 ainsi de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 8.

Une soufflante 16, est couplée au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 et en un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté). Le flux secondaire est accéléré pour générer une
20 réaction de poussée utile au vol d'un avion. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont annulaires.

La figure 2 est une vue en coupe d'un compresseur d'une turbomachine axiale telle que celle de la figure 1. Le compresseur peut être le compresseur basse-pression 4. On peut y observer une partie de la soufflante 16 et le bec de
25 séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20.

Le rotor 12 comprend plusieurs rangées d'aubes rotoriques 24, en l'occurrence trois.

Le compresseur 4 comprend plusieurs redresseurs, en l'occurrence quatre, qui contiennent chacun une rangée d'aubes statoriques 25. Les redresseurs sont
30 associés au fan 16 ou à une rangée d'aubes rotoriques 24 pour redresser le flux

d'air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression, notamment en pression statique.

Les aubes rotoriques 24 peuvent s'étendre radialement depuis un support rotorique 26 qui peut être une plateforme à queue d'aronde, une couronne interne
5 de tambour monobloc aubagé ou tout autre type de support d'un rotor composite.

Les aubes statoriques 25 s'étendent essentiellement radialement depuis un carter extérieur 28. Elles peuvent y être fixées et immobilisées à l'aide d'axes de fixation 30. Elles traversent radialement le flux primaire 18. Les aubes statoriques
10 peuvent être à corde fixe par rapport au carter 28. Avantageusement, les aubes d'une même rangée sont identiques et alignées. Chaque rangée peut comprendre au moins cent aubes 24, 25.

Des supports statoriques 32 peuvent être suspendus aux extrémités internes des aubes statoriques 25. Les supports statoriques 32 peuvent coopérer de manière étanche avec le rotor 12.

15 Le compresseur comprend trois étages 34 de compression, composés chacun d'une rangée d'aubes rotoriques 24 suivie d'une rangée d'aubes statoriques 25.

La figure 3 esquisse deux aubes rotoriques 24A, 24B représentatives d'une rangée annulaire d'aubes rotoriques et trois aubes statoriques 25A, 25B, 25C
20 représentatives d'une rangée annulaire d'aubes statoriques, vues radialement depuis l'extérieur.

L'axe de rotation 14 est tracé à une position figurative pour fournir un repère spatial.

Les aubes rotoriques 24 tournent dans le sens indiqué par la flèche 36. La direction générale d'écoulement du flux est indiquée par la flèche 18. Cette
25 direction est donnée comme repère pour cette figure car localement et en particulier entre les aubes rotoriques 24 et les aubes statoriques 25 la direction d'écoulement diffère de la direction 18.

Les aubes rotoriques 24 sont portées par le support 26 et les aubes statoriques 25 sont portées par le support statorique 32. Les aubes 24, 25 ont respectivement
30 un bord d'attaque 40, 41, un bord de fuite 42, 43, un extrados 44, 45 et un intrados 46, 47.

Le support 26 et le support 32 définissent une surface de liaison respective 48, 49, qui guide le flux d'air radialement intérieurement et qui s'étend de l'extrados 44, 45 d'une aube 24A, 25A à l'intrados 46, 47 d'une aube directement circonférentiellement adjacente 24B, 25B. Cette surface de liaison 48, 49
5 comprend une portion axisymétrique 50, 51 (cylindrique, conique, ellipsoïde, sphérique...) autour de l'axe 14 et une portion non-axisymétrique 52, 53.

La portion non-axisymétrique 52 du support rotorique 26 peut comprendre une ou plusieurs bosse(s) et/ou un ou plusieurs creux. La portion non-axisymétrique 53 du support 32 peut comprendre une ou plusieurs bosse(s) et/ou un ou
10 plusieurs creux. Ces surfaces non-axisymétriques 52, 53 sont illustrées de manière schématique sur la figure 3. Deux modes de réalisation de l'invention (figures 4 et 6) illustrent ceci de manière plus précise.

La surface de liaison 48, 49, l'extrados d'une aube 24A, 25A et l'intrados d'une aube directement circonférentiellement adjacente 24B, 25B, définissent un
15 passage inter-aubes respectif.

La corde des aubes, qui est identique pour toutes les aubes d'une rangée d'aubes donnée, est notée CR (corde rotorique) et CS (corde statorique). La corde est un segment qui s'étend du bord d'attaque au bord de fuite.

La figure 4 est identique à la figure 3 mais est déchargée de la plupart des
20 numéros de référence pour en améliorer la clarté. La figure 4 se concentre sur les portions non-axisymétriques 52, 53 selon un premier mode de réalisation.

On y observe en particulier les lignes de niveaux qui marquent les variations radiales des bosses 54, 56 et des creux 55, 57 par rapport à la portion axisymétrique 50, 51. Pour plus de clarté, seul un espace inter-aubes est
25 représenté avec ces bosses et creux mais les motifs sont répétés régulièrement circonférentiellement autour de l'axe 14, pour tout ou partie des espaces inter-aubes.

Sur le support 26, la bosse 54 et le creux 55 se situent de part et d'autre d'une ligne A reliant le bord d'attaque 40 de l'aube 24B au bord de fuite 42 de l'aube
30 24A, la ligne A étant située du côté intrados de l'aube 24B. La ligne A peut former sensiblement un axe d'antisymétrie pour la bosse 54 et le creux 55.

La bosse 54 a un sommet 60 matérialisant le point de la bosse 54 le plus éloigné radialement de la surface axisymétrique 50. Le creux 55 a un fond 61 matérialisant le point du creux 55 le plus éloigné radialement de la surface axisymétrique 50.

- 5 Il en est de même pour le support statorique 32 : la bosse 56 a un sommet 62 matérialisant le point de la bosse 56 le plus éloigné radialement de la surface axisymétrique 51. Le creux 57 a un fond 63 matérialisant le point du creux 57 le plus éloigné radialement de la surface axisymétrique 51.

Dans l'exemple de la figure 4, la bosse 54 s'étend circonférentiellement
10 sensiblement du bord d'attaque 40 de l'aube 24A au bord d'attaque de l'aube 24B – c'est-à-dire qu'elle occupe au moins 80% ou au moins 90% de la distance inter-aube (notée T sur la figure 6) au voisinage des bords d'attaque 40. La bosse 54 s'étend également sur la majeure partie de l'extrados 44 de l'aube 24A, c'est-à-dire plus de 50% de l'extrados 44, et dans l'exemple précis de la figure 4, plus
15 de 90% de l'extrados 44. Elle est accolée à l'extrados 44 de l'aube 24A et le sommet 60 peut être au voisinage, voire au contact de l'extrados 44.

Le creux 55 s'étend circonférentiellement sur environ 75% de la distance inter-aubes et s'étend le long de l'intrados 46 de l'aube 24B sur environ la moitié aval de l'aube 24B. Il est accolé à l'intrados 46 de l'aube 24B et le fond 61 peut être
20 au voisinage, voire au contact de l'intrados 46.

Côté support statorique 32, la bosse 56 s'étend substantiellement d'un bord d'attaque 41 à l'autre et axialement le long de l'intrados 47 de l'aube 25A. La bosse 56 peut s'étendre autour du bord de fuite 43.

Le creux 57 est situé environ au milieu de l'espace inter-aubes, c'est-à-dire à
25 équidistance des aubes 25A et 25B.

La figure 5 illustre une vue en coupe de l'étage 34 de la figure 4 selon l'axe segmenté V:V défini en figure 4.

Dans cet exemple, la surface axisymétrique 50, 51 est un cylindre de rayon R mais les enseignements de la présente invention s'appliquent également pour
30 d'autres surfaces axisymétriques.

La hauteur des sommets 60, 62 est notée H60 et H62. La profondeur des fonds 61, 63 est notée P61 et P63.

Dans ce premier mode de réalisation, la hauteur H60 est plus grande que la profondeur P61, en valeur absolue et la hauteur H62 est plus grande que la
5 profondeur P63, en valeur absolue.

Soit ER l'extrémum rotorique correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale H60 du sommet 60 et de la profondeur radiale P61 du fond 61 des portions non-axisymétriques 52 de la surface de liaison rotorique (48). Soit ES l'extrémum statorique correspondant à la plus grande des valeurs
10 absolues de la hauteur radiale H62 du sommet 62 et de la profondeur radiale P63 du fond 63 des portions non-axisymétriques 53 de la surface de liaison statorique 49. On a dans ce cas $ER=H60$ et $ES=H62$.

Selon l'invention, ER/ES ou ES/ER est compris entre 40% et 60%.

Selon un mode avantageux, ER et ES valent entre 4 et 8% de la corde CR et CS
15 de leurs aubes respectives 24, 25.

Sur le mode de réalisation des figures 4 et 5, le ratio ES/ER vaut entre 40% et 60%.

En termes de valeurs de ces extrémums, ER peut être par exemple compris entre 2 et 4 mm et ES peut être compris entre 0,8 et 2,4 mm. Bien entendu, ces valeurs
20 ne sont que des exemples et sont à rapprocher des dimensions générales (hauteur, longueur axiale et épaisseur) des aubes 24, 25.

La position axiale des sommets 60, 62 et des fonds 61, 63 relativement à une ligne moyenne des bords d'attaque 40, 41 est notée X60, X61, X62, X63.

Selon un mode de réalisation optionnel de l'invention, la position relative X60, X61, X62, X63 des sommets 60, 62 et/ou des fonds 61, 63 est sensiblement
25 identique, proportionnellement aux cordes (CR, CS, voir figure 3) : $X60/CR \approx X62/CS$ et/ou $X61/CR \approx X63/CS$. Ces ratios peuvent être compris, pour ce qui est des sommets 60, 62, entre 15% et 40%, préférentiellement environ 25%, et pour ce qui est des fonds 61, 63, entre 60% et 80%.

Les figures 6 et 7 illustrent un second mode de réalisation de l'invention d'un étage 134 de compresseur. Les éléments identiques au premier mode de réalisation conservent leurs numéros de référence. Les éléments distincts sont incrémentés de 100 par comparaison aux figures 4 et 5. Dans les paragraphes
5 qui suivent, les figures 6 et 7 sont décrites ensemble.

Dans cet exemple, la bosse 154, qui s'étend sensiblement d'un bord d'attaque à l'autre a pour sommet 160 et le creux 155 a pour fond 161. La profondeur P161 du creux 155 est plus grande (en valeur absolue) que la hauteur H160 de la bosse 154. Ainsi, l'extrémum rotorique ER vaut $|P161|$.

10 Le support statorique 32 ne comprend dans cet exemple qu'une bosse 156 et pas de creux. Le sommet 162 est à une hauteur H162 au-dessus de la surface 51. ES vaut donc H162.

Comme l'illustre schématiquement la figure 7, le rapport ER/ES vaut environ 55%.

15 Dans cet exemple aussi, les ratios X160/CR et X162/CS sont voisins et valent environ 25%.

La notation T matérialise la distance inter-aubes. Dans cet exemple, le creux occupe circonférentiellement au maximum 25% de cette distance et la bosse en occupe au moins la moitié. Le creux s'étend dans la moitié aval du support
20 statorique.

Une ligne théorique B matérialise un couloir entre la bosse 154 et le creux 155, le couloir étant une portion axisymétrique. La ligne théorique C matérialise la terminaison aval de la bosse et du creux. Dans cet exemple, les lignes B et C sont sensiblement perpendiculaires. Les risques de turbulence en sortie de rotor
25 sont ainsi réduits.

La figure 8 illustre un exemple d'étapes d'un procédé qui peut être suivi pour déterminer la géométrie du stator et du rotor de façon optimale. Des splines dessinant les bosses et/ou creux inter-aubes sont définies à l'étape 1000 au moyen de paramètres, comme par des coordonnées de points clés des splines.
30 Une étape de simulation de l'écoulement est effectuée à l'étape 1100. À l'étape 1200, les résultats de la simulation sont analysés et comparés à des résultats de

précédentes simulations. Si les résultats sont en deçà d'un indicateur donné, de nouveaux paramètres sont définis et une nouvelle simulation est effectuée. Finalement, à l'étape 1300, des paramètres satisfaisants et les courbes correspondantes sont retenus. Le procédé peut comprendre une étape de
5 fabrication d'un étage de compresseur correspondant à la géométrie simulée.

Dans la présente demande, les termes « creux » et « bosse » sont employés par facilité pour qualifier toute géométrie allant respectivement radialement en-deçà ou au-delà d'une géométrie nominale. Ces termes sont donc synonymes de « dépression » et « élévation ».

Revendications

1. Étage (34, 134) de compresseur (4 ; 6) de turbomachine (2), notamment un compresseur basse-pression (4) de turbomachine, l'étage (34) comprenant :
- un support rotorique (26) et une rangée annulaire d'aubes rotoriques (24) s'étendant radialement extérieurement depuis le support rotorique (26), le support rotorique (26) définissant une surface de liaison rotorique (48) entre deux aubes rotoriques (24A, 24B) circonférentiellement adjacentes ;
 - un support statorique (32) et une rangée annulaire d'aubes (25) s'étendant radialement extérieurement depuis le support statorique (32), le support statorique (32) définissant une surface de liaison statorique (49) entre deux aubes statoriques (25A, 25B) circonférentiellement adjacentes ;
- la rangée annulaire d'aubes statoriques (25) étant positionnée directement en aval de la rangée annulaire d'aubes rotoriques (24) ;
- les surfaces de liaison (48, 49) étant chacune pourvues de portions axisymétriques (50, 51) et de portions non-axisymétriques (52, 53), ces dernières (52, 53) comprenant une bosse (54, 56, 154, 156) et/ou un creux (55, 57, 155) entre deux aubes (24A, 24B, 25A, 25B) circonférentiellement adjacentes.
2. Étage (34) de compresseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque bosse (54, 56) a un sommet (60, 62) à une hauteur radiale (H60, H62) relativement à la portion axisymétrique (50, 51) et chaque creux (55, 57) a un fond (61, 63) à une profondeur radiale (P61, P63) relativement à la portion axisymétrique (50, 51), l'étage (34) comprenant un extrémum rotorique (ER) correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale (H60) du sommet (60) et de la profondeur radiale (P61) du fond (61) des portions non-axisymétriques (52) de la surface de liaison rotorique (48) ; et l'étage (34) comprend un extrémum statorique (ES) correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale (H62) du sommet (62) et de la profondeur radiale (P63) du fond (63) des portions non-axisymétriques (53) de la surface de liaison statorique (49), la valeur de l'extrémum statorique (ES) étant d'environ 40% à 60% de la valeur de l'extrémum rotorique (ER).

3. Étage (134) de compresseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque bosse (154, 156) a un sommet (160, 162) à une hauteur radiale (H160, H162) relativement à la portion axisymétrique (50, 51) et chaque creux (155) a un fond (161) à une profondeur radiale (P161) relativement à la portion axisymétrique (50, 51), l'étage (134) comprenant un extrémum rotorique (ER) correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale (H160) du sommet (160) et de la profondeur radiale (P161) du fond (61, 161) des portions non-axisymétriques (52) de la surface de liaison rotorique (48) ; et l'étage (134) comprend un extrémum statorique (ES) correspondant à la plus grande des valeurs absolues de la hauteur radiale (H162) du sommet (162) et de la profondeur radiale du fond des portions non-axisymétriques (53) de la surface de liaison statorique (49), la valeur de l'extrémum rotorique (ER) étant d'environ 40% à 60% de la valeur de l'extrémum statorique (ES).
4. Étage (34, 134) de compresseur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le sommet (60, 160) de la bosse (54, 154) du support rotorique (26) et le sommet (62, 162) de la bosse (56, 156) du statorique (32) sont agencés à une distance axiale (X60, X62, X160, X162) des bords d'attaques (40, 41) des aubes (24, 25) respectives comprise entre 25 et 50% de la corde (CR, CS) des aubes respectives (24, 25), préférentiellement les distances axiales (X60, X62, X160, X162) des sommets (60, 62, 160, 162) des bosses (54, 56, 154, 156) du support rotorique (26) et du support statorique (32) par rapport aux bords d'attaque (40, 41) respectifs sont égales en proportion de la corde (CR, CS) des aubes respectives (24, 25).
5. Étage (34, 134) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le creux (55, 155) du support rotorique (26) est accolé à l'intrados (46) d'une aube rotorique (24B) et dispose d'un fond (61, 161) positionné axialement à une distance du bord d'attaque (40) de l'aube rotorique (24B) d'environ 75% de la corde (CR) des aubes rotoriques (24).

6. Étage (34, 134) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la bosse (54, 154) du support rotorique (26) est accolée à l'extrados (44) d'une aube rotorique (24A).
- 5 7. Étage (34, 134) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la bosse (54, 154) du support rotorique (26) s'étend sensiblement d'un bord d'attaque (40) d'une aube rotorique (24A) au bord d'attaque (40) d'une aube rotorique (24B) circonférentiellement adjacente.
- 10 8. Étage (34, 134) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la bosse (56, 156) du support statorique (32) est accolée à l'intrados (45) d'une aube statorique (25A) et s'étend axialement sur au moins 75%, préférentiellement sur 100%, de la corde (CS) des aubes statoriques (25), le sommet (62, 162) de cette bosse étant préférentiellement accolé à l'intrados (45) de l'aube statorique (25A).
- 15 9. Étage (34, 134) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la valeur de l'extrémum rotorique (ER) est comprise entre 4 et 8% de la corde (CR) des aubes rotoriques (24) et/ou la valeur de l'extrémum statorique (ES) est comprise entre 4 et 8% de la corde (CS) des aubes statoriques (25) et les extrémums (ER, ES) valent préférentiellement environ 6% de la corde respective.
- 20 10. Étage (34) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le support rotorique (26) comprend exactement une bosse (54) et exactement un creux (55), disposés de part et d'autre d'une ligne théorique (A) reliant le bord d'attaque (40) d'une aube (24B) donnée et le bord de fuite (42) d'une aube (24A) circonférentiellement adjacente à, et du côté intrados (46) de ladite aube donnée (24B).
- 25 11. Étage (34) selon la revendication 10, caractérisé en ce que le creux (57) du support statorique (32) est disposé circonférentiellement à équidistance environ de deux aubes (25A, 25B) circonférentiellement adjacentes, et préférentiellement axialement à une distance (X63) des bords d'attaque (41)

des aubes statoriques (25) d'environ 75% de la corde (CS) des aubes statoriques (25).

- 5 12. Étage (134) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le support statorique (32) est dépourvue de creux et comprend une bosse (156) disposée circonférentiellement environ à équidistance de deux aubes (25A, 25B) circonférentiellement adjacentes.
- 10 13. Étage (134) selon l'une des revendications 1 à 9 ou 12, caractérisé en ce que la bosse (156) du support statorique (32) s'étend de l'extrados (47) d'une aube (25B) jusqu'à l'intrados (45) d'une aube (25A) circonférentiellement adjacente.
14. Étage (134) selon l'une des revendications 1 à 9, 12 ou 13, caractérisé en ce que le creux (155) du support rotorique (26) s'étend circonférentiellement sur environ un quart de la distance inter-aubes (T).
- 15 15. Étage (134) selon l'une des revendications 1 à 9 ou 12 à 13, caractérisé en ce que la hauteur radiale (H160) du sommet (160) de la bosse (154) du support rotorique (26) vaut entre 40 et 60% de la profondeur (P161) du fond (161) du creux (155) du support rotorique (26), qui elle-même mesure entre 40 et 60% de la hauteur radiale (H162) du sommet (162) de la bosse (156) du support statorique (32), en valeurs absolues.

Fig. 1

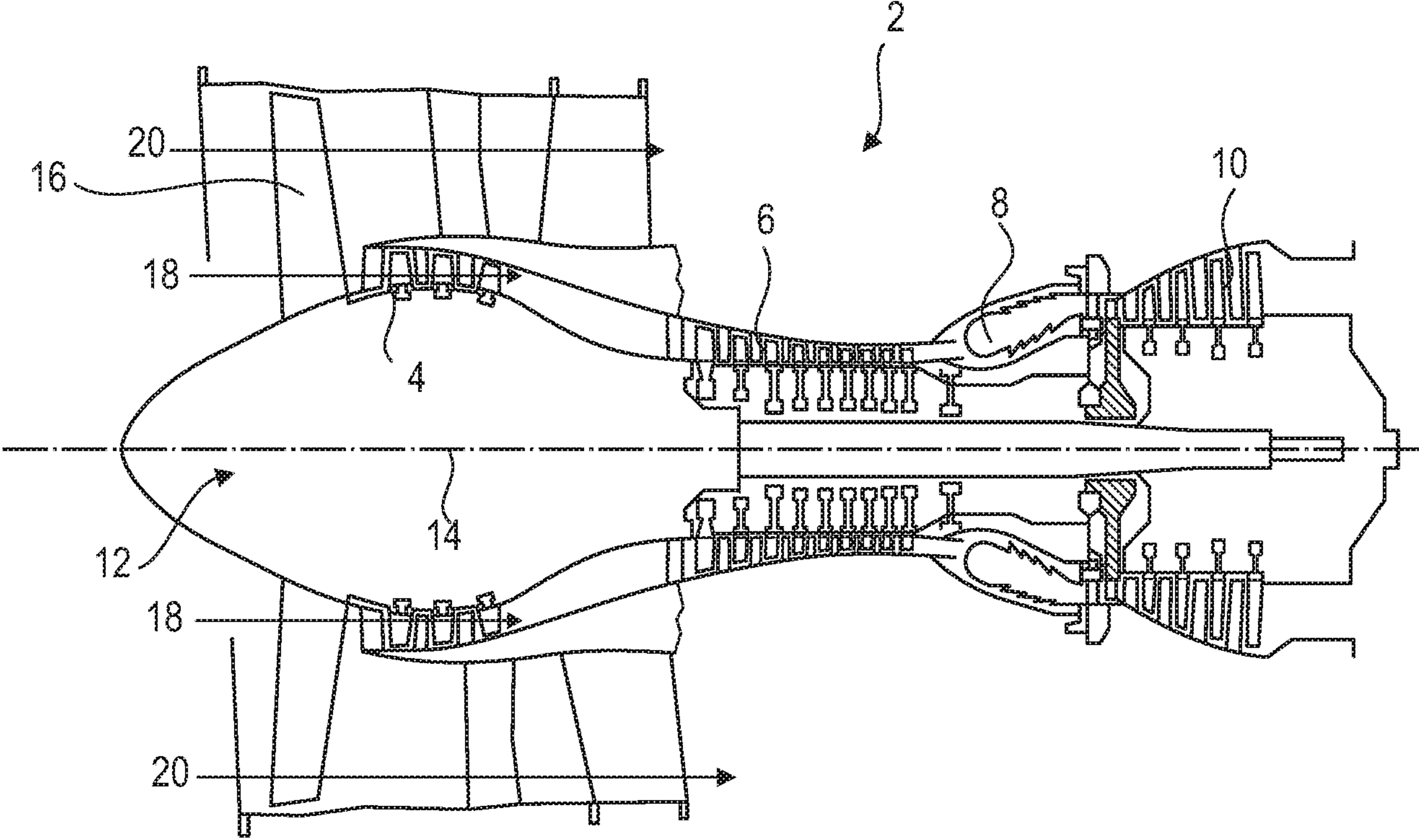


Fig. 2

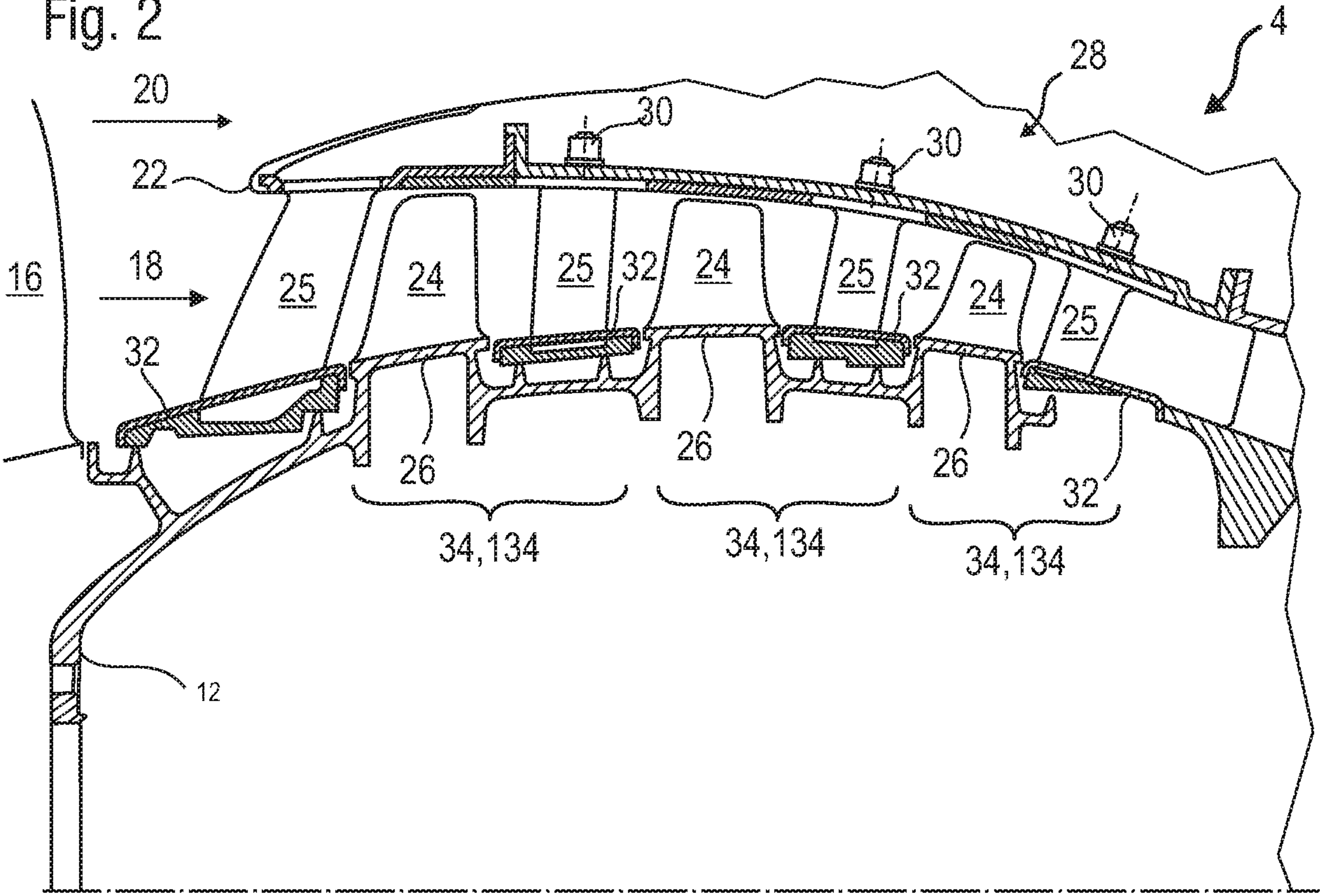


Fig. 3

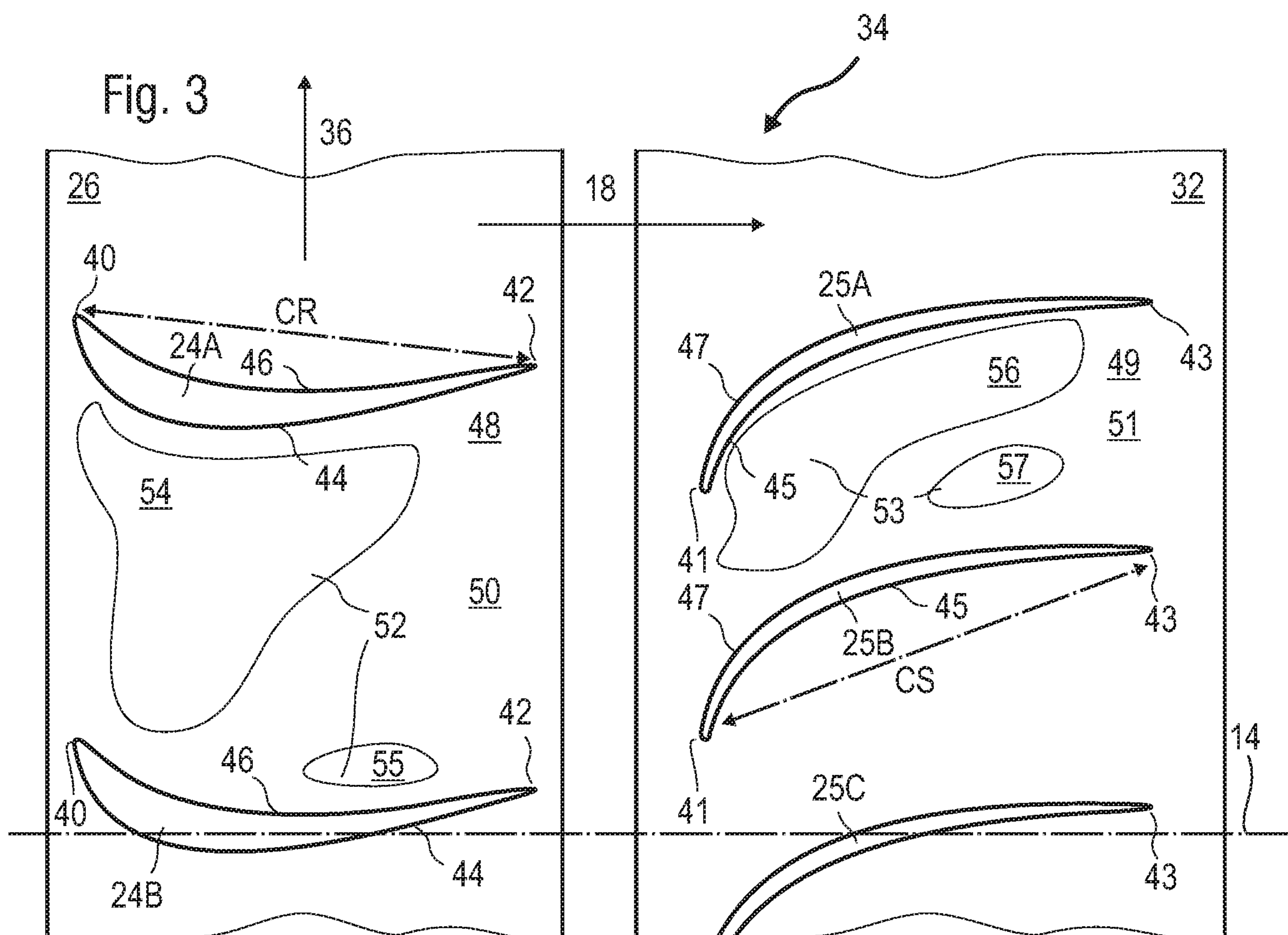


Fig. 4

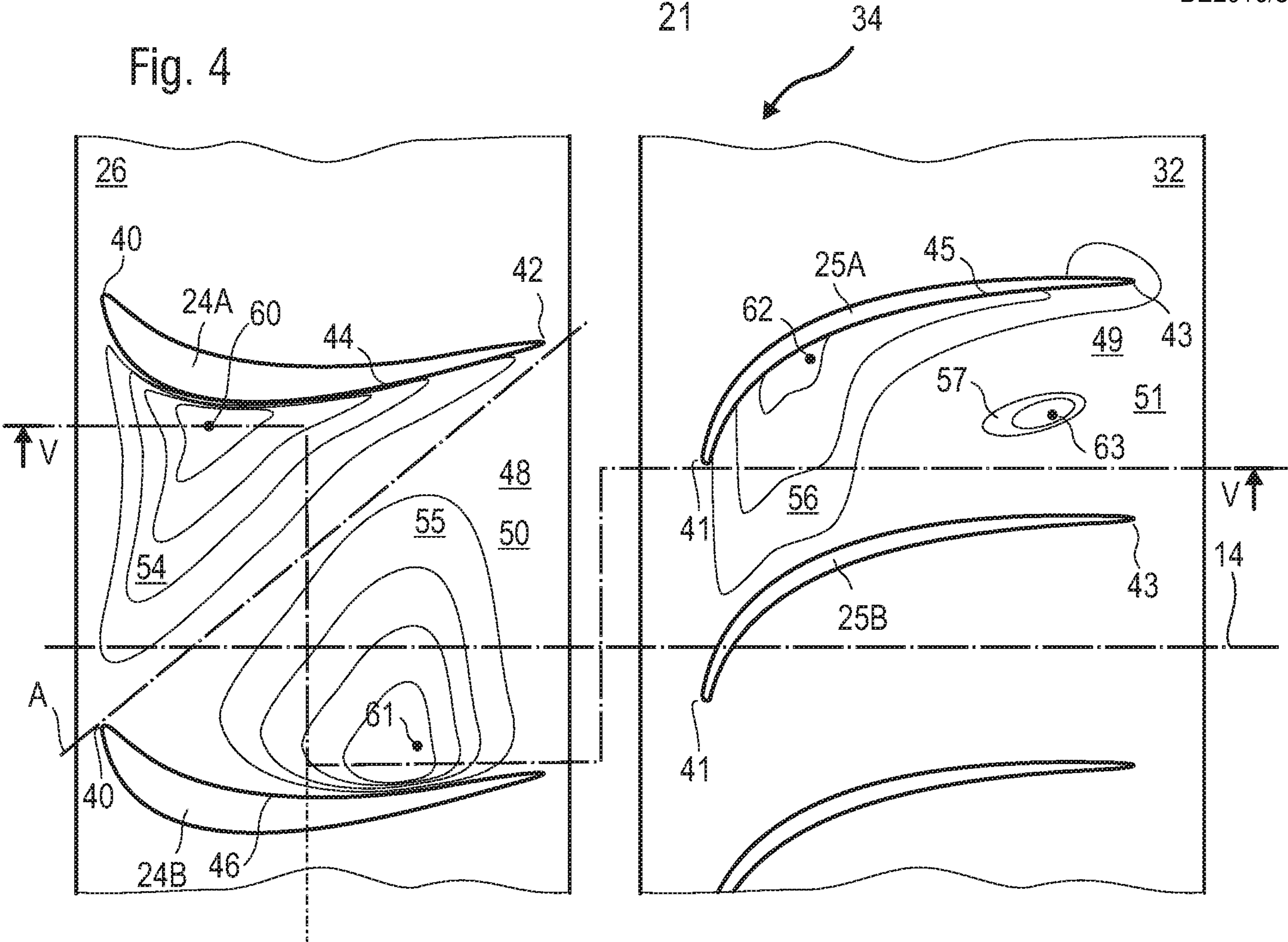


Fig. 5

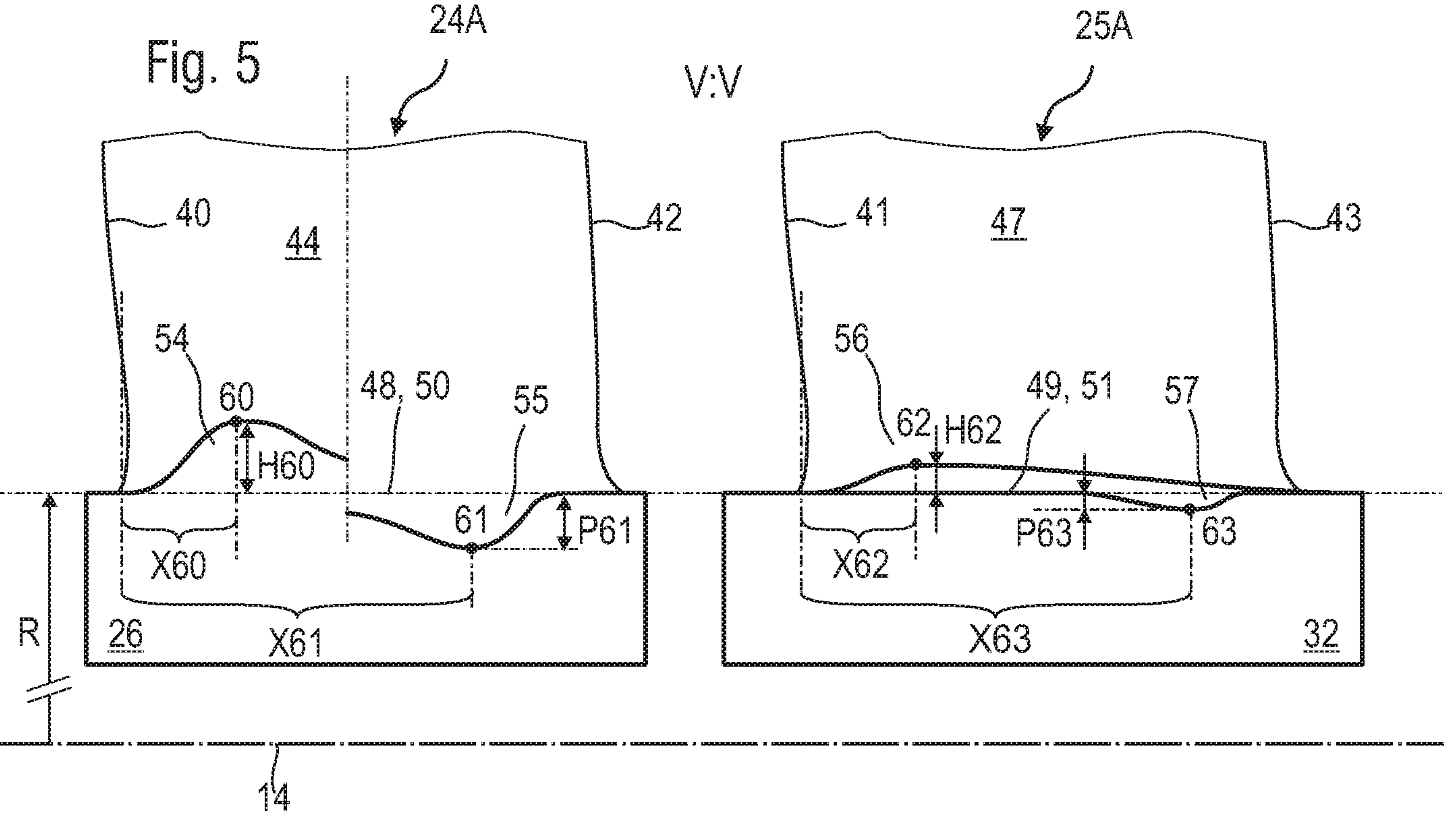


Fig. 6

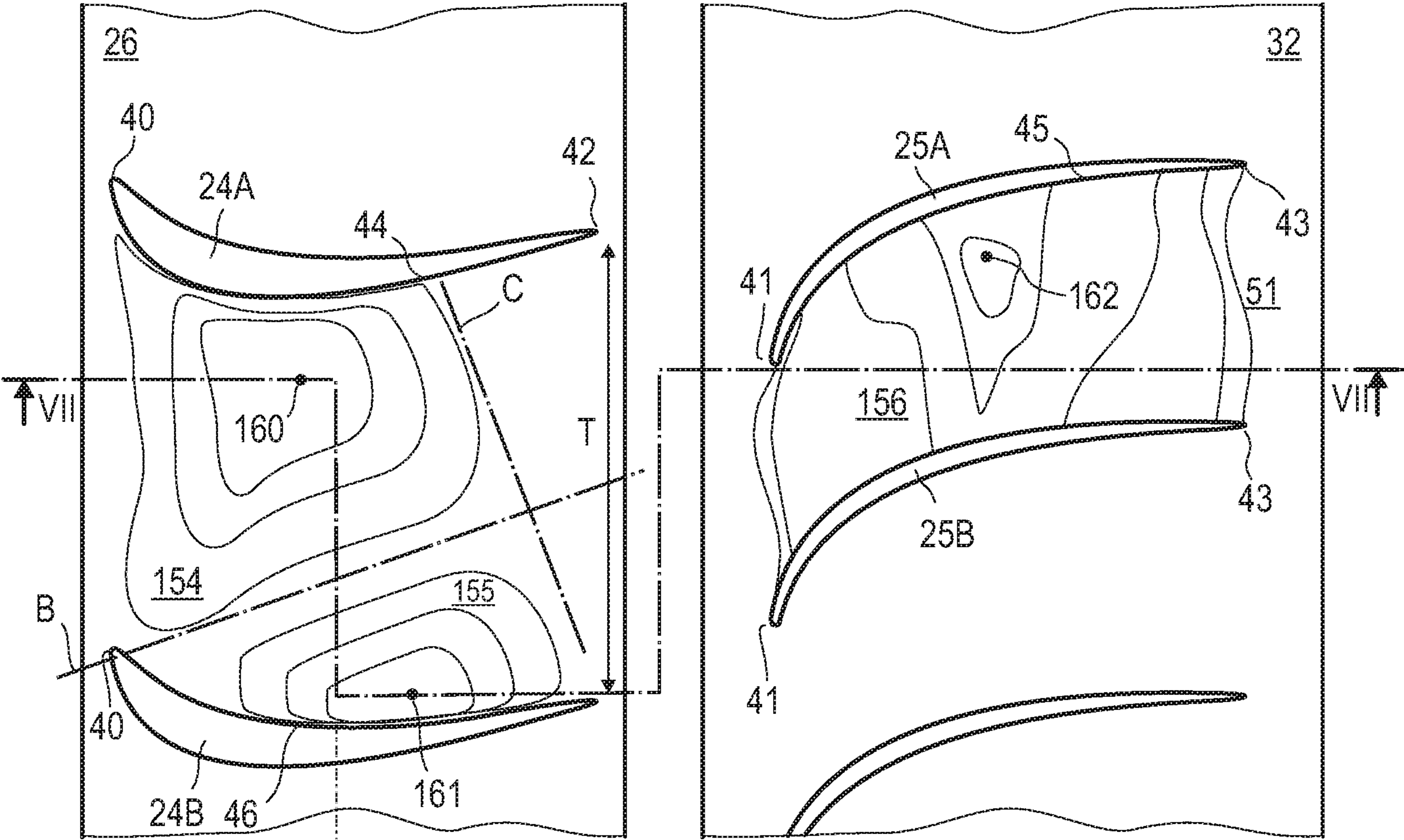


Fig. 7

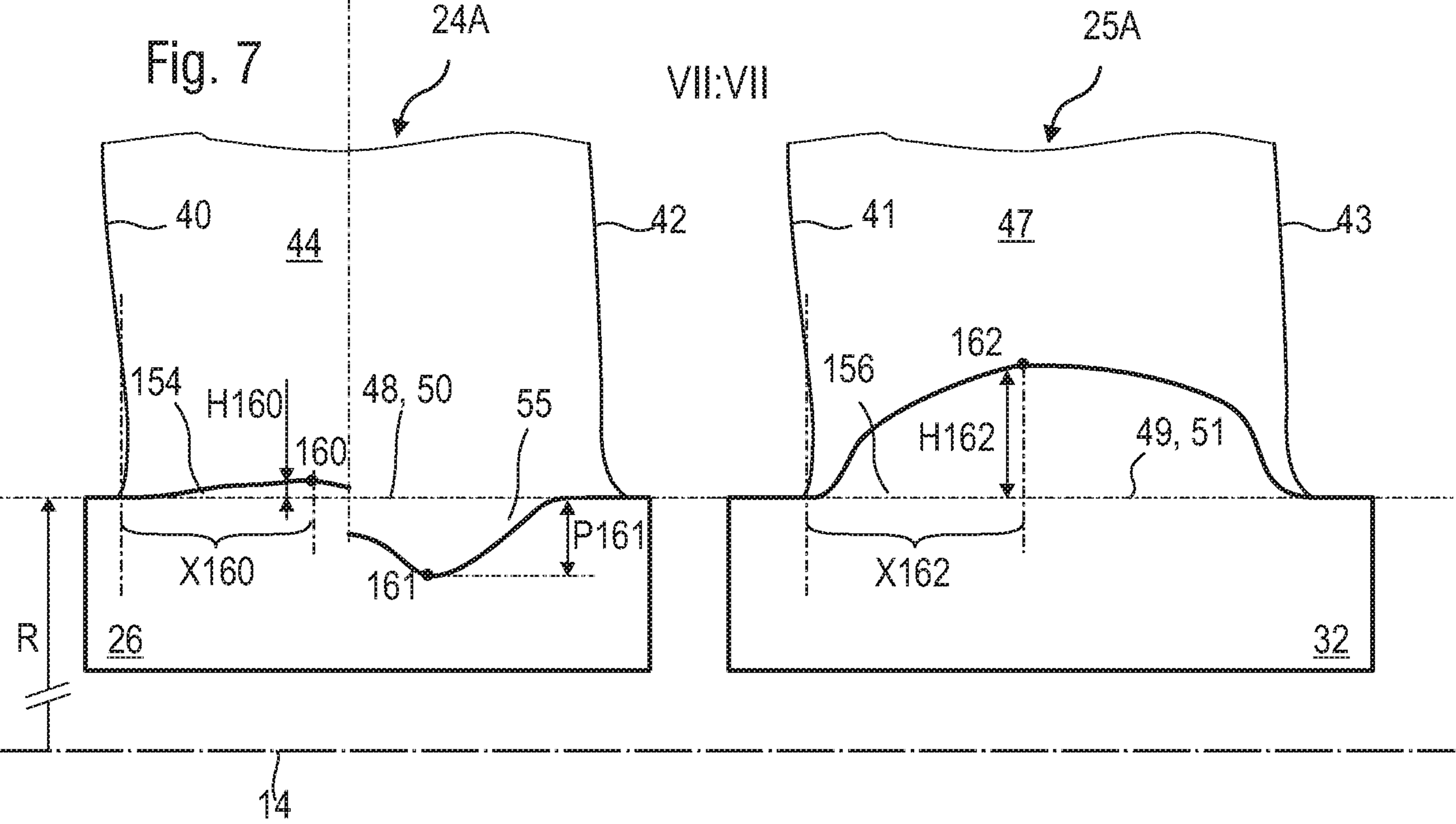
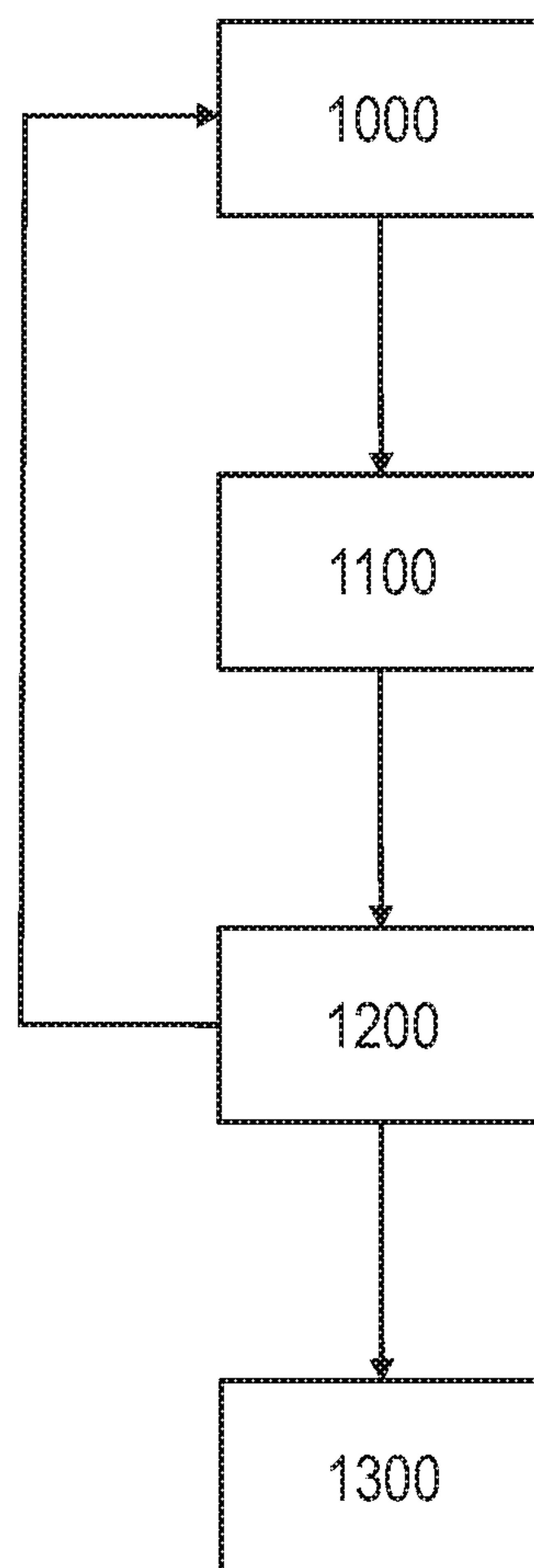


Fig. 8



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X A	US 6 017 186 A (HOEGER MARTIN [DE] ET AL) 25 janvier 2000 (2000-01-25) * colonne 2, ligne 10 - ligne 43 * * colonne 5, ligne 40 - ligne 65 * * revendications 6, 7 * * figures 2, 4C-4F * -----	1-7,9,15 8,10-14	INV. F04D29/32 F01D5/14 F04D29/54 F04D29/68
X A	US 9 512 727 B2 (JOHANN ERIK [DE]; HEINICHEN FRANK [DE] ET AL.) 6 décembre 2016 (2016-12-06) * colonne 5, ligne 1 - ligne 9 * * colonne 7, ligne 45 - ligne 58 * * figures 2-4 * -----	1,6,8,9, 11,13,14 2-5,7, 10,12,15	
X A	US 2019/309628 A1 (BALZER WOLFGANG [US]) 10 octobre 2019 (2019-10-10) * alinéa [0002] * * alinéa [0032] - alinéa [0044] * * figure 3 * -----	1,4, 6-11,13 2,3,5, 12,14,15	
X A	FR 2 938 871 A1 (SNECMA [FR]) 28 mai 2010 (2010-05-28) * page 4, ligne 25 - ligne 31 * * page 5, ligne 24 - ligne 29 * * page 6, ligne 21 - ligne 24 * * figures 2, 5, 6 * -----	1,9,11, 12 2-8,10, 13-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F04D F01D G06F
----- -/--			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C48)

Date d'achèvement de la recherche		Examineur
17 juin 2020		Oliveira, Damien

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	REHMAN ABDUL ET AL: "Numerical Investigation and Non-Axisymmetric Endwall Profiling of a Turbine Stage", JOURNAL OF THERMAL SCIENCE, KEXUE CHUBANSHE, CN, vol. 28, no. 4, 3 juillet 2019 (2019-07-03), pages 811-825, XP036826645, ISSN: 1003-2169, DOI: 10.1007/S11630-019-1154-0 [extrait le 2019-07-03] * abrégé * * figures 4-6 * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 juin 2020		Oliveira, Damien	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.

B0 11967
BE 201905738

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17-06-2020
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6017186 A	25-01-2000	DE 19650656 C1 EP 0846867 A2 ES 2191143 T3 US 6017186 A	10-06-1998 10-06-1998 01-09-2003 25-01-2000
US 9512727 B2	06-12-2016	DE 102011006273 A1 EP 2505783 A2 US 2012251324 A1	04-10-2012 03-10-2012 04-10-2012
US 2019309628 A1	10-10-2019	EP 3550108 A1 US 2019309628 A1	09-10-2019 10-10-2019
FR 2938871 A1	28-05-2010	AUCUN	



OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11967	Date du dépôt(<i>jour/mois/année</i>) 25.10.2019	Date de priorité (<i>jour/mois/année</i>)	Demande n° BE201905738
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F04D29/32 F01D5/14 F04D29/54 F04D29/68			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS société anonyme			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☒ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☒ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

	Examineur Oliveira, Damien
--	-------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE201905738

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément:
 - ☐ un listage de la ou des séquences
 - ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support:
 - ☐ sur papier
 - ☐ sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise:
 - ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - ☐ remis ultérieurement
3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	2, 3, 9, 10, 12, 15
	Non :	Revendications	1, 4-8, 11, 13, 14
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-15
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-15
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VII Irrégularités dans la demande

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande, ont été constatées :

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

1 **Ad point V**

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1.1 Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 US 6 017 186 A (HOEGER MARTIN [DE] ET AL) 25 janvier 2000 (2000-01-25)
- D2 US 9 512 727 B2 (JOHANN ERIK [DE]; HEINICHEN FRANK [DE] ET AL.) 6 décembre 2016 (2016-12-06)
- D3 US 2019/309628 A1 (BALZER WOLFGANG [US]) 10 octobre 2019 (2019-10-10)
- D4 FR 2 938 871 A1 (SNECMA [FR]) 28 mai 2010 (2010-05-28)
- D5 REHMAN ABDUL ET AL: "Numerical Investigation and Non-Axisymmetric Endwall Profiling of a Turbine Stage", JOURNAL OF THERMAL SCIENCE, KEXUE CHUBANSHE, CN, vol. 28, no. 4, 3 juillet 2019 (2019-07-03), pages 811-825, ISSN: 1003-2169, DOI: 10.1007/S11630-019-1154-0 [extrait le 2019-07-03]

1.2 Nonobstant le manque de clarté mentionné ci-dessous (voir point VIII), la présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité pour les raisons suivantes:

1.3 L'objet de la revendication 1 n'est pas nouveau.

1.3.1 Le document D1 divulgue (voir figures 2, 4C, 4E, 4F et description):

un étage de compresseur de turbomachine comprenant :

- un support rotorique (1) et une rangée annulaire d'aubes rotoriques (3) s'étendant radialement extérieurement depuis le support rotorique, le support rotorique définissant une surface de liaison rotorique entre deux aubes rotoriques circonférentiellement adjacentes ;
- un support statorique et une rangée annulaire d'aubes (4) s'étendant radialement extérieurement depuis le support statorique, le support statorique définissant une surface de liaison statorique entre deux aubes statoriques circonférentiellement adjacentes ;

la rangée annulaire d'aubes statoriques étant positionnée directement en aval de la rangée annulaire d'aubes rotoriques ;

les surfaces de liaison étant chacune pourvues de portions axisymétriques et de portions non-axisymétriques, ces dernières comprenant une bosse et/ou un creux entre deux aubes circonférentiellement adjacentes (voir colonne 2, lignes 36-43: "each pressure side contour comprises a first concave contour, while each suction side contour comprises a second concave contour that is less concave than the first concave contour of the pressure side, or a linear contour, or a convex contour, or a combination convex/concave contour").

- 1.3.2 Par conséquent, le document D1 divulgue tous les éléments structurels de l'objet de la revendication 1. L'objet de la revendication 1 n'est donc pas nouveau.
- 1.3.3 Par soucis d'exhaustivité, il convient de mentionner que le document D2 (voir figures 2-4 et description) divulgue aussi l'objet de la revendication 1.
- 1.4 De plus, l'objet de la revendication 1 n'implique pas d'activité inventive compte tenu du document D3 qui divulgue (voir figure 3 et alinéas [0002], [0032]) une surface de liaison entre deux aubes d'un compresseur, laquelle surface comprend deux bosses (98B, 100B) et un creux (102B). En revanche, D3 ne précise pas s'il s'agit d'une surface de liaison rotorique et statorique. Par conséquent, il serait évident pour l'homme du métier désireux de mettre en oeuvre l'enseignement de D3 de considérer une surface de liaison rotorique et statorique afin d'évaluer et d'améliorer l'écoulement du flux.
- 1.4.1 La même argumentation s'applique, mutatis mutandis, compte tenu de D4 (voir figures 2, 5, 6 et description). Par conséquent, l'objet de la revendication 1 n'implique pas non plus d'activité inventive compte tenu de D4.
- 1.5 Les revendications dépendantes 4-8, 11, 13, 14 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, pour les raisons suivantes:
- D1 divulgue l'objet des revendications 4-7 (voir figures 4D-4F);
 - D2 divulgue l'objet des revendications 6, 8, 11, 13, 14 (voir figures 2-4).

- 1.6 Les revendications dépendantes 2, 3, 9, 10, 12 et 15 ne contiennent pas de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences en matière d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, pour les raisons suivantes:
- revendications 2, 3, 15: afin de mettre en oeuvre l'enseignement de D1, l'homme du métier envisagerait d'appliquer une méthode de modélisation, par exemple la méthode de D5 (voir notamment les figures 4-6), afin de trouver la géométrie permettant le meilleur écoulement, tout en respectant les contraintes géométriques définies dans D1. Ce faisant, il arriverait forcément à l'objet des revendications 2, 3, 15, sans faire preuve d'activité inventive, si ces revendications permettent bien d'obtenir le meilleur écoulement. Si tel n'est pas le cas, alors lesdites revendications ne comportent pas toutes les caractéristiques essentielles de l'invention et ne représentent donc qu'une sélection arbitraire de paramètres, n'impliquant donc pas d'activité inventive;
 - revendication 10: caractéristiques connues de D3 (voir figure 3);
 - revendication 9: choix évident de valeurs d'extrema en ce qui concerne le contouring 3D;
 - revendication 12: caractéristiques connues de D4 (voir figures 2 et 6).
- 1.7 Il semblerait qu'un étage de compresseur selon la revendication 1 et comprenant les caractéristiques des revendications 2 ou 3 (voir point 3.1) ainsi que les caractéristiques de la revendication 8, n'est pas compris dans l'état de la technique et n'en découle pas de façon évidente.

2 Ad point VII

Certaines irrégularités relevées dans la demande

- 2.1 La description ne mentionne pas l'état de la technique pertinent qui est divulgué dans les documents D1-D4 et ne cite pas ces documents.

3 Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

- 3.1 La revendication 1 ne se fonde pas sur la description, étant donné que sa portée est plus large que celle qui est justifiée par les dessins (voir figures 5 et 7) et la description (voir page 7, lignes 10-13 et page 12, lignes 6-13): c'est "la combinaison des bosses et creux du rotor et du stator qui impactent ensemble

l'écoulement, mieux qu'il ne serait amélioré par des bosses et creux conçus indépendamment sur le rotor ou le stator", ce qui se traduit par le fait, que "selon l'invention, ER/ES ou ES/ER est compris entre 40% et 60%" (avec ER l'extrémum rotorique et ES l'extrémum statorique). Par conséquent, il convient d'incorporer les caractéristiques des revendications 2 et 3 dans la revendication 1.

- 3.2 La revendication 9 ne peut dépendre de la revendication 1 étant donné que l'extrémum rotorique et l'extrémum statorique sont définis pour la première fois dans la revendication 1.
- 3.3 La revendication 10 ne se fonde pas sur la description, étant donné que sa portée est plus large que celle qui est justifiée par la figure 4 et la description (voir page 10, lignes 28-31). Ainsi, la description ne mentionne pas d'autre alternative au fait que le creux se trouve du côté intrados de l'aube (24B) donnée et la bosse du côté extrados de l'aube (24A) circonférentiellement adjacente.