

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 15/12/2020

(21) Numéro de demande : BE2019/5325

(22) Date de dépôt : 16/05/2019

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 25/26, F04D 19/02, F04D 29/52

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.

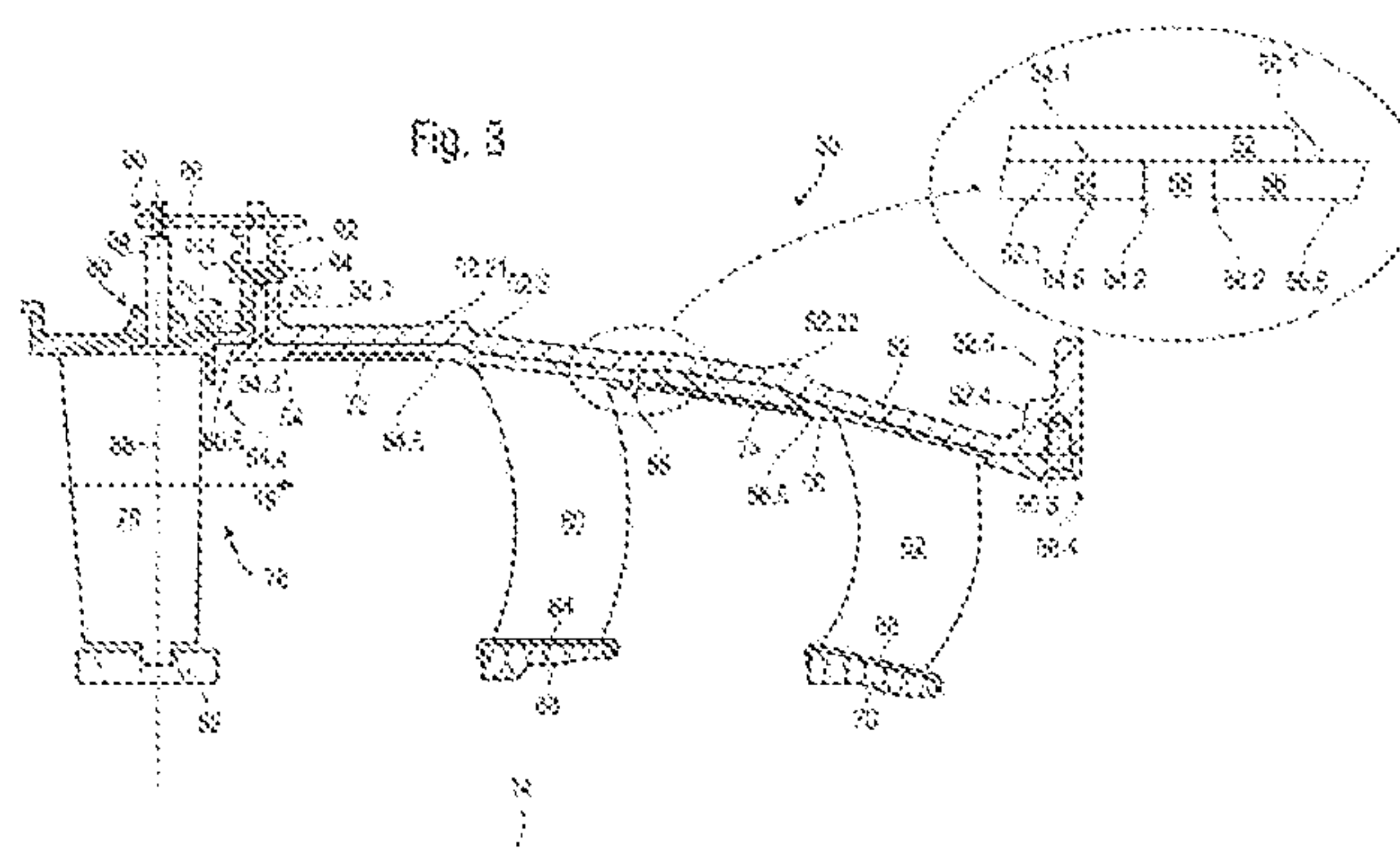
4041, HERSTAL
Belgique

(72) Inventeur(s) :

VYVEY Morgan
4041 HERSTAL
Belgique

(54) CARTER DE COMPRESSEUR POUR TURBOMACHINE

(57) Carter (50) de compresseur pour turbomachine, le carter (50) comprenant: - une enveloppe (52) comprenant une surface radialement interne (52.1) ; - une virole amont (54) ; et - une virole aval (56) ; chacune des viroles (54, 56) disposant d'une surface interne (54.5, 56.5) respective apte à délimiter un flux d'air (18), et chacune des viroles (54, 56) disposant d'une surface externe (54.1, 56.1) en regard de la surface interne (52.1) de l'enveloppe (52), les viroles (54, 56) étant fixées à l'enveloppe en porte-à-faux et étant agencées axialement de telle sorte à présenter un jeu axial (58) entre elles. L'invention concerne également une turbomachine comprenant un tel carter et un étage (76) d'aubes à calage variable (78).



Description

CARTER DE COMPRESSEUR POUR TURBOMACHINE

L'invention concerne la conception d'une turbomachine, notamment un
turboréacteur d'avion ou un turbopropulseur d'aéronef. L'invention a en
5 particulier trait au carter d'un compresseur.

Technique antérieure

Dans une turbomachine axiale, et en particulier dans son ou ses
compresseur(s), le flux d'air est comprimé par une alternance d'aubes
rotoriques et d'aubes statoriques. Les aubes statoriques s'étendent radialement
10 vers l'intérieur depuis une virole externe qui délimite la veine de passage du flux
d'air. Le document EP 1 426 559 A1 décrit un exemple d'architecture de
compresseur d'une telle turbomachine axiale. La virole qui maintient les aubes
statoriques dispose de brides en amont et aval afin de la fixer au carter de
soufflante en amont et au carter inter-compresseur en aval. La virole est donc
15 d'une part un vecteur transmettant les efforts axiaux et le couple entre les
différents carters auxquels elle est fixée et d'autre part celle-ci supporte les
efforts subis par les aubes statoriques à l'intérieur du compresseur. Ces deux
sources d'efforts génèrent des zones de concentration de contraintes en
particulier au niveau de l'ancrage des aubes dans la virole. La réponse usuelle
20 pour assurer la tenue mécanique dans ces zones de contraintes est de prévoir
des surépaisseurs ou des pièces de renfort et donc du poids supplémentaire.

Résumé de l'invention

Problème technique

L'invention a pour objectif de pallier les inconvénients exposés ci-dessus et en
25 particulier de proposer un compresseur et une turbomachine plus léger/légère
sans compromission de leur tenue mécanique.

Solution technique

L'invention a pour objet un carter de compresseur pour turbomachine et
notamment pour turboréacteur d'aéronef, le carter étant remarquable en ce qu'il

comprend : une enveloppe comprenant une surface radialement interne ; une virole amont ; et une virole aval, chacune des viroles disposant d'une surface interne respective apte à délimiter un flux d'air, et chacune des viroles disposant d'une surface externe respective en regard de la surface interne de l'enveloppe, les viroles étant fixées à l'enveloppe en porte-à-faux et étant agencées axialement de telle sorte à présenter un jeu axial entre elles.

En d'autres termes, la solution technique vise à dissocier les efforts externes que doit transmettre le carter de par sa position intermédiaire dans la turbomachine, des efforts induits par les aubes à l'intérieur du carter.

Par « en regard », on entend une proximité radiale entre la surface externe des viroles et la surface interne de l'enveloppe. La surface externe des viroles peut venir en contact de l'enveloppe au droit des fixations entre les viroles et l'enveloppe et peut être à distance, avec un léger jeu de montage. Ce porte-à-faux permet d'éviter un frottement entre la surface externe des viroles et la surface interne de l'enveloppe et ainsi éviter la transmission des efforts des viroles à l'enveloppe. Comme décrit plus bas, le porte-à-faux peut être d'environ 80% de la longueur axiale des viroles.

Le jeu axial entre les viroles n'est pas un simple jeu permettant le montage des aubes l'une à proximité de l'autre pour absorber une certaine tolérance de fabrication. Il s'agit bien d'un jeu intentionnel qui a pour but d'empêcher tout contact axial entre les deux viroles pour éviter tout transfert d'effort de l'une vers l'autre. Dit autrement, chaque virole n'est qu'au contact de l'enveloppe et de ses aubes et son bilan des efforts se résume donc à l'effort induit par le flux d'air sur elle-même ou sur les aubes statoriques qu'elle supporte, la réaction de sa fixation à l'enveloppe et la gravité.

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

- le jeu axial entre les viroles est d'une dimension telle que lorsque l'enveloppe est comprimée sous l'action de conditions thermomécaniques maximales admissibles pour le compresseur, les viroles restent axialement à distance l'une de l'autre. Le jeu axial étant souhaité même lors du fonctionnement de la

- turbomachine, il convient qu'il soit dimensionné de sorte à exister même dans les conditions limites de fonctionnement. Ainsi, le jeu est conçu en conséquence des déformations limites de l'enveloppe, calculées pour des conditions thermomécaniques maximales admissibles par le compresseur. Ces
- 5 conditions limites sont connues de l'homme du métier ;
- les viroles sont fixées, chacune indépendamment de l'autre, à l'enveloppe. Ainsi, les viroles sont fixées à l'enveloppe dans des zones différentes de l'enveloppe ;
 - les viroles comprennent chacune une extrémité axiale distale respective,

10 celles-ci définissant entre elles ledit jeu axial, et les viroles sont fixées à l'enveloppe uniquement à leur extrémité proximale respective axialement opposée à leur extrémité distale ;

 - la virole amont et l'enveloppe comprennent des brides radiales amont respectives, la virole amont étant fixée à l'enveloppe au moyen d'éléments de

15 visserie, préférentiellement axiaux, solidarissant la bride radiale amont de la virole amont à la bride radiale amont de l'enveloppe. Les éléments de visserie peuvent être des vis angulairement réparties autour de l'axe de symétrie du carter ;

 - l'enveloppe comprend une bride radiale aval munie d'orifices de fixation et la

20 virole aval est fixée à l'enveloppe au moyen d'éléments de fixation, préférentiellement radiaux, qui pénètrent dans les orifices de fixation de la bride radiale aval de l'enveloppe. Les éléments de fixation peuvent être par exemple des vis dont les têtes sont noyées dans la virole, afin de ne pas altérer la continuité de la surface de guidage du flux d'air assurée par la surface interne

25 de la virole ;

 - le jeu axial entre les viroles est comblé par un joint notamment en silicone. Celui-ci est suffisamment flexible pour ne pas transmettre d'effort entre les deux viroles et pour assurer la continuité de la surface de guidage de l'air quelque soit l'état de dilatation ou compression de l'enveloppe ;

30 - l'enveloppe chevauche axialement chaque virole d'une longueur respective de chevauchement et la surface externe respective des viroles coïncide avec la

surface interne de l'enveloppe sur au plus 20% de la longueur de chevauchement respective. Ainsi, les viroles peuvent éventuellement se distancier radialement de la surface de l'enveloppe, si la conception le nécessite en termes d'une part de guidage de l'air et d'autre part de l'environnement de l'enveloppe, sachant que l'enveloppe et les viroles sont
5 préférentiellement d'épaisseur constante ;

- le carter comprend une virole additionnelle intercalée entre les viroles amont et aval, et un jeu axial sépare les viroles deux à deux ;

- chaque virole supporte au moins une, préférentiellement exactement une, rangée d'aubes statoriques s'étendant radialement vers l'intérieur depuis la virole respective ;
10

- chaque virole reçoit une couche de matériau abrasable disposée en amont d'une ou de chaque rangée d'aubes statoriques et agencée sur la surface interne de la virole. Le matériau abrasable est apte à coopérer avec les extrémités radiales externes d'une roue mobile d'un rotor ;
15

- l'enveloppe comprend une surface externe présentant des renforts sous la forme de surépaisseurs définissant une surface cylindrique ou conique. Ces renforts permettent de rigidifier l'enveloppe. Il peut être intéressant pour des raisons d'homogénéité thermique et/ou pour des raisons de vibratoire, de prévoir ces renforts axialement à distance des aubes statoriques et/ou axialement à distance de la ou des couches de matériau abrasable.
20

L'invention a également pour objet une turbomachine comprenant un compresseur basse-pression, un compresseur haute-pression et un carter intermédiaire, disposé entre le compresseur basse-pression et le compresseur haute-pression, la turbomachine étant remarquable en ce que le compresseur basse-pression dispose d'un carter selon l'un des modes de réalisation exposés ci-dessus et d'un étage d'aubes à calage variable en amont du carter, l'enveloppe du carter s'étendant axialement depuis l'étage d'aubes à calage variable jusqu'au carter intermédiaire.
25

Selon un mode de réalisation avantageux, l'étage d'aubes à calage variable comprend une bride de section sensiblement en T avec une branche radiale et
30

une branche axiale, la branche radiale étant au contact de la bride radiale de la virole amont et la branche axiale chevauchant axialement la bride radiale de la virole amont et la bride radiale amont de l'enveloppe.

5 Selon un mode de réalisation avantageux, l'étage d'aubes à calage variable comprend une surface de centrage de la virole amont ; et/ou la branche axiale comprend une surface de centrage de la bride radiale amont de la virole amont et/ou de l'enveloppe.

10 Selon un mode de réalisation avantageux, la branche axiale comprend une surface cylindrique qui supporte un mécanisme d'actionnement des aubes à calage variable, la surface cylindrique chevauchant axialement la bride radiale amont de la virole et la bride radiale amont de l'enveloppe. Le mécanisme peut être fait d'une bague de synchronisation supportée par des patins, la bague synchronisant le pivotement de bielles solidaires des aubes à calage variable. Cette conception permet de supporter les efforts du mécanisme d'actionnement
15 avec plusieurs pièces qui par conséquent peuvent, à cet endroit, être d'épaisseur moindre.

De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Chaque objet de l'invention est combinable aux autres objets, et les objets de l'invention sont
20 également combinables aux modes de réalisation de la description, qui en plus sont combinables entre eux, selon toutes les combinaisons techniques possibles, à moins que le contraire ne soit explicitement mentionné.

Avantages apportés

Dans un turboréacteur connu, la même virole concentre d'une part les efforts
25 axiaux et le couple entre les différents carters auxquels elle est fixée, c'est-à-dire une partie de la poussée provenant de la soufflante, via le train épicycloïdal par exemple et d'autre part les efforts « internes » causés par le flux aérodynamique et remontant via les aubes statoriques à l'intérieur de la virole. Il y a donc des zones de la virole qui concentrent des contraintes liées à ces deux
30 sources d'effort au niveau des têtes des aubes.

Ces deux sources d'efforts sont dissociées dans l'invention par l'utilisation de l'enveloppe et des viroles. Les efforts subis par les aubes ne sont pas

directement transmis à l'enveloppe mais sont déplacés aux extrémités de fixation des viroles à l'enveloppe.

Parmi les avantages associés à cette construction, le carter peut être conçu avec des pièces de plus petites épaisseurs et donc moins lourdes car il subit
5 moins de contraintes mécaniques locales.

Un autre avantage en prévoyant différentes pièces (viroles et enveloppe) est qu'il est possible de ne remplacer qu'une des pièces en jeu en cas de défaillance à la fabrication ou à l'usage plutôt que de mettre au rebut l'intégralité du carter.

10 **Brève description des dessins**

La figure 1 représente une turbomachine selon l'invention ;

La figure 2 représente une vue en coupe schématique d'une partie d'un compresseur de l'état de l'art ;

Les figures 3 à 6 illustrent respectivement un premier, un deuxième, un
15 troisième et un quatrième mode de réalisation du carter selon l'invention.

Description des modes de réalisation

Dans la description qui va suivre, les termes « interne » (ou « intérieur ») et « externe » (ou « extérieur ») renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation d'une turbomachine. La direction axiale correspond à la direction le
20 long de l'axe de rotation de la turbomachine. 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. Le terme « solidaire » est compris comme solidaire en rotation, et notamment rigidement lié. Le terme « monobloc » est équivalent à « venu de matière » et désigne différents
25 éléments réalisés dans un même bloc de matière, par opposition à « rapporté » qui signifie qu'un élément est rattaché, après sa fabrication, à un autre élément. Les figures représentent les éléments de manière schématique, notamment sans l'intégralité des éléments d'assemblage ou d'étanchéité. Les dimensions et notamment l'épaisseur radiale, sont exagérées afin de faciliter la
30 compréhension des figures.

La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine 2. Le turboréacteur 2 comprend un premier compresseur, basse-pression 4 et un

deuxième compresseur, haute-pression 6, une chambre de combustion 8 et deux turbines 10. En fonctionnement, la puissance mécanique des turbines 10 met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6 au moyen d'arbres respectifs 12, 13. Les compresseurs 4, 6 comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor (ou rotoriques) associées à des rangées d'aubes de stator (ou statoriques). La rotation du rotor 15 autour de son axe de rotation 14 permet 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 à l'arbre 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 long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine.

Des moyens de démultiplication, tel un réducteur épicycloïdal 17, peuvent réduire la vitesse de rotation de la soufflante 16 par rapport à la turbine associée.

Un carter amont 22 muni de bras de support (ou « struts ») maintient le réducteur épicycloïdal 17 et soutient la partie amont de la turbomachine. Un carter de compresseur 24 supporte le compresseur 4. Un carter inter-compresseur 5 comprenant des bras de support est disposé entre le compresseur basse-pression 4 et le compresseur haute-pression 6.

En fonctionnement, les différents carters sont amenés à supporter des charges importantes. La soufflante tend à tirer l'ensemble de l'avion vers l'avant. Les carter sont des pièces mécaniques qui doivent donc supporter chacun au moins une partie de la poussée générée par la soufflante. Aussi, les carters doivent encaisser les efforts transmis par les aubes et en particulier les aubes statoriques qui redressent le flux d'air dans le compresseur. Ces efforts sont matérialisés schématiquement par la flèche notée F sur la figure 1 et on observe les points de concentration des contraintes où se rejoignent les chemins des efforts.

La figure 2 est une vue en coupe du compresseur 4 dans une turbomachine connue. On peut y observer une partie de la soufflante 16 ainsi que le bec de séparation 28 des flux primaire 18 et secondaire 20. Le rotor 15 peut

comprendre plusieurs rangées d'aubes rotoriques 30.

Le compresseur basse-pression 4 comprend au moins un redresseur qui contient une rangée annulaire d'aubes statoriques 32 ayant pour but de redresser le flux d'air dévié par les aubes tournantes.

- 5 Le compresseur basse-pression 4 comprend un carter 34. Le carter 34 présente une forme généralement axisymétrique pouvant intégrer des renforts, des cannelures ou des nervures de rigidification. Le carter 34 comprend des brides de fixation 36, par exemple des brides annulaires de fixation 36 pour la fixation du bec de séparation 28 et/ou pour se fixer à un carter intermédiaire 5
10 de la turbomachine.

Les aubes statoriques 32 s'étendent essentiellement radialement depuis le carter 34 jusqu'à des viroles internes 38. Une des rangées d'aubes statoriques 32 peut être à orientation variable autour de son axe 40. Les aubes statoriques 32 sont fixées au carter 34 au moyen de plateformes 42. Une couche de
15 matériau abradable 44 est généralement prévue en regard des aubes rotoriques 30. Dans une telle configuration, les zones d'ancrages des aubes statoriques (autour des plateformes 42) sont des zones de concentrations de contraintes car elles concentrent à la fois les efforts encaissés par les aubes statoriques induits par le redressement du flux d'air 18 et les efforts transmis
20 depuis la soufflante 16 ou le réducteur 17.

La figure 3 représente un premier mode de réalisation d'un carter 50 selon l'invention. Le carter 50 comprend une enveloppe 52 de forme sensiblement axisymétrique autour de l'axe 14 du compresseur. L'enveloppe 52 définit une cavité interne qui accueille une virole amont 54 et une virole aval 56.
25 L'enveloppe 52 et les viroles 54, 56 peuvent s'étendre sur 360° autour de l'axe 14 ou être formées de plusieurs secteurs angulaires qui ensemble forment 360°.

L'enveloppe 52 comprend une surface radialement interne 52.1 et les viroles 54, 56 comprennent des surfaces radialement externes 54.1, 56.1 en regard de
30 la surface interne 52.1 de l'enveloppe 52. Les surfaces externes 54.1, 56.1 peuvent avoir un profil voisin de celui de la surface interne 52.1. Ainsi, les viroles 54, 56 sont agencées avec un léger jeu radial à l'intérieur de l'enveloppe

52 permettant leur assemblage et évitant la transmission d'effort entre les surfaces externes des viroles et la surface interne de l'enveloppe.

Comme illustré sur une portion agrandie de la figure 3, un jeu axial 58 est prévu entre les viroles 54, 56. Ce jeu 58 peut éventuellement être comblé par un
5 matériau élastique qui assure la continuité de la surface de guidage de l'air tel un joint en silicone (non représenté).

Le jeu axial 58 est mesuré entre l'extrémité distale 54.2 de la virole amont 54 et l'extrémité distale 56.2 de la virole aval 56.

La virole amont 54 supporte une rangée annulaire d'aubes statoriques 60. La
10 virole aval 56 supporte une rangée annulaire d'aubes statoriques 62. Les aubes statoriques 60, 62 s'étendent radialement depuis leur virole respective 54, 56 vers l'axe 14. À leur extrémité intérieure, ces aubes sont solidarisées par une virole interne 64, 66, dont la surface intérieure est revêtue d'un matériau abrasable 68, 70 destiné à venir au contact du rotor (non représenté).

15 Les aubes 60, 62 peuvent être fixées à leur virole respective 54, 56 au moyen de plateformes (similaires au numéro 42 de la figure 2).

La virole amont 54 comprend une bride radiale amont 54.3. Celle-ci se situe au voisinage de son extrémité proximale 54.4, c'est-à-dire l'extrémité axialement opposée à celle qui définit le jeu 58. La bride radiale amont 54.3 peut se situer
20 dans le premier cinquième de la longueur axiale de la virole amont 54.

La virole amont 54 est fixée, via sa bride radiale amont 54.3 à une bride radiale amont 52.3 de l'enveloppe. Une pluralité d'éléments de visserie (non représentés) distribués angulairement autour de l'axe 14 et orientés principalement axialement, viennent solidariser les deux brides 52.3, 54.3
25 ensemble. C'est l'unique endroit où la virole 54 est fixée à l'enveloppe 52.

La virole aval 56 comprend des orifices radiaux 56.3 aménagés au voisinage de son extrémité proximale 56.4, c'est-à-dire l'extrémité axialement opposée à celle qui définit le jeu 58. Ces orifices 56.3 sont alignés axialement et circonférentiellement avec des orifices taraudés 52.4 aménagés dans une bride radiale aval 52.5 de l'enveloppe 52. Ainsi, des éléments vissés (non représentés) peuvent venir solidariser la bride aval 56 à l'enveloppe. Ces
30

éléments sont préférablement des vis dont la tête est noyée dans la matière pour ne pas venir en sailli dans la veine d'air. Un amalgame de matériau – par exemple du type abradable – peut venir reboucher l'écart éventuel entre la tête et la surface interne 56.5 de la virole pour parfaire la continuité de la surface de guidage de l'air.

Ainsi, les viroles 54, 56 sont fixées à l'enveloppe 52 indépendamment l'une de l'autre, et le jeu 58 se mesure entre les deux extrémités 54.2, 56.2 en porte-à-faux. Il n'y a aucune transmission d'effort d'une virole 54 à l'autre 56.

Aussi, lorsque l'enveloppe 52 se déforme en fonctionnement (dilatation, compression, torsion, etc.), elle n'engendre pas de contraintes sur les viroles 54, 56.

Une couche de matériau abradable 72, 74 peut être rapportée sur la surface interne 54.5, 56.5 des viroles 54, 56. Cette couche 72, 74 est apte à interagir avec les extrémités radiales externes d'aubes rotoriques (notées 30 sur la figure 2).

L'enveloppe 52 peut accueillir des zones de renfort pour être rigidifiée en torsion et/ou en traction. Par exemple, des surépaisseurs matérialisées par les surfaces cylindriques ou coniques 52.21, 52.22.

Directement en amont du carter 50 se trouve un étage 76 d'aubes à calage variable 78.

Les aubes 78 s'étendent essentiellement radialement depuis un anneau externe 80 vers un anneau interne 82. Les aubes 78 sont fixées à l'anneau externe 80 à l'aide d'axes ou tourillons 84. Les tourillons 84 sont entraînés en pivotement par une bielle 86 respective autour de son axe 88. La bielle 86 est solidaire du tourillon 84, fixée par exemple par un écrou 90.

Les bielles 86 de la rangée annulaire d'aubes 78 sont toutes reliées à une bague de synchronisation 92 au moyen de tiges. Ces tiges peuvent se terminer intérieurement par des patins 94. Le mécanisme peut être équivalent à celui décrit dans la demande de brevet BE2018/5429 du même Demandeur.

L'anneau 80 comprend une bride aval 80.1 de section en T, avec une branche radiale 80.2 au contact de la bride radiale amont 54.3 de la virole amont 54 et une branche axiale 80.3 qui surplombe les brides radiales amont 52.3, 54.3.

La branche axiale 80.3 dispose d'une surface externe cylindrique 80.4 sur laquelle repose la bague 92 ou des patins 94 qui y sont rapportés.

L'anneau 80 comprend une surface interne 80.5 de centrage de la surface externe 54.1 de la virole amont 54. Alternativement ou en complément, la branche axiale 80.3 peut avoir une surface interne de centrage des brides radiales amont 52.3, 54.3 et donc de centrage de l'enveloppe 52 et de la bride amont 54.

La figure 4 décrit un second mode de réalisation du carter 150 de l'invention. Les numéros de référence sont incrémentés de 100. Seuls les éléments distinctifs de ce mode de réalisation vont être décrits ici.

Dans cet exemple, la virole aval 156 supporte deux rangées d'aubes statoriques 162. Chacune de ces rangées redresse partiellement le flux d'air pour qu'en aval de la second rangée, le flux soit principalement axial.

La figure 5 décrit un troisième mode de réalisation du carter 250 de l'invention. Les numéros de référence sont incrémentés de 100. Seuls les éléments distinctifs de ce mode de réalisation vont être décrits ici. Dans cet exemple, une virole additionnelle 255 est positionnée entre la virole amont 254 et la virole aval 256. Un jeu respectif, 258.1, 258.2 sépare les viroles 254, 255, 256 deux à deux. Les jeux 258.1, 258.2 peuvent être de longueurs axiales différentes.

La virole additionnelle 255 peut être vissée ou rivetée à l'enveloppe 252. Un axe en trait mixte matérialise cette liaison sur la figure 5. Cette virole 255 est préférentiellement composée de plusieurs secteurs angulaires.

La virole additionnelle 255 a les mêmes propriétés que les viroles amont et aval (254, 256), à savoir notamment qu'elle supporte une ou plusieurs aubes statoriques, et son profil externe coïncide avec celui de l'enveloppe.

Alternativement ou en complément, la virole additionnelle 255 peut comprendre des brides radiales (non représentées) pour sa fixation à l'enveloppe 252, les

brides radiales pénétrant dans des gorges internes (non représentées) de l'enveloppe 252.

La figure 6 représente l'enveloppe 352 et les viroles 354, 356 dans un quatrième mode de réalisation. Cette figure met en évidence le jeu qui s'étend
5 entre la surface externe 354.1, 356.1 des viroles 354, 356 et la surface interne 352.1 de l'enveloppe 352. Ce jeu peut être préférentiellement inférieur à 1 mm et s'étend sur une longueur axiale l_{354} et l_{356} qui représente au maximum 80% de la longueur du chevauchement entre les viroles 354, 356 et l'enveloppe 352, longueurs de chevauchement notées L_{354} et L_{356} . Le jeu peut être variable et
10 montrer des décrochements 394, 396 qui peuvent être utiles pour adapter au mieux la surface de guidage de l'air 354.5, 356.5 tout en répondant à des contraintes géométriques de l'enveloppe 352 et en conservant une épaisseur sensiblement constante pour les viroles 354, 356 et l'enveloppe 352.

L'invention a été décrite au moyen de quatre modes de réalisation mais n'y est
15 pas limitée. Des éléments de chaque mode de réalisation sont combinables avec des éléments d'autres modes de réalisation. Par exemple, les couches de matériau abradable 72, 74 ou les surfaces d'appui 52.21, 52.22, sont intégrables aux modes de réalisation des figures 4 à 6. L'homme du métier comprend également du présent enseignement que le nombre d'aubes par
20 virole peut être adapté à loisir.

Revendications

1. Carter (50, 150, 250, 350) de compresseur pour turbomachine (2) et notamment pour turboréacteur d'aéronef, le carter (50, 150, 250, 350) étant caractérisé en ce qu'il comprend :
 - 5 - une enveloppe (52, 152, 252, 352) comprenant une surface radialement interne (52.1, 152.1, 252.1, 352.1) ;
 - une virole amont (54, 154, 254, 354) ; et
 - une virole aval (56, 156, 256, 356) ;chacune des viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) disposant d'une
10 surface interne (54.5, 56.5, 154.5, 156.5, 254.5, 256.5, 354.5, 356.5) respective apte à délimiter un flux d'air (18), et chacune des viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) disposant d'une surface externe (54.1, 56.1, 255.1, 356.1) respective en regard de la surface interne (52.1, 352.1) de l'enveloppe (52, 152, 252, 352), les viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) étant fixées à l'enveloppe en porte-à-faux et étant agencées
15 axialement de telle sorte à présenter un jeu axial (58, 158, 258.1, 258.2, 358) entre elles.
2. Carter (50, 150, 250, 350) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le jeu axial (58, 158, 258.1, 258.2, 358) entre les viroles (54, 56, 154, 156, 254
20 256, 354, 356) est d'une dimension telle que lorsque l'enveloppe (52, 152, 252, 352) est comprimée sous l'action de conditions thermomécaniques maximales admissibles pour le compresseur (4), les viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) restent axialement à distance l'une de l'autre.
3. Carter (50, 150, 250, 350) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce
25 que les viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) comprennent chacune une extrémité distale respective (54.2, 56.2), celles-ci définissant entre elles ledit jeu axial (58, 158, 258.1, 258.2, 358), et en ce que les viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) sont fixées à l'enveloppe (52, 152, 252, 352) uniquement à leur extrémité proximale respective (54.4, 56.4, 154.4, 156.4,
30 254.4, 256.4, 354.4, 356.4) axialement opposée à leur extrémité distale (54.2, 56.2).

4. Carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la virole amont (54, 154, 254, 354) et l'enveloppe (52, 152, 252, 352) comprennent des brides radiales amont respectives (52.3, 54.3, 152.3, 154.3, 252.3, 254.3, 352.3, 354.3), la virole amont (54, 154, 254, 354) étant
5 fixée à l'enveloppe (52, 152, 252, 352) au moyen d'éléments de visserie, préférentiellement axiaux, solidarissant la bride radiale amont (54.3, 154.3, 254.3, 354.3) de la virole amont (54, 154, 254, 354) à la bride radiale amont (52.3, 152.3, 252.3, 352.3) de l'enveloppe (52, 152, 252, 352).
5. Carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé
10 en ce que l'enveloppe (52, 152, 252, 352) comprend une bride radiale aval (52.5, 152.5, 252.5, 352.5) munie d'orifices de fixation, et en ce que la virole aval (56, 156, 256, 356) est fixée à l'enveloppe (52, 152, 252, 352) au moyen d'éléments de fixation, préférentiellement radiaux, qui pénètrent dans les orifices de fixation (52.4, 152.4, 252.4, 352.4) de la bride radiale
15 aval (52.5, 152.5, 252.5, 352.5) de l'enveloppe (52, 152, 252, 352).
6. Carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le jeu axial (58, 158, 258.1, 258.2, 358) entre les viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) est comblé par un joint notamment en silicone.
- 20 7. Carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'enveloppe (52, 152, 252, 352) chevauche axialement chaque virole (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) d'une longueur respective de chevauchement (L_{354} , L_{356}) et la surface externe (54.1, 56.1, 154.1, 156.1, 254.1, 256.1, 354.1, 356.1) respective des viroles (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) coïncide avec la surface interne (52.1, 152.1, 252.1, 352.1) de l'enveloppe (52, 152, 252, 352) sur au plus 20% de la longueur de chevauchement respective (L_{354} , L_{356}).
25
8. Carter (250) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le carter (250) comprend une virole (255) additionnelle intercalée entre les
30 viroles amont et aval (254, 256), et en ce qu'un jeu axial (258.1, 258.2) sépare les viroles (254, 255, 256) deux à deux.

9. Carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que chaque virole (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) supporte au moins une, préférentiellement exactement une, rangée d'aubes statoriques (60, 62, 160, 162, 260, 261, 262) s'étendant radialement vers l'intérieur depuis la virole respective (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356).
10. Carter (50, 150, 250, 350) selon la revendication 9, caractérisé en ce que chaque virole (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356) reçoit une couche de matériau abradable (72, 74) disposée en amont d'une ou de chaque rangée d'aubes statoriques (60, 62, 160, 162, 260, 261, 262) et agencée sur la surface interne de la virole (54, 56, 154, 156, 254, 256, 354, 356).
11. Carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que l'enveloppe (52, 152, 252, 352) comprend une surface externe (52.2) présentant des renforts (52.21, 52.22) sous la forme de surépaisseurs définissant une surface cylindrique ou conique (52.21, 52.22).
12. Turbomachine (2) comprenant un compresseur basse-pression (4), un compresseur haute-pression (6) et un carter intermédiaire (5), disposé entre le compresseur basse-pression (4) et le compresseur haute-pression (6), la turbomachine étant caractérisée en ce que le compresseur basse-pression (4) dispose d'un carter (50, 150, 250, 350) selon l'une des revendications 1 à 11 et d'un étage d'aubes à calage variable (76) en amont du carter (50, 150, 250, 350), l'enveloppe (52, 152, 252, 352) du carter (50, 150, 250, 350) s'étendant axialement depuis l'étage d'aubes à calage variable (76) jusqu'au carter intermédiaire (5).
13. Turbomachine (2) selon la revendication 12 comprenant un carter (50, 350) selon la revendication 4, caractérisée en ce que l'étage d'aubes à calage variable (76) comprend une bride (80.1) de section sensiblement en T avec une branche radiale (80.2) et une branche axiale (80.3), la branche radiale (80.2) étant au contact de la bride radiale amont (54.3, 354.3) de la virole amont (54, 354) et la branche axiale (80.3) chevauchant axialement la bride radiale amont (54.3, 354.3) de la virole amont (54, 354) et la bride radiale amont (52.3, 352.3) de l'enveloppe (52, 352).

14. Turbomachine (2) selon la revendication 13, caractérisée en ce que l'étage d'aubes à calage variable (76) comprend une surface de centrage (80.5) de la virole amont (54, 354) ; et/ou la branche axiale (80.3) comprend une surface de centrage de la bride radiale amont (52.3, 54.3, 352.3, 354.3) de la virole amont (54, 354) et/ou de l'enveloppe (52, 352).
15. Turbomachine (2) selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisée en ce que la branche axiale (80.3) comprend une surface cylindrique (80.4) qui supporte un mécanisme d'actionnement (86, 90, 92, 94) des aubes à calage variable (78), la surface cylindrique (80.4) chevauchant axialement la bride radiale amont (54.3, 354.4) de la virole amont (54, 354) et la bride radiale amont (52.3, 352.3) de l'enveloppe (52, 352).

Fig. 1

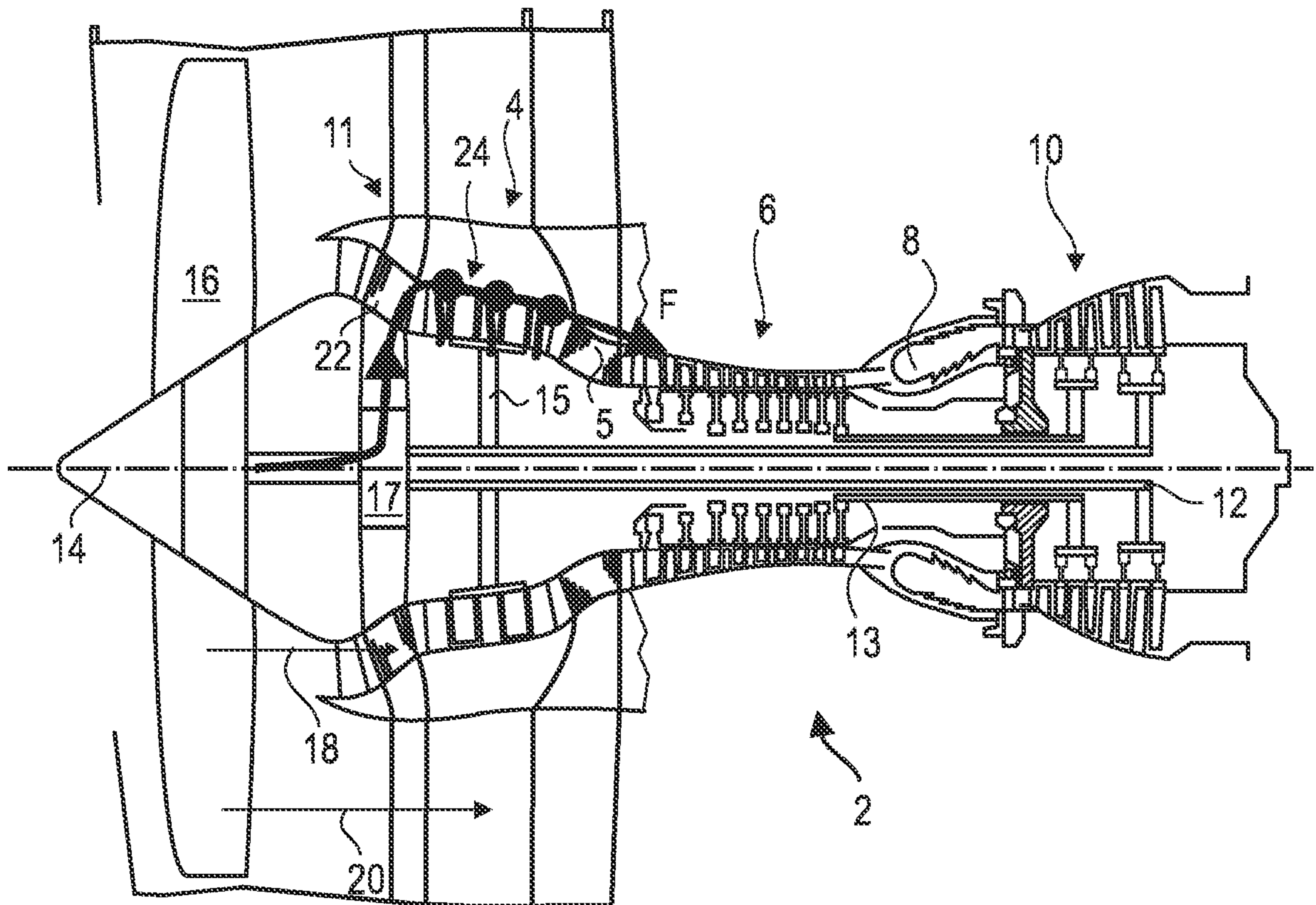
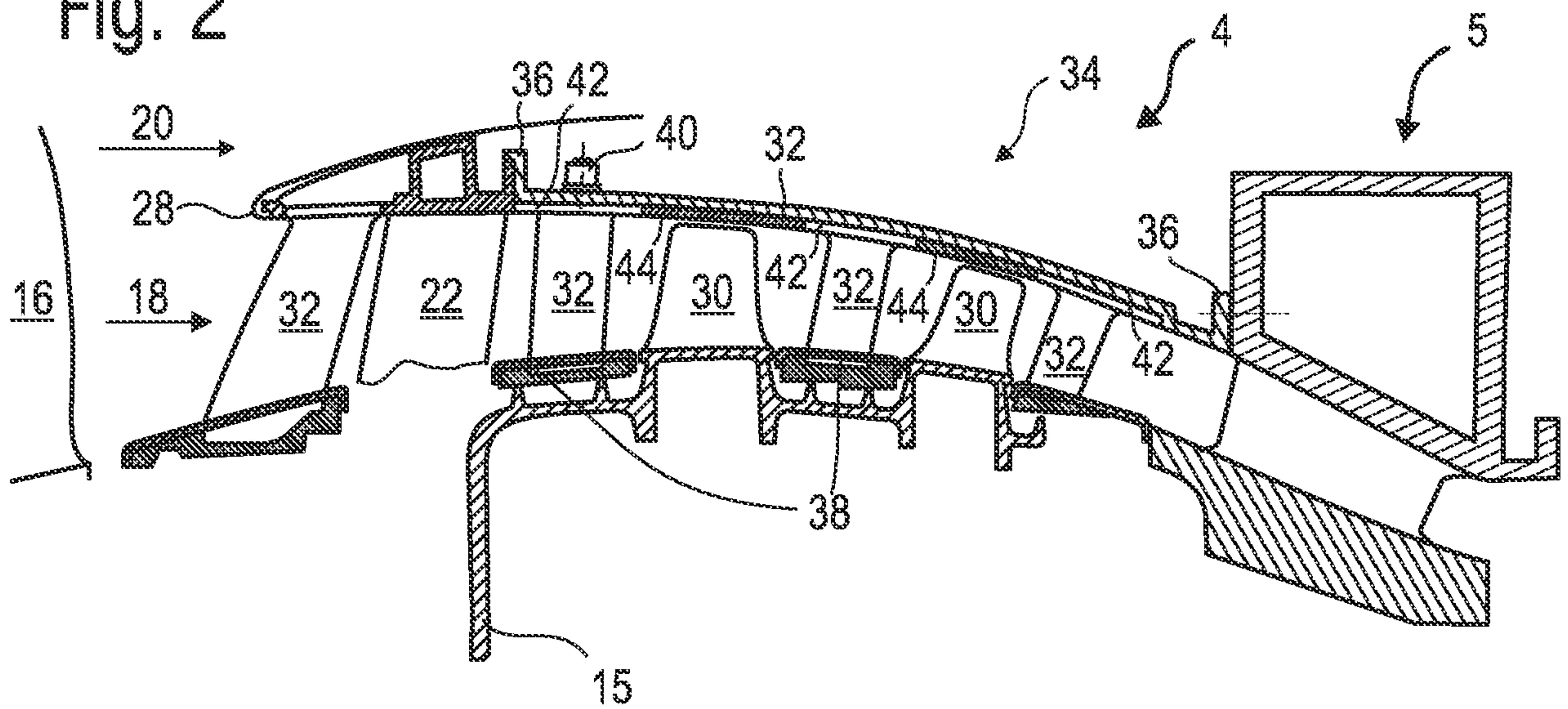
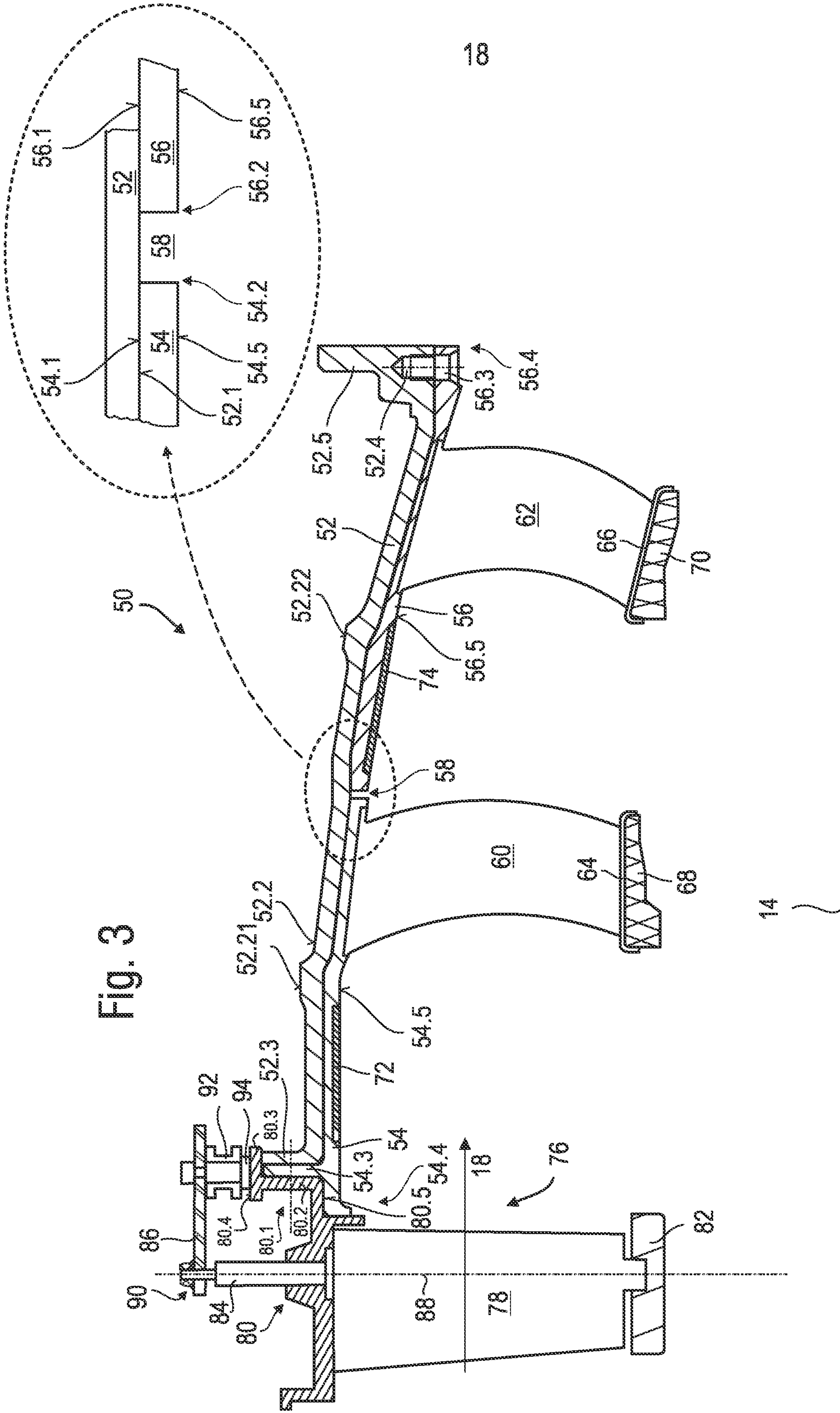


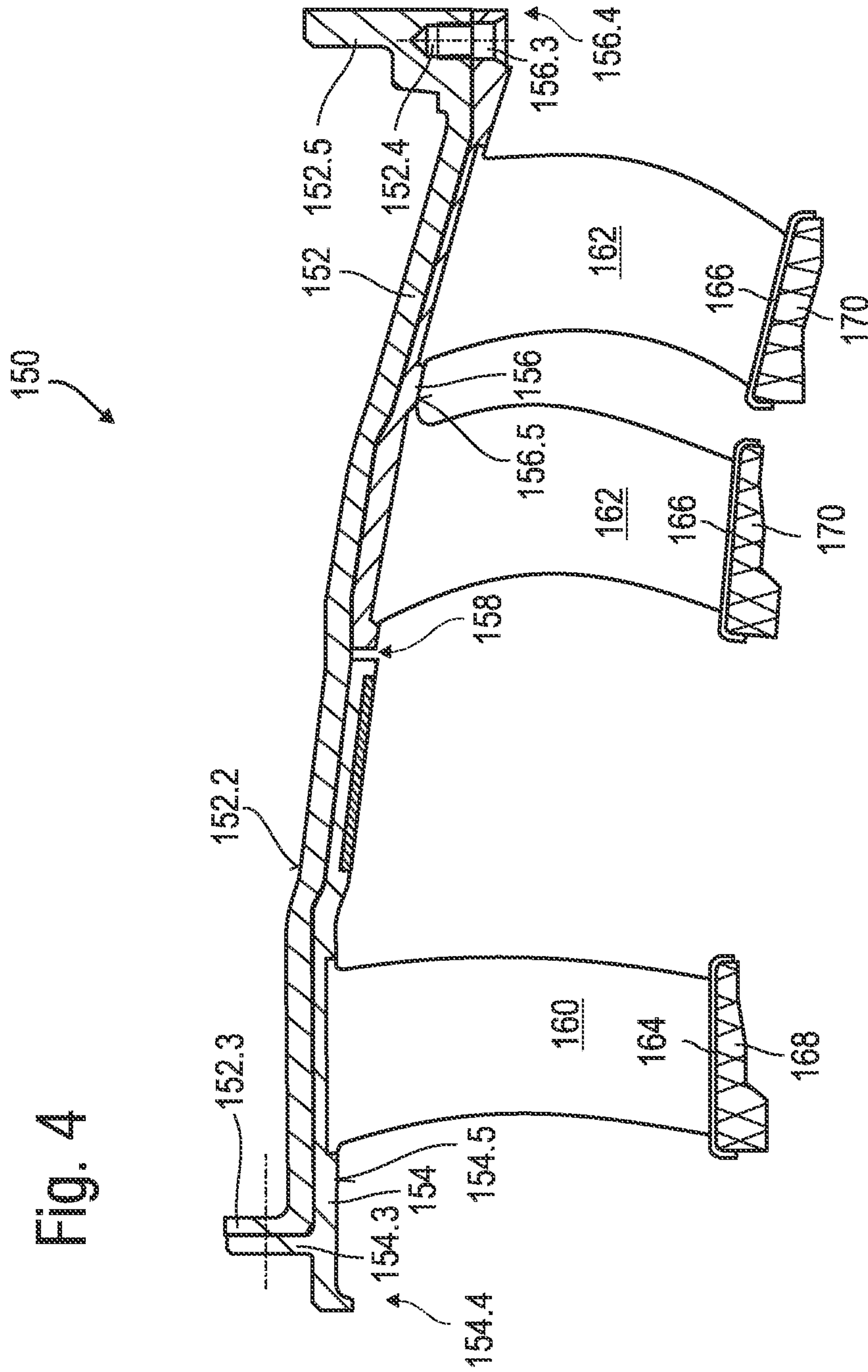
Fig. 2



ETAT DE L'ART

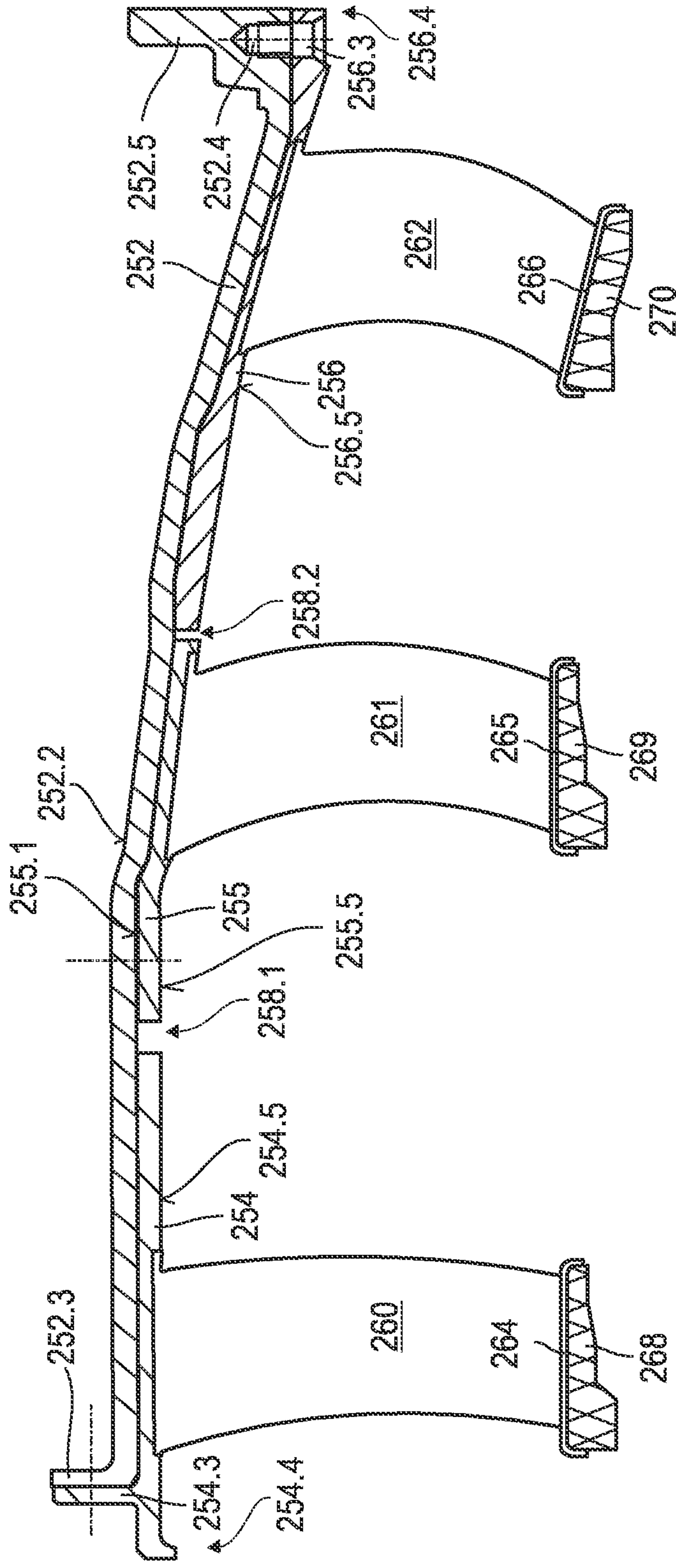
14





250

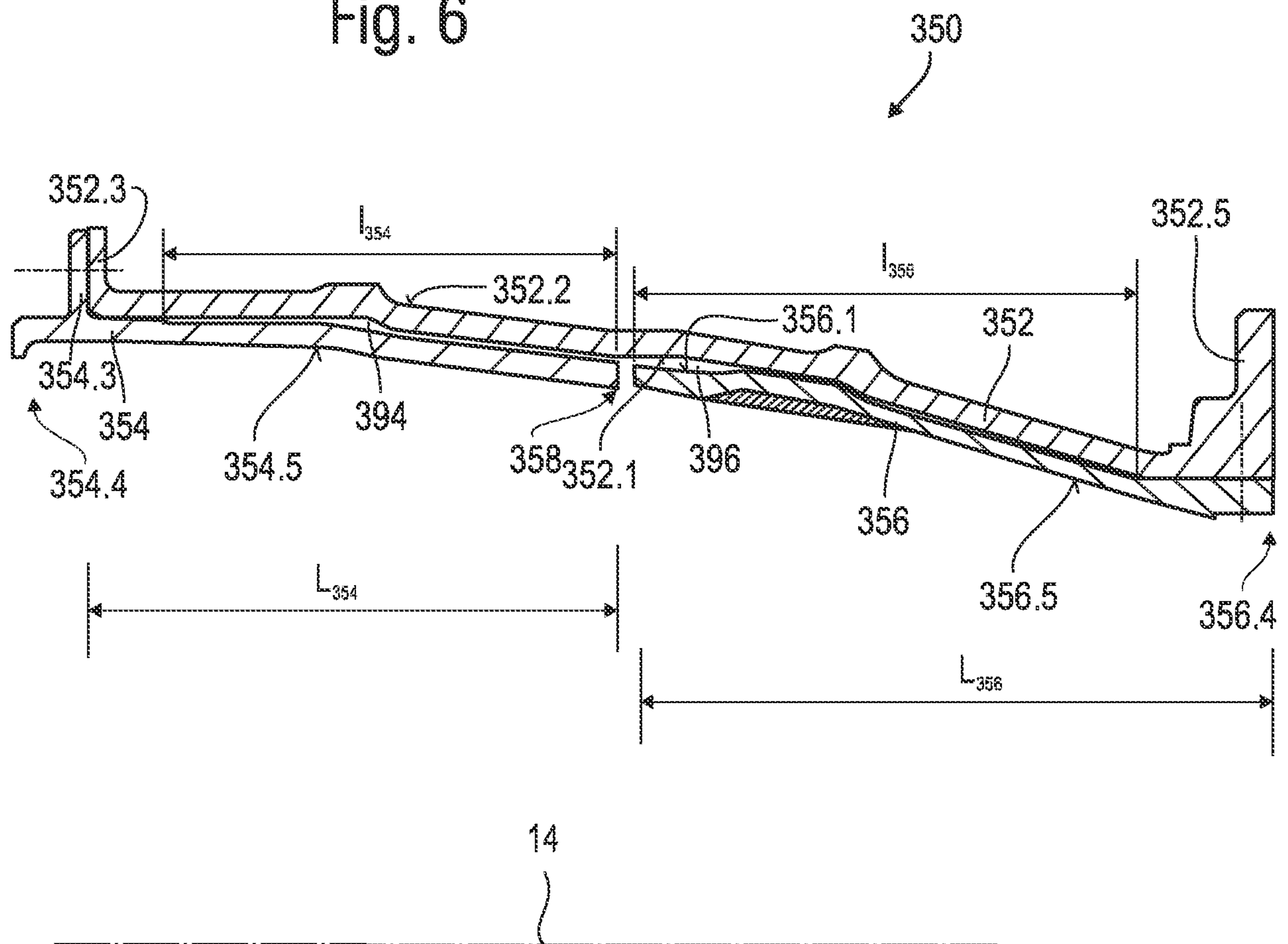
Fig. 5



14

20

Fig. 6



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	FR 2 147 609 A5 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 9 mars 1973 (1973-03-09) * page 1, lignes 20-26 * * figure 1 * -----	1,2,4-6, 9-12 7,8, 13-15	INV. F04D19/02 F01D25/26 F04D29/52
X A	US 2016/024970 A1 (ZIERER THOMAS [CH] ET AL) 28 janvier 2016 (2016-01-28) * alinéas [0030] - [0033] * * figures 3, 4 * -----	1,2,4,5, 9-12 7,8, 13-15	
X A	FR 2 979 386 A1 (SNECMA [FR]) 1 mars 2013 (2013-03-01) * page 8, lignes 20, 21 * * page 12, lignes 4-7 * * figures 1, 4-8A, 11B * -----	1-6,11 7,8, 13-15	
X A	US 4 502 809 A (GEARY CARL H [US]) 5 mars 1985 (1985-03-05) * colonne 2, lignes 20-59 * * colonne 3, lignes 3-50 * * figure 1 * -----	1-6,9-12 7,8, 13-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	US 3 169 749 A (ROSSLYN HARRIS FRANK) 16 février 1965 (1965-02-16) * colonne 1, lignes 59-70 * * figure 1 * -----	1-15	F01D F04D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 janvier 2020		De Tobel, David	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

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

B0 11886
BE 201905325

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
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-01-2020

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2147609	A5	09-03-1973	BE 786674 A	25-01-1973
			CA 960147 A	31-12-1974
			DE 2231034 A1	08-02-1973
			ES 404588 A1	16-11-1975
			FR 2147609 A5	09-03-1973
			IT 962769 B	31-12-1973
			NL 7208750 A	30-01-1973
			US 3746463 A	17-07-1973

US 2016024970	A1	28-01-2016	CN 105298915 A	03-02-2016
			EP 2977590 A1	27-01-2016
			JP 2016031074 A	07-03-2016
			KR 20160012929 A	03-02-2016
			US 2016024970 A1	28-01-2016

FR 2979386	A1	01-03-2013	FR 2979385 A1	01-03-2013
			FR 2979386 A1	01-03-2013
			US 2013048414 A1	28-02-2013

US 4502809	A	05-03-1985	DE 73689 T1	29-09-1983
			DE 3273562 D1	06-11-1986
			EP 0073689 A1	09-03-1983
			JP S5874806 A	06-05-1983
			JP S6360207 B2	22-11-1988
			US 4502809 A	05-03-1985

US 3169749	A	16-02-1965	CH 423361 A	31-10-1966
			DE 1426302 A1	23-01-1969
			GB 983917 A	17-02-1965
			US 3169749 A	16-02-1965



OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11886	Date du dépôt(<i>jour/mois/année</i>) 16.05.2019	Date de priorité (<i>jour/mois/année</i>)	Demande n° BE201905325
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F04D19/02 F01D25/26 F04D29/52			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.			

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 De Tobel, David
--	------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE201905325

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	5-8, 10-15
	Non :	Revendications	1-4, 9
Activité inventive	Oui :	Revendications	7, 8, 13-15
	Non :	Revendications	1-6, 9-12
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-15
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications**voir feuille séparée**

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

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 Il est fait référence aux documents suivants :

- D1** FR 2 147 609 A5 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 9 mars 1973 (1973-03-09)
- D2** US 2016/024970 A1 (ZIERER THOMAS [CH] ET AL) 28 janvier 2016 (2016-01-28)
- D3** FR 2 979 386 A1 (SNECMA [FR]) 1 mars 2013 (2013-03-01)
- D4** US 4 502 809 A (GEARY CARL H [US]) 5 mars 1985 (1985-03-05)
- D5** US 3 169 749 A (ROSSLYN HARRIS FRANK) 16 février 1965 (1965-02-16)

2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication¹ n'étant pas nouveau.

2.1 **D1** divulgue (voir fig.1):

un carter de compresseur pour turbomachine et notamment pour turboréacteur d'aéronef, le carter comprend :

- une enveloppe (3) comprenant une surface radialement interne;
- une virole amont (la première enveloppe intérieure de compresseur); et
- une virole aval (la première enveloppe intérieure de compresseur);

chacune des viroles disposant d'une surface interne respective apte à délimiter un flux d'air (voir fig.1), et chacune des viroles disposant d'une surface externe respective en regard de la surface interne de l'enveloppe (voir fig.1), les viroles étant fixées à l'enveloppe en porte-à-faux (fixées à une seule extrémité) et étant agencées axialement de telle sorte à présenter un jeu axial entre elles (voir fig.1 et divulgué de façon implicite (page 1, lignes 20-26)).

- 2.2 Par souci d'exhaustivité, il doit être mentionné que **D2** (voir figs.3, 4 et 0030-0033: viroles 30/40 et jeu 5 (même s'il concerne un système de prélèvement d'air)) et **D3** (voir figs. 1, 4-8A et page 8, lignes 20, 21; page 12, lignes 4-7: viroles 4/31 et jeu 92) divulguent également tous les attributs de la revendication 1.
- 3 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'impliquant pas d'activité inventive.
- 3.1 Tous les attributs de la revendication 1 sont divulgués (voir fig.1 et colonne 2, lignes 20-59; colonne 3, lignes 3-50 et spécifiquement lignes 11-14: "expand axially"), sauf que le carter n'est pas explicitement spécifié comme un carter de compresseur. Mais bien que la variante de réalisation divulguée dans **D4** est une turbine (colonne 2, ligne 22: "expander"), la divulgation générale concerne une variété de carters de turbomachines. Une application pour un carter de compresseur est par conséquent considérée comme évidente.
- 4 Les revendications dépendantes 2-6 et 9-12 ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.
- 4.1 Revendication 2: divulguée/évidente dans/pour **D1-D4** (voir §2 et §3);
- 4.2 Revendication 3: divulguée dans **D3** (fig.5 et page 8, lignes 20, 21) et **D4** (fig.1);
- 4.3 Revendication 4: divulguée dans **D3** (fig.5) et **D4** (fig.1), et considérée comme variante évidente pour **D1** et **D2**;
- 4.4 Revendication 5: divulguée dans **D4** (fig.1), et considérée comme variante évidente pour **D1-D3**;
- 4.5 Revendication 6: divulguée dans **D3** (par exemple fig.11B), et considérée comme variante évidente pour **D1** et **D3**;
- 4.6 Revendications 9-11: divulguées/évidentes dans/pour **D1** (fig.1), **D2** (fig.3) et **D4** (fig.1);
- 4.7 Revendication 12: l'application d'un carter de compresseur comme divulguée dans **D1** (fig.1), **D2** (fig.3) ou **D4** (fig.1) à la position dans la machine comme proposée dans cette revendication ne présente pas d'activité inventive (pour obtenir les avantages correspondants).

- 5 Les revendications dépendantes 7, 8 et 13-15 semblent contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de nouveauté et d'activité inventive.
- 5.1 Il convient de noter que cette suggestion a uniquement pour but d'aider le déposant à décider de la manière de procéder. Elle n'exclut en aucune façon la prise en considération d'autres solutions soumises par celui-ci. La détermination du texte de la demande et, en particulier, la définition de l'objet de la protection demandée restent de la responsabilité du déposant.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

- 6 La revendication 1 ne se fonde pas sur la description, étant donné que sa portée est plus large que celle qui est justifiée par la description et les dessins. Bien qu'il est clair que la portée de l'invention concerne un carter d'un compresseur axial, la revendication indépendante ne le spécifie pas. De plus, pour par exemple un compresseur centrifuge, l'invention n'est pas exposée dans la demande de façon suffisamment claire et complète pour qu'un homme du métier puisse l'exécuter (un tel compresseur doit donc être exclu de la portée de la revendication indépendante).
- 6.1 Aussi pour la spécification "en porte-à-faux" employée dans la revendication 1, il est important de spécifier que cette fixation concerne la direction axiale. Ceci semble plutôt logique, mais pour une telle construction, aussi une fixation "en porte-à-faux" dans la direction circonférentielle est possible.
- 7 Les expressions "coïncide avec la surface interne *sur au plus* 20% de la longueur de chevauchement" de la revendication 7 et "une longueur axiale l_{354} et l_{356} qui représente *au maximum* 80% de la longueur du chevauchement" sur la page 12, lignes 5-10, semblent d'être en contradiction l'une avec l'autre. La revendication ne se fonde donc pas sur la description. Il semble que ces deux conditions ne peuvent être remplies quand les valeurs sont exactement 20% et 80% respectivement.