

## (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 12/07/2021

(21) Numéro de demande : BE2019/5933

(22) Date de dépôt : 18/12/2019

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 5/14, F01D 17/16, F01D 25/16, F04D 29/56

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

**SAFRAN AERO BOOSTERS société anonyme**

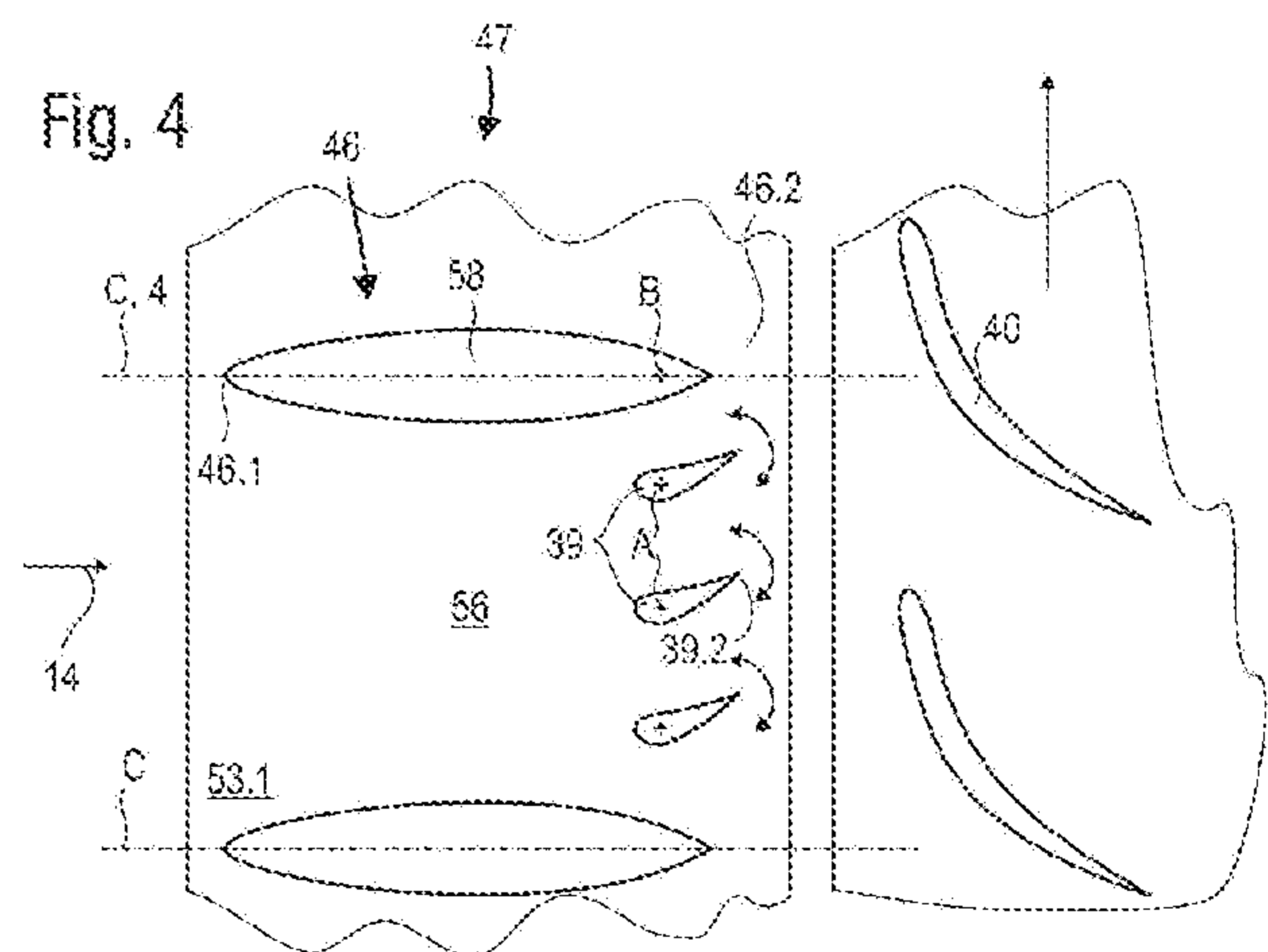
4041, HERSTAL  
 Belgique

(72) Inventeur(s) :

**CRACCO Cédric Carl Nathan**  
 4041 HERSTAL  
 Belgique

## (54) MODULE POUR TURBOMACHINE

(57) L'invention porte sur un module (47) de compresseur de turbomachine, comprenant une rangée annulaire de bras structuraux (46) définissant des espaces inter-bras (56) entre deux bras (46, 48) circonférentiellement adjacents ; et une rangée annulaire d'aubes statoriques (39) à orientation variable autour d'un axe (A) et disposées au moins partiellement dans les espaces inter-bras (56). Les bras (46) peuvent être munis de volets (60) pivotables autour d'un axe (B). L'invention porte également sur une turbomachine munie d'un tel module (47) et d'une rangée d'aubes rotoriques (40) directement en aval du module.



## Description

### MODULE POUR TURBOMACHINE

#### Domaine technique

L'invention a trait à un ensemble pour turbomachine. Plus précisément,  
5 l'invention a trait à un module de compresseur comprenant des bras radiaux et des aubes statoriques.

#### Technique antérieure

Un carter de compresseur de turbomachine axiale peut comprendre un tronçon  
10 structurel composé essentiellement d'un anneau externe, d'un moyeu central et de bras structuraux, dits « struts », s'étendant radialement entre le moyeu et l'anneau. Le carter structural forme une structure portante du réacteur. Il se présente généralement sous la forme d'une pièce monobloc obtenue par fonderie et définit une veine d'air en forme de col de cygne.

15 En amont et en aval du col de cygne sont généralement disposées deux rangées annulaires d'aubes statoriques.

Le document FR 3 032 480 A1 décrit une conception de carter structural dans laquelle les bras structuraux ont un profil amont identique à celui d'aubes amont axialement alignées avec celui-ci.

20 Une telle conception peut nécessiter une rangée d'aubes statoriques en aval des bras afin de diriger le flux de manière appropriée pour les étages suivants du compresseur et notamment les premières aubes rotoriques du compresseur en aval du carter.

Cette conception est aussi encombrante et il demeure une marge d'amélioration possible pour diminuer la longueur totale du turboréacteur.

#### 25 **Résumé de l'invention**

##### Problème technique

L'invention a pour objectif d'améliorer la compacité du turboréacteur sans dégrader l'écoulement du flux d'air.

### Solution technique

- L'invention a trait à un module de compresseur de turbomachine, comprenant : un moyeu central sensiblement axisymétrique ; un anneau externe, coaxial au moyeu central ; une rangée annulaire de bras s'étendant du moyeu central à l'anneau externe et définissant des espaces inter-bras entre deux bras circonférentiellement adjacents ; et une rangée annulaire d'aubes statoriques s'étendant du moyeu central à l'anneau externe et disposées au moins partiellement dans les espaces inter-bras ; remarquable en ce que les aubes statoriques sont orientables autour d'un axe respectif à chaque aube.
- 5
- 10 Ainsi, les aubes statoriques à orientation variable (aussi appelées à calage variable ou VSV en anglais pour « Variable stator vane ») sont pourvues en chevauchement axial des bras. Tout cet agencement peut être formé dans la veine en col de cygne du carter structural.
- Les bras et les aubes peuvent avoir des formes complexes et peuvent s'étendre selon une direction moyenne du moyeu central à l'anneau externe qui peut être sensiblement radiale et/ou normale aux surfaces du moyeu central et/ou de l'anneau externe qui guident le flux d'air.
- 15
- De même, l'axe de pivotement des aubes peut être sensiblement radial.
- Selon un mode avantageux de l'invention, chaque bras dispose d'une portion amont, fixe, et d'un volet aval pivotable autour d'un axe.
- 20
- La portion amont et le volet aval peuvent présenter une continuité de surface de guidage de l'air. L'axe de pivotement du volet est voisin de la portion amont afin que le pivotement du volet n'entraîne pas de discontinuité dans le guidage de l'air.
- 25
- Les volets permettent d'obtenir un flux en sortie du module qui est circonférentiellement plus homogène et permettent de limiter le risque de turbulences en sortie du module.
- Selon un mode avantageux de l'invention, les aubes et les bras, préférentiellement leurs volets, disposent de bords de fuite respectifs, et les aubes et les bras sont tels qu'il existe au moins une position de pivotement des aubes et/ou des bras dans laquelle les bords de fuite respectifs partagent une
- 30

position axiale commune. Ainsi, la superposition axiale des bras et des aubes est totale : les aubes ne s'étendent pas plus en aval que les bras. Ceci permet une compacité maximale du module de compresseur et par conséquent du turboréacteur. Lorsque le bras est pourvu d'un volet, le bord de fuite du volet et  
5 le bord de fuite des aubes peuvent préférentiellement avoir la même position axiale pour toutes les orientations angulaires du volet et des aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, chaque bras dispose d'un intrados et d'un extrados. Dans ce cas, les bras – avec les aubes rotoriques en amont et en aval – participent à la compression du flux d'air en permettant éventuellement  
10 également aux aubes d'être axialement plus courtes pour un même taux de compression.

Selon un mode avantageux de l'invention, chaque bras a une section dont au moins une portion est symétrique par rapport à un axe parallèle à l'axe du moyeu et/ou au moins une portion est asymétrique par rapport à un axe parallèle à l'axe  
15 du moyeu. Par exemple, une portion amont du bras peut être symétrique, et diriger le flux d'air purement axialement et une portion aval peut être non axisymétrique et dévier le flux d'air.

Selon un mode avantageux de l'invention, chaque bras a une section dont une portion est symétrique par rapport à un axe non parallèle à l'axe du moyeu. Ainsi,  
20 les bras peuvent participer à la déviation du flux. Le flux sortant des bras n'est plus nécessairement axial.

Selon un mode avantageux de l'invention, au moins un des volets a une section sensiblement identique à la section d'au moins une des aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, au moins un des volets a une section  
25 différente de la section d'au moins une des aubes, en particulier l'épaisseur de chaque volet est au moins deux fois supérieure à l'épaisseur de chaque aube. L'épaisseur pourra par exemple être mesurée perpendiculairement à la ligne de corde reliant les bords d'attaques aux bords de fuite des aubes ou des bras.

Selon un mode avantageux de l'invention, la section des aubes est identique pour  
30 toutes les aubes de la rangée d'aubes et/ou la section des bras n'est pas identique pour tous les bras. On pourra par exemple prévoir un ou des bras de

section plus grosse, par exemple pour recevoir une conduite de lubrification des paliers ou du réducteur. Le ou les bras les plus gros pourront par exemple se situer dans la partie circonférentielle du module qui est destinée à être en bas, dans le sens de fonctionnement normal du module assemblé dans le

5 turboréacteur.

Selon un mode avantageux de l'invention, deux rangées annulaires d'aubes statoriques axialement distantes l'une de l'autre sont agencées dans les espaces inter-bras. Ainsi, la rangée statorique en amont des bras et la rangée statorique en aval des bras peuvent être ramenées axialement dans les espaces inter-bras.

10 Selon un mode avantageux de l'invention, un mécanisme d'actionnement commun commande l'orientation des aubes et le pivotement des volets. Ce mécanisme peut être intégré sur le module et ainsi permettre un gain d'encombrement sur la virole extérieure directement en aval du module.

15 Selon un mode avantageux de l'invention, au moins deux mécanismes d'actionnement sont agencés pour orienter un premier groupe d'aubes statoriques selon une orientation et un second groupe d'aubes statoriques de la même rangée annulaire d'aubes statoriques selon une orientation différente de celle du premier groupe.

20 L'invention porte également sur une turbomachine axiale comprenant un compresseur basse-pression et/ou un compresseur haute-pression, muni d'un module selon l'un des modes de réalisation exposés ci-dessus, la turbomachine comprenant une rangée d'aubes rotoriques directement en aval du module.

Ainsi, il n'y a pas de rangée d'aubes statoriques entre le carter structural et le premier rotor du compresseur.

## 25 Avantages apportés

Le fait de ramener une rangée d'aubes statoriques à orientation variable en chevauchement des bras structuraux permet un gain de compacité axiale du turboréacteur tout en garantissant un taux de compression et donc un rendement du compresseur qui soit optimale. Aussi, l'écoulement du flux est assuré de

30 manière appropriée par l'orientation des aubes.

## **Brève description des dessins**

La figure 1 représente une turbomachine selon l'état de la technique ;

La figure 2 représente une turbomachine axiale selon l'invention ;

La figure 3 esquisse le module de compresseur selon l'invention dans une coupe perpendiculaire à l'axe de la turbomachine ;

5 La figure 4 illustre une vue partielle du module selon l'invention, vu radialement depuis l'extérieur.

Les figures 5 à 9 montrent d'autres exemples de mode de réalisation du module selon l'invention.

### **Description des modes de réalisation**

10 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. La direction axiale correspond à la direction le 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  
15 turbomachine. Le terme « solidaire » est compris comme solidaire en rotation.

La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale de l'état de la technique. Il s'agit dans ce cas précis d'un turboréacteur 2 double-flux.

La turbomachine 2 présente un axe de rotation 4. Une entrée annulaire 6 se divise en une veine primaire 8 et en une veine secondaire 10 grâce à un bec de  
20 séparation 12 de forme circulaire. Ces veines 8 et 10 sont empruntées par, respectivement, un flux primaire 14 et un flux secondaire 16, qui se rejoignent en sortie de la turbomachine 2. Les flux primaire 14 et secondaire 16 sont des flux annulaires coaxiaux et emmanchés l'un dans l'autre. Ils sont canalisés par les parois internes et externes de la turbomachine 2.

25 Le flux secondaire 16 est accéléré par une soufflante 18 disposée en entrée 6, afin de générer une poussée pour le vol d'un aéronef. Des pales de redressement 20 peuvent être disposées dans la veine secondaire 10 et être configurées afin d'augmenter la composante axiale de la vitesse du flux secondaire. La soufflante 18 est disposée en amont de la veine primaire 8 et de la veine secondaire 10.

Alternativement, la soufflante peut être du type non-carénée, par exemple à double rotor contrarotatifs. Elle peut être placée autour de la veine primaire.

La turbomachine 2 comprend une zone de compression formée par deux compresseurs 24, 26, une chambre de combustion 22 et une zone de détente  
5 28, 32. Les compresseurs 24, 26 sont composés d'un compresseur basse-pression 24 et d'un compresseur haute-pression 26.

Le compresseur haute-pression 26 peut être placé en entrée de la chambre de combustion 22.

En aval de la chambre de combustion 22, la turbomachine 2 peut présenter une  
10 turbine haute-pression 28 couplée à un arbre haute-pression 30, puis une turbine basse-pression 32 couplée à un arbre basse-pression 34. Ce dernier peut être indépendant en rotation de l'arbre haute-pression 30. Ces turbines 28, 32 peuvent former la zone de détente du flux primaire 14.

En fonctionnement, la puissance mécanique reçue par les turbines 28, 32 est  
15 transmise aux arbres 30, 34 qui mettent en mouvement les compresseurs 24, 26. Ces derniers comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stator. Les aubes de rotor sont solidaires ou cinématiquement entraînées par les arbres 30, 34 autour de l'axe de rotation 4 pour générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à  
20 l'entrée de la chambre de combustion 22.

La turbomachine peut comprendre des moyens de démultiplication, tel un réducteur 36 qui entraîne la soufflante 18 à une vitesse de rotation plus faible que celle des aubes rotoriques. Ainsi, deux turbines suffisent pour entraîner les compresseurs et la soufflante à trois vitesses de rotation respectives différentes.

25 Dans cet exemple, le compresseur basse-pression 24 comprend deux rangées d'aubes rotoriques 40, 42 solidaires de l'arbre 34 via un rotor 44.

Le compresseur 24 comprend des aubes statoriques 39, 41 intercalées entre les aubes rotoriques 40, 42.

Le compresseur 24 peut comprendre une alternance d'aubes statoriques et  
30 rotoriques, ou comme dans l'exemple illustré, deux rangées successives d'aubes

statoriques 43, 45 dans sa partie aval. L'ensemble des aubes statoriques 39, 41, 43, 45 forme le redresseur 35 du compresseur 24.

Le stator de la turbomachine 2 peut comprendre plusieurs modules de carters de support, dont un module amont 47 et un module aval 49 disposés de part et  
5 d'autre du compresseur 24. Ces modules 47, 49 peuvent comprendre des manches annulaires formant des tronçons de la veine primaire 8. Ils peuvent présenter des bras de support (dits « struts » en anglais) 46, 48 traversant radialement la veine 8. Les manches annulaires peuvent présenter des profils en col de cygne. Elles peuvent marquer des réductions importantes de diamètre de  
10 la veine primaire 8.

Le module amont 47 et ses bras 46 peuvent supporter le réducteur 36.

En amont des bras 46 est prévue une rangée d'aubes statoriques 37 à proximité du bec 12. En aval des bras 48 figure le compresseur haute-pression 26 muni d'aubes statoriques 50 et rotoriques 52. Ces dernières étant entraînées en  
15 rotation au moyen de l'arbre 30.

En général, directement en amont et directement en aval des bras 46, 48 sont disposées des rangées d'aubes statoriques, afin que le flux d'air qui parcourt les espaces inter-bras ait un écoulement de direction sans composante tangentielle (sensiblement axiale). Ces rangées peuvent être, ou non, des rangées d'aubes  
20 à calage variable, c'est-à-dire que leur orientation autour d'un axe radial est ajustable. Ces aubes sont supportées par une virole externe et interne en aval ou en amont des carters structuraux 47, 49.

Une portion en haut à droite de la figure 1 représente une vue agrandie de l'entrée du compresseur haute-pression 26. On y voit notamment la succession dans le  
25 sens de l'écoulement, d'une rangée annulaire de bras 48, suivie d'une rangée annulaire d'aubes statoriques 50 dont l'orientation est variable au moyen d'un dispositif 51. Une première rangée d'aubes rotoriques 52 est également illustrée en aval des aubes à calage variable 50.

La figure 2 représente une turbomachine selon l'invention.

30 Celle-ci diffère de la turbomachine connue de l'état de la technique essentiellement au travers de la conception des modules 47 et 49. L'un, l'autre

ou les deux modules structuraux 47, 49 peut/peuvent comprendre au moins une rangée d'aubes statoriques en chevauchement axial des bras structuraux 46, 48.

Ainsi, comme il transparaît d'une comparaison entre la longueur de la turbomachine de la figure 2 et celle de la figure 1 (voir trait mixte en bas à droite de la figure 1 et en haut à droite de la figure 2), l'intégration d'aubes statoriques dans le carter permet un gain de longueur de la turbomachine.

La figure 2 illustre les aubes 37 partiellement en chevauchement des bras 46 et les aubes 39 entièrement intégrées entre les bras 46. Alternativement, les aubes 39 peuvent n'être que partiellement au niveau axial des bras 46 et/ou les aubes 37 être en amont des bras 46.

Les mêmes modifications peuvent être faites, en complément ou en alternative, sur les bras 48 du module 49. Un encart en vue agrandie représente les aubes 50 à calage variable en entrée du compresseur haute-pression 26 qui chevauchent axialement les bras 48. Ainsi les aubes rotoriques 52 peuvent être placées directement après les bras 48.

La figure 3 montre une vue du module 47 ou 49 en coupe perpendiculaire à l'axe 4. Le module 47, 49 est formé des bras 46 ou 48, des aubes 37, 39 ou 45, d'un moyeu 53 et d'un anneau externe 55. Dans la suite, les numéros de référence en rapport au module 47 seront utilisés. L'homme du métier comprendra que les mêmes enseignements peuvent être appliqués, alternativement ou en combinaison, au module 49.

Les bras 46 définissent, circonférentiellement entre deux bras 46 adjacents, des espaces inter-bras 56.

Par souci de clarté, seules trois aubes 39 sont représentées sur la figure 3 dans un espace inter-bras 56. Plusieurs espaces inter-bras 56 et préférentiellement tous les espaces 56 accueillent des aubes 39 en nombre égal ou différent, préférentiellement régulièrement espacées circonférentiellement.

Le moyeu central 53 présente une surface externe 53.1 qui peut être sensiblement conique. La surface externe 53.1 peut aussi être courbe, voire avoir un point d'inflexion, pour que la veine parcourue par le flux d'air dans le module

47 ressemble à un « col de cygne ». Le diamètre du moyeu 53 en amont est plus grand que le diamètre aval.

Les bras 46 sont préférablement régulièrement distribués angulairement autour du moyeu central 53. Alternativement, de plus nombreux bras 46 ou des bras  
5 d'épaisseur circonférentielle plus importante peuvent être prévus dans la moitié inférieure du module (dans le sens de montage du compresseur sur l'avion).

Les différentes pièces du module 47 peuvent être assemblées par soudage, par exemple laser ou electron beam welding.

Les aubes intégrées au module 47 et notamment les aubes 39 peuvent être  
10 orientable autour d'un axe A respectif à chaque aube, qui est ici représenté comme radial. Un mécanisme d'actionnement (non représenté) commun à toutes les aubes – par exemple un anneau et un système de bielles – permet de pivoter les aubes autour de leur axe A. Alternativement, un groupe d'aubes peut être pivoté selon un angle donné à l'aide d'un mécanisme d'actionnement alors qu'un  
15 autre groupe d'aubes de la même rangée annulaire d'aubes peut être pivoté selon un autre angle donné autour de leurs axes A respectifs.

Le mécanisme d'actionnement de l'orientation des aubes peut être par exemple celui illustré dans le document EP 3 361 058 A1. Plusieurs mécanismes d'actionnement sous la forme d'anneaux de synchronisation coaxiaux et  
20 indépendant permettent de pivoter les aubes selon des angles différents, chaque anneau engageant un groupe de bielles liées aux aubes d'un groupe d'aubes.

Par exemple, les aubes adjacentes aux bras seront inclinées d'un angle donné qui sera différent des aubes qui ne sont pas adjacentes aux bras afin de compenser le cas échéant l'épaisseur circonférentielle des bras plus importante  
25 que celle des aubes. Ceci peut permettre une homogénéité des passages de l'air circonférentiellement.

Pour la même raison, les aubes peuvent avoir des profils différents, selon qu'elles sont situées au voisinage des bras ou plus éloignées circonférentiellement, vers le centre de l'espace inter-bras. Les bras ayant une épaisseur circonférentielle  
30 plus importante que les aubes, une progressivité, de proche en proche, de

l'épaisseur des aubes, pour se rapprocher régulièrement de l'épaisseur des bras peut être envisagée.

Les bras 46, 48 s'étendent généralement selon un axe B respectif à chaque bras 46, 48. L'axe B est ici illustré radialement à l'axe 4.

- 5 La figure 4 illustre une vue partielle du module 47 selon un axe B, vu radialement depuis l'extérieur. On peut y voir la surface externe 53.1 du moyeu et l'espace inter-bras 56, entre deux bras 46 circonférentiellement adjacents. La flèche 14 représente la direction générale du flux qui est sensiblement axiale (parallèle à l'axe 4) en entrée ou en sortie du compresseur.
- 10 Une portion du rotor figure à droite de la figure 4 avec les aubes 40 et une flèche indiquant le sens de rotation du rotor.

Le bras 46 dispose d'un bord d'attaque 46.1 et d'un bord de fuite 46.2.

- Dans l'espace inter-bras 56 sont agencées des aubes 39. Dans cet exemple, les aubes 39 sont complètement comprises dans cet espace 56. Il peut exister une
- 15 position angulaire des aubes 39 dans laquelle les bords de fuite 46.2 des bras sont sensiblement alignés axialement avec les bords de fuite 39.2 des aubes 39.
- Alternativement ou en combinaison, des aubes peuvent être prévues en regard de la portion amont 58 et peuvent présenter un bord d'attaque aligné avec le bord d'attaque 46.1 des bras (voir aubes 37 sur la figure 6).

- 20 Du fait de l'intégration des aubes 39 dans les espaces inter-bras, le flux d'air 14 peut rencontrer des aubes rotoriques (voir 40 ou 52 sur la figure 1) directement en aval du module 47.

- La figure 5 représente un autre mode de réalisation de l'invention. La figure 5 se distingue de la figure 4 en ce que le bras 46 est fait d'une portion amont fixe 58
- 25 et d'une portion aval pivotable, ou volet 60. Le volet 60 pivote selon l'axe B, radial et passant par le bras 46. Le pivotement des volets 60 peut être commandé par le même mécanisme d'actionnement que celui qui oriente les aubes 39 ou qui commande un groupe d'aube 39 comme décrit précédemment.

L'axe B peut être à une position axiale entre 60 et 90% de la corde des bras.

La portion amont 58 peut être sensiblement symétrique par rapport à un axe C parallèle à l'axe 4 de la turbomachine 2 ou par rapport à un axe bord d'attaque-bord de fuite des bras dans une position non actionnée des volets 60.

5 Le volet 60 peut avoir un profil (dans cette vue en coupe) qui est différent du profil des aubes 39. Par exemple le volet 60 peut être au moins deux fois plus épais que les aubes 39 (dans une direction perpendiculaire à la corde du volet ou des aubes). Alternativement (voir figures 6 à 8), le volet 60 peut avoir un profil identique aux aubes, dans cette vue en coupe perpendiculaire à l'axe B.

Les figures 6 à 8 illustrent d'autres exemples de profil pour le bras et les aubes.

10 La figure 6 illustre en particulier une portion 46.5 du bras qui est symétrique par rapport à l'axe C et une portion amont 46.6 qui est asymétrique par rapport à l'axe C. La portion amont 46.6 a dans cet exemple a un profil qui correspond à celui des aubes 37, agencées ici complètement dans l'espace inter-bras 56.

15 Les aubes 37, tout comme les aubes 39, peuvent avoir des profils qui ne sont pas identiques sur toute la circonférence du module, ou avoir des orientations qui ne sont pas identiques sur toute la circonférence du module.

20 Sur l'exemple de la figure 7, la portion symétrique par rapport à l'axe C, 46.5, est en amont. Le bras comprend un intrados 46.3 et un extrados 46.4. Dans cet exemple, en plus du volet 60, la partie fixe 58 participe à la compression du flux d'air.

La figure 8 montre un mode de réalisation où le bras n'a aucune portion qui présente de symétrie d'axe.

25 La figure 9 illustre un exemple supplémentaire. Deux rangées d'aubes statoriques 37, 39 sont agencées dans l'espace inter-bras 56. Seule une des rangées 39 est à orientation variable.

Une portion 46.5 du profil des bras 46 est symétrique par rapport à un axe D qui est incliné par rapport à l'axe 4 de la turbomachine 2 et qui peut former un angle de 15 à 40° par rapport à l'axe 4.

L'homme du métier reconnaîtra que les différents modes de réalisation présentés ici peuvent être combinés et l'enseignement de l'un des modes de réalisation peut être appliqué à tous les autres modes de réalisation.

Aussi, les exemples illustrés montrent trois aubes entre deux bras adjacents.

- 5 D'autres nombres d'aubes peuvent être prévus, notamment lorsque les bras sont irrégulièrement espacés angulairement. On choisira avantageusement un nombre d'aubes compris entre 3 à 10 dans chaque espace inter-bras.

Dans les exemples illustrés, les axes A et B sont représentés comme étant radiaux par commodité de représentation et de compréhension des concepts de  
10 l'invention. Néanmoins l'invention ne saurait être limitée à des axes A et B purement radiaux et en particulier une inclinaison par rapport à l'axe 4 (vu dans un plan tel que celui de la figure 2) ou un déport (axes A et/ou B ne passant pas par l'axe 4 dans la figure 3) sont également envisageables.

## Revendications

1. Module (47, 49) de compresseur (24, 26) de turbomachine (2), comprenant :
  - un moyeu central (53) sensiblement axisymétrique ;
  - un anneau externe (55), coaxial au moyeu central (53) ;
- 5 - une rangée annulaire de bras (46) s'étendant du moyeu central (53) à l'anneau externe (55) et définissant des espaces inter-bras (56) entre deux bras (46, 48) circonférentiellement adjacents ; et
- 10 - une rangée annulaire d'aubes statoriques (37, 39, 45) s'étendant du moyeu central (53) à l'anneau externe (55) et disposées au moins partiellement dans les espaces inter-bras (56) ;  
caractérisé en ce que les aubes statoriques (37, 39, 45) sont orientables autour d'un axe (A) respectif à chaque aube.
2. Module (47, 49) selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque bras (46, 48) dispose d'une portion amont (58), fixe, et d'un volet (60) aval
- 15 pivotable autour d'un axe (B).
3. Module (47, 49) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les aubes (39) et les bras (46, 48), préférentiellement leurs volets (60), disposent de bords de fuite (39.2, 46.2) respectifs, et les aubes (39) et les bras (46, 48) sont tels qu'il existe au moins une position de pivotement des aubes (39)
- 20 et/ou des bras (46, 48) dans laquelle les bords de fuite (39.2, 46.2) respectifs partagent une position axiale commune.
4. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque bras (46, 48) dispose d'un intrados (46.3) et d'un extrados (46.4).
5. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que
- 25 chaque bras (46, 48) a une section dont au moins une portion (46.5) est symétrique par rapport à un axe (C) parallèle à l'axe du moyeu (4) et/ou au moins une portion (46.6) est asymétrique par rapport à un axe (C) parallèle à l'axe du moyeu (4).

6. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chaque bras (46, 48) a une section dont une portion (46.5) est symétrique par rapport à un axe (D) non parallèle à l'axe du moyeu (4).
- 5 7. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 6 en combinaison de la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins un des volets (60) a une section sensiblement identique à la section d'au moins une des aubes (39).
- 10 8. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 7 en combinaison de la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins un des volets (60) a une section différente de la section d'au moins une des aubes (39), en particulier l'épaisseur de chaque volet (60) est au moins deux fois supérieure à l'épaisseur de chaque aube.
- 15 9. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la section des aubes (39) est identique pour toutes les aubes (37, 39, 45) de la rangée d'aubes et/ou la section des bras (46) n'est pas identique pour tous les bras (46, 48).
10. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que deux rangées annulaires d'aubes statoriques (37, 39) axialement distantes l'une de l'autre sont agencées dans les espaces inter-bras (56).
- 20 11. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 10 en combinaison de la revendication 2, caractérisé en ce qu'un mécanisme d'actionnement commun commande l'orientation des aubes (39) et le pivotement des volets (60).
- 25 12. Module (47, 49) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'au moins deux mécanismes d'actionnement sont agencés pour orienter un premier groupe d'aubes statoriques selon une orientation et un second groupe d'aubes statoriques de la même rangée annulaire d'aubes statoriques selon une orientation différente de celle du premier groupe.
13. Turbomachine (2) comprenant un compresseur basse-pression (24) et/ou un compresseur haute-pression (26), muni d'un module (47, 49) selon l'une des

revendications 1 à 12, la turbomachine comprenant une rangée d'aubes rotoriques (40, 52) directement en aval du module (47, 49).

Fig. 1

ETAT DE LA TECHNIQUE

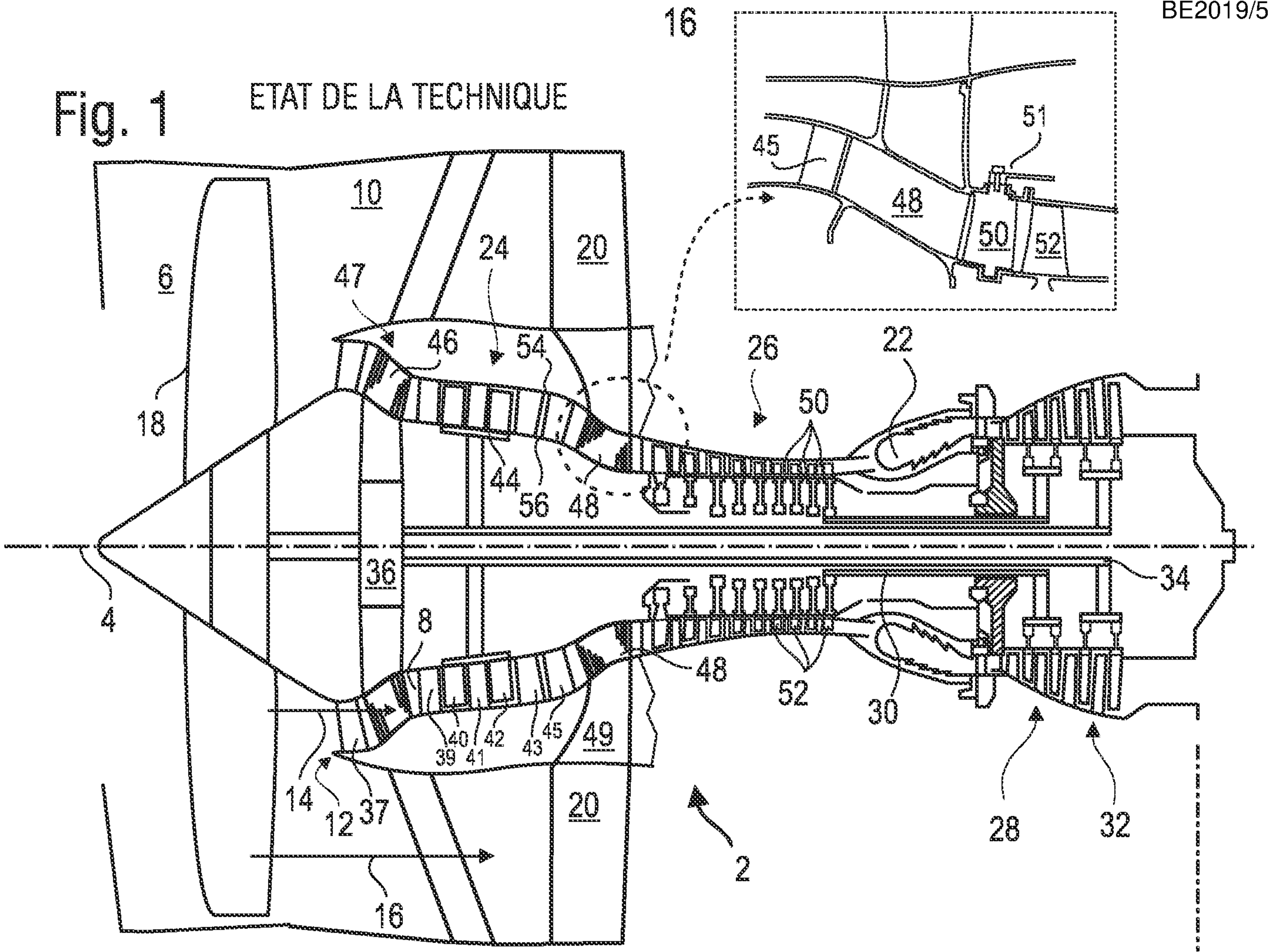


Fig. 2

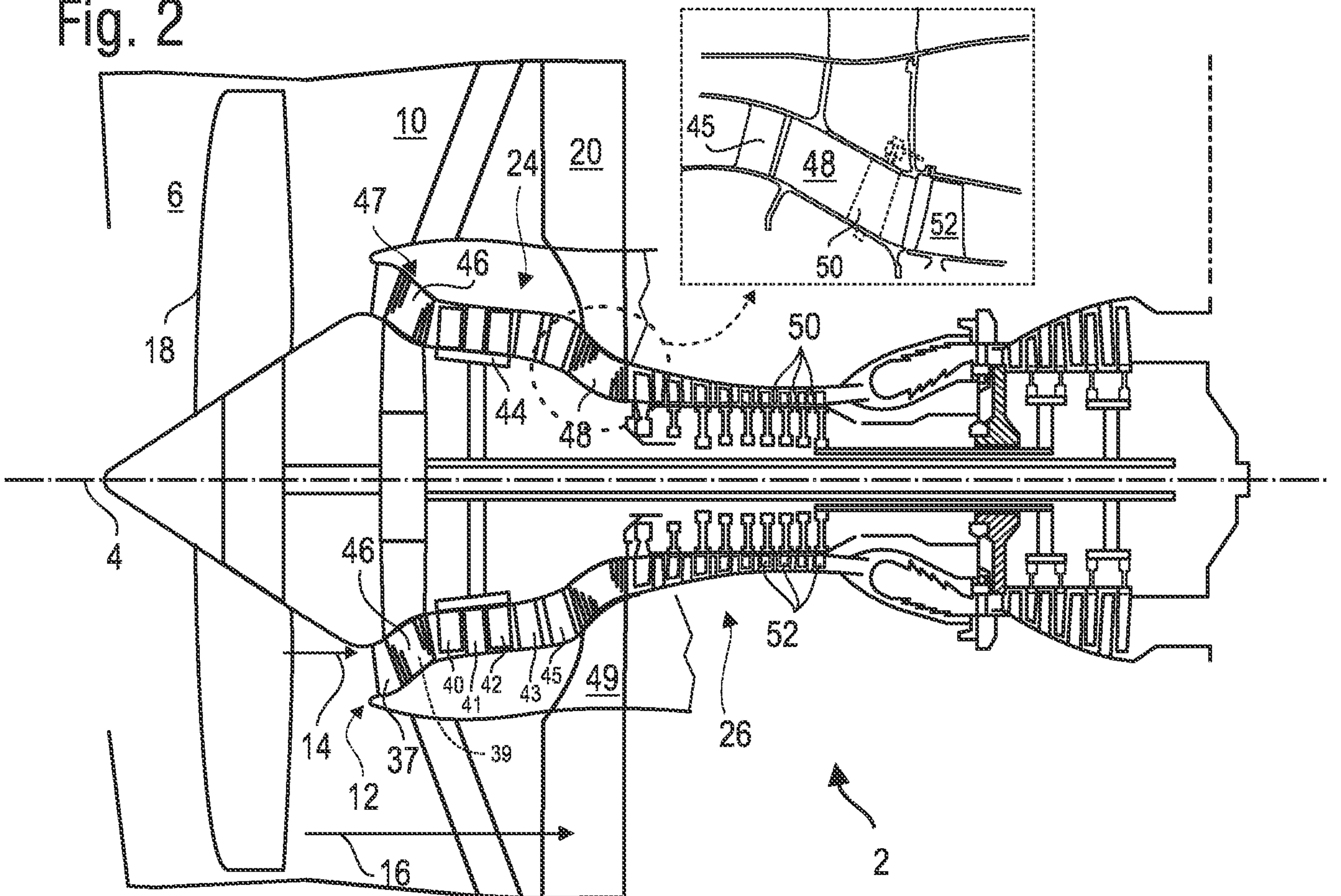


Fig. 3

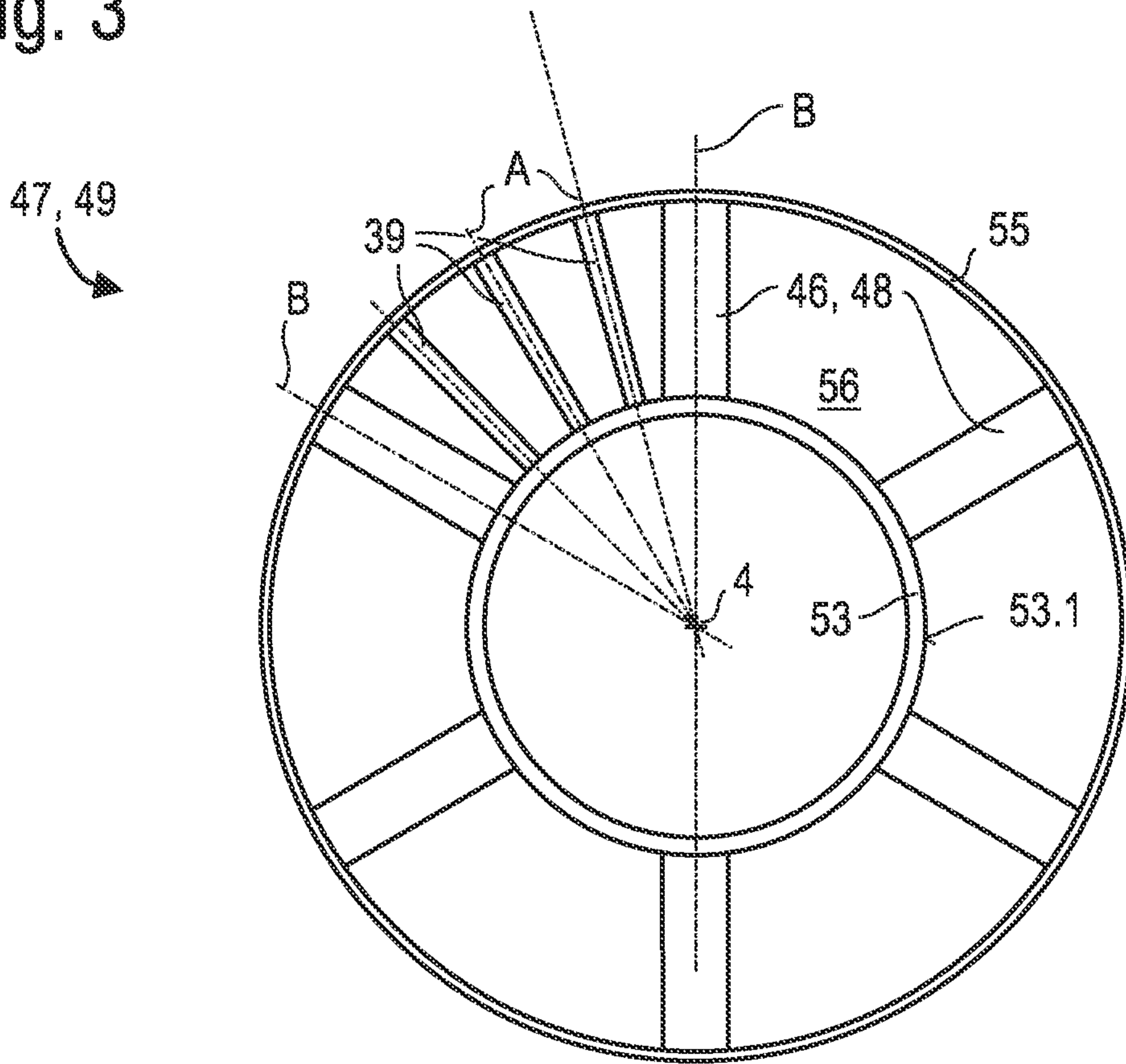
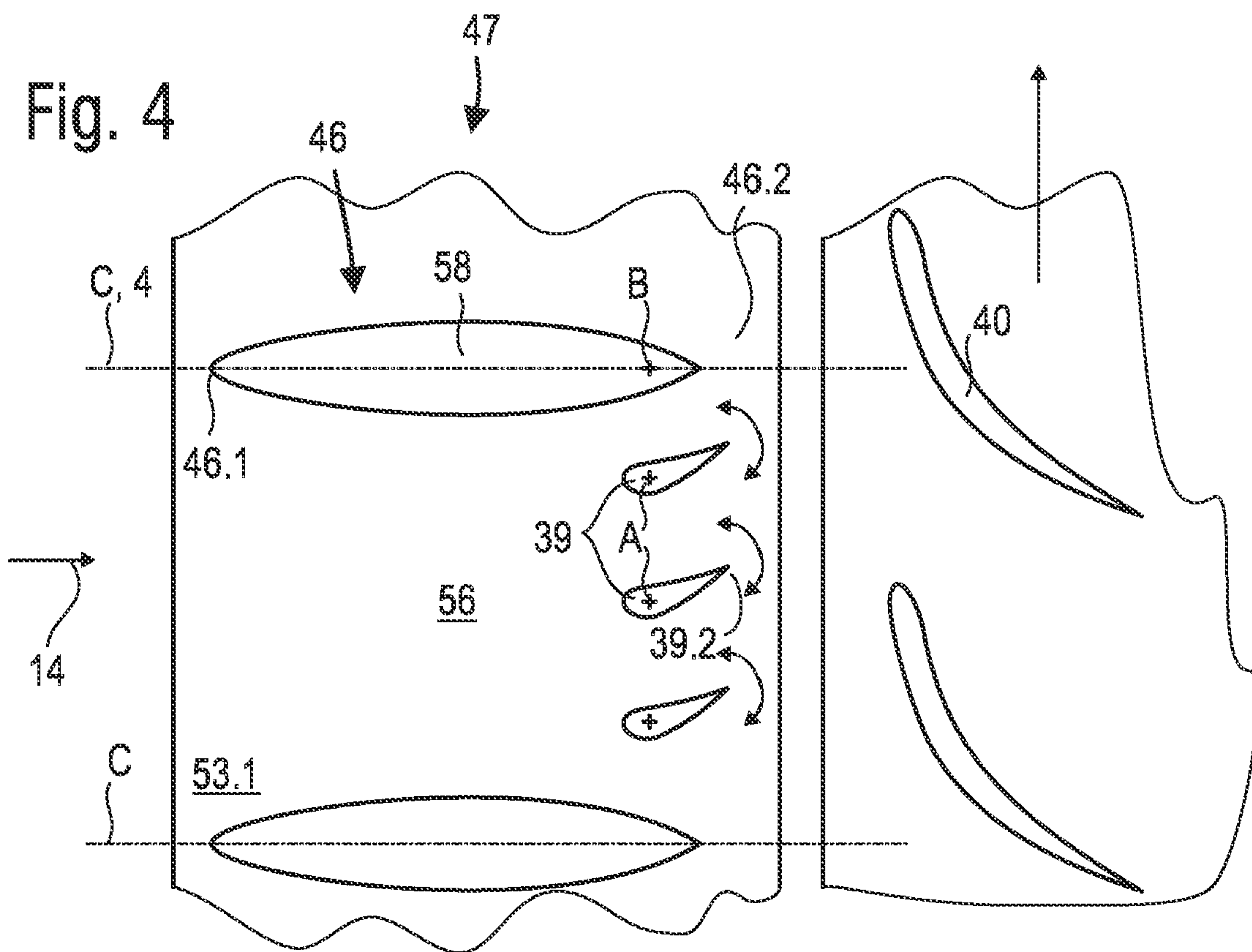


Fig. 4



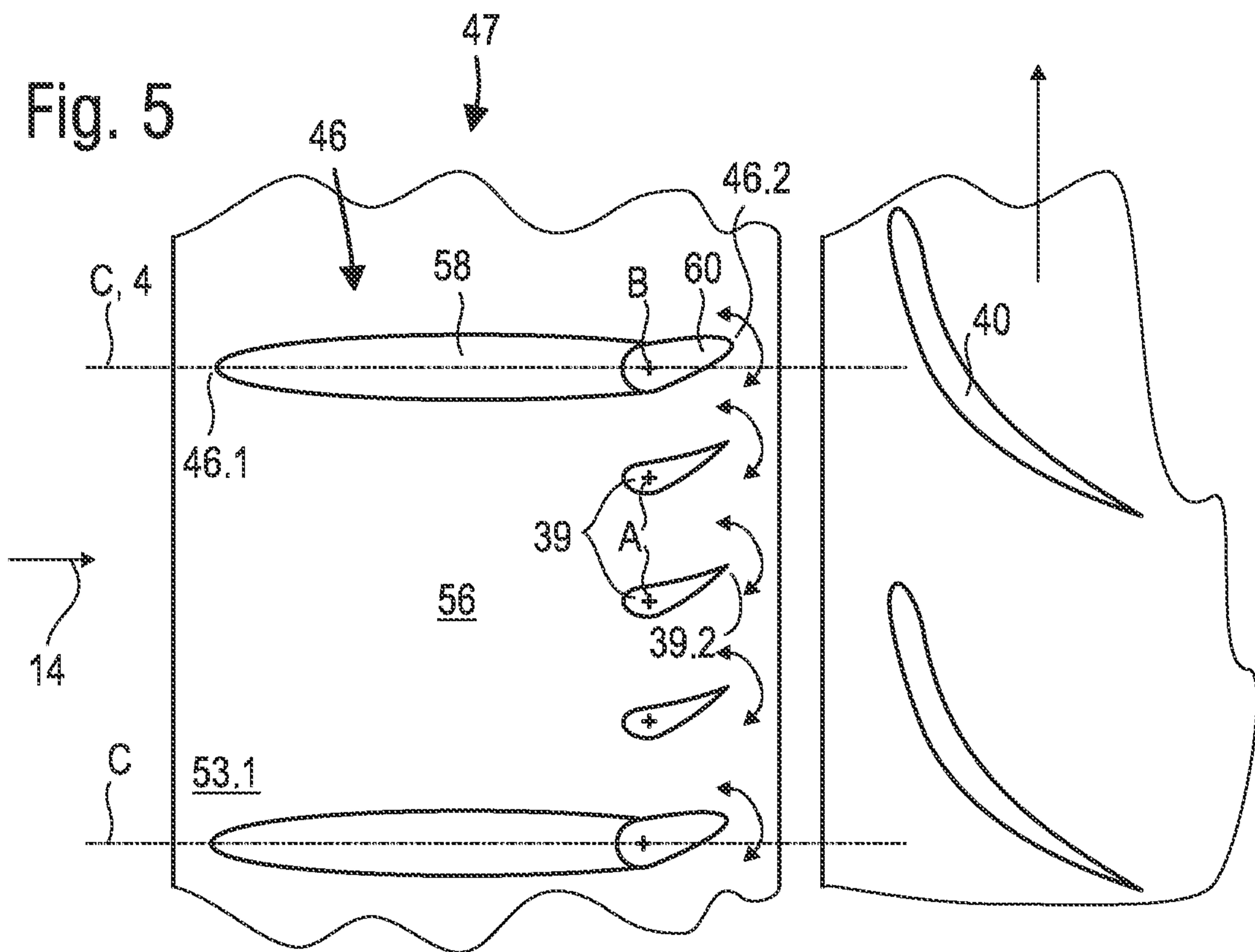


Fig. 6

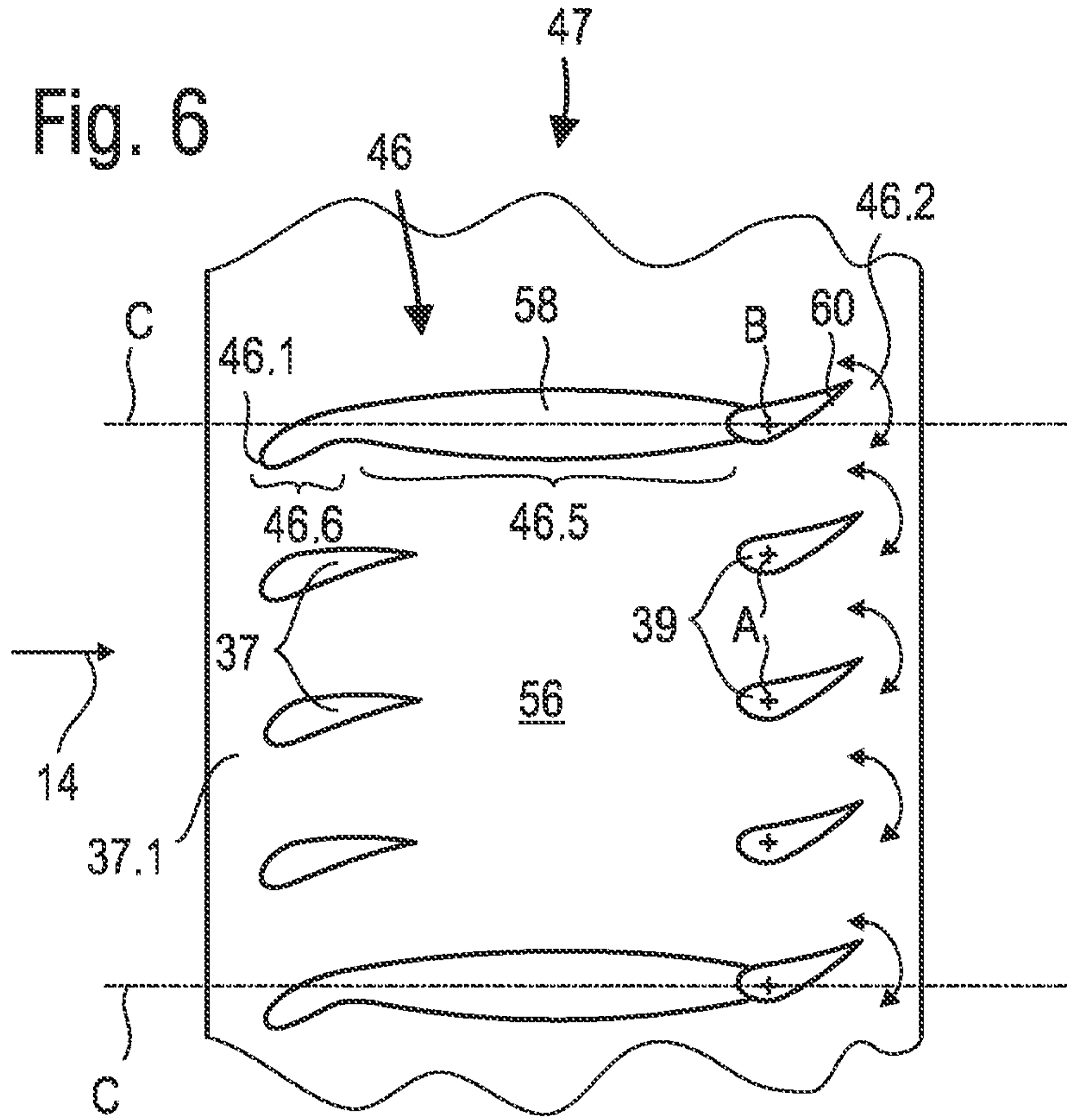


Fig. 7

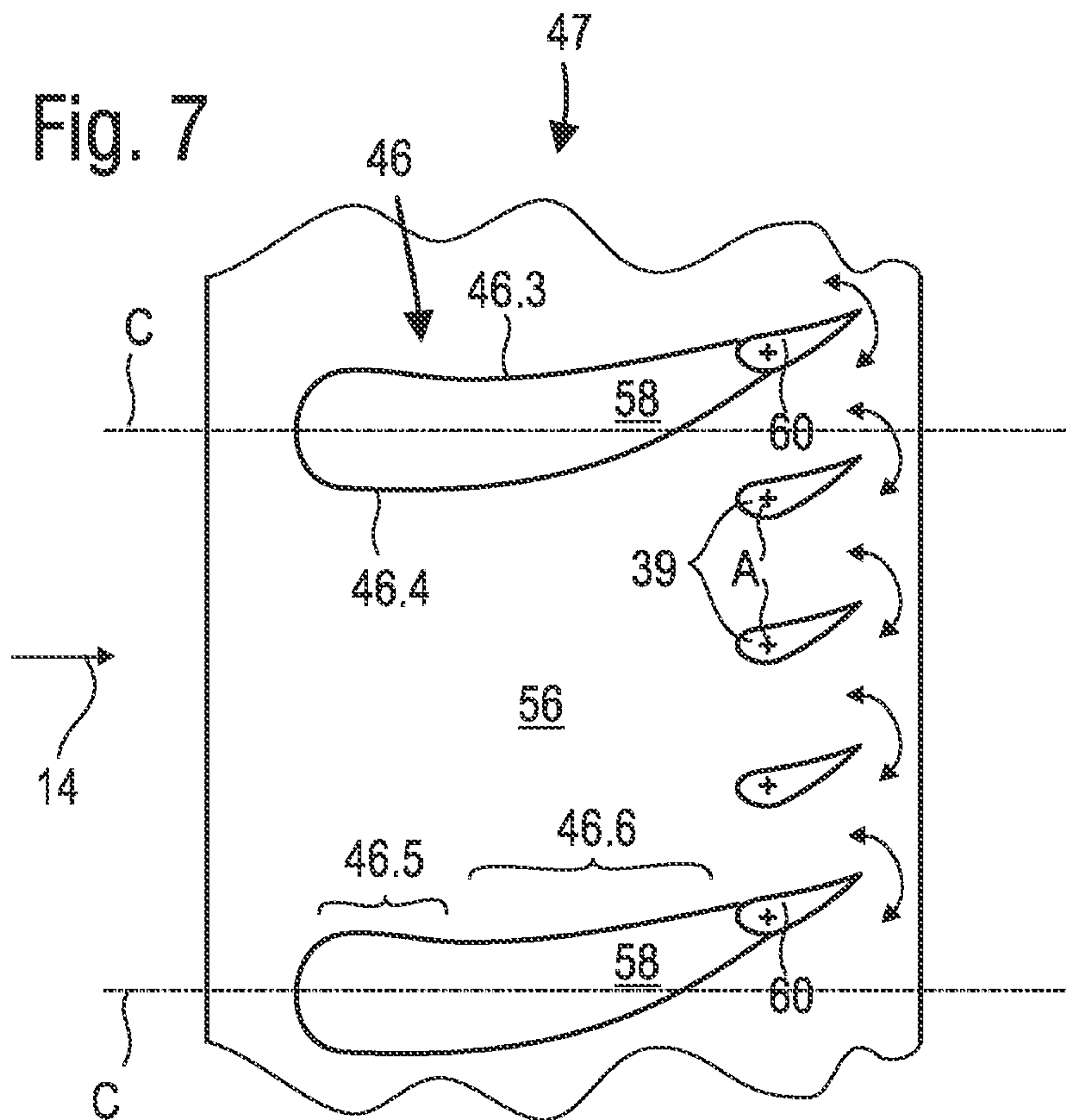


Fig. 8

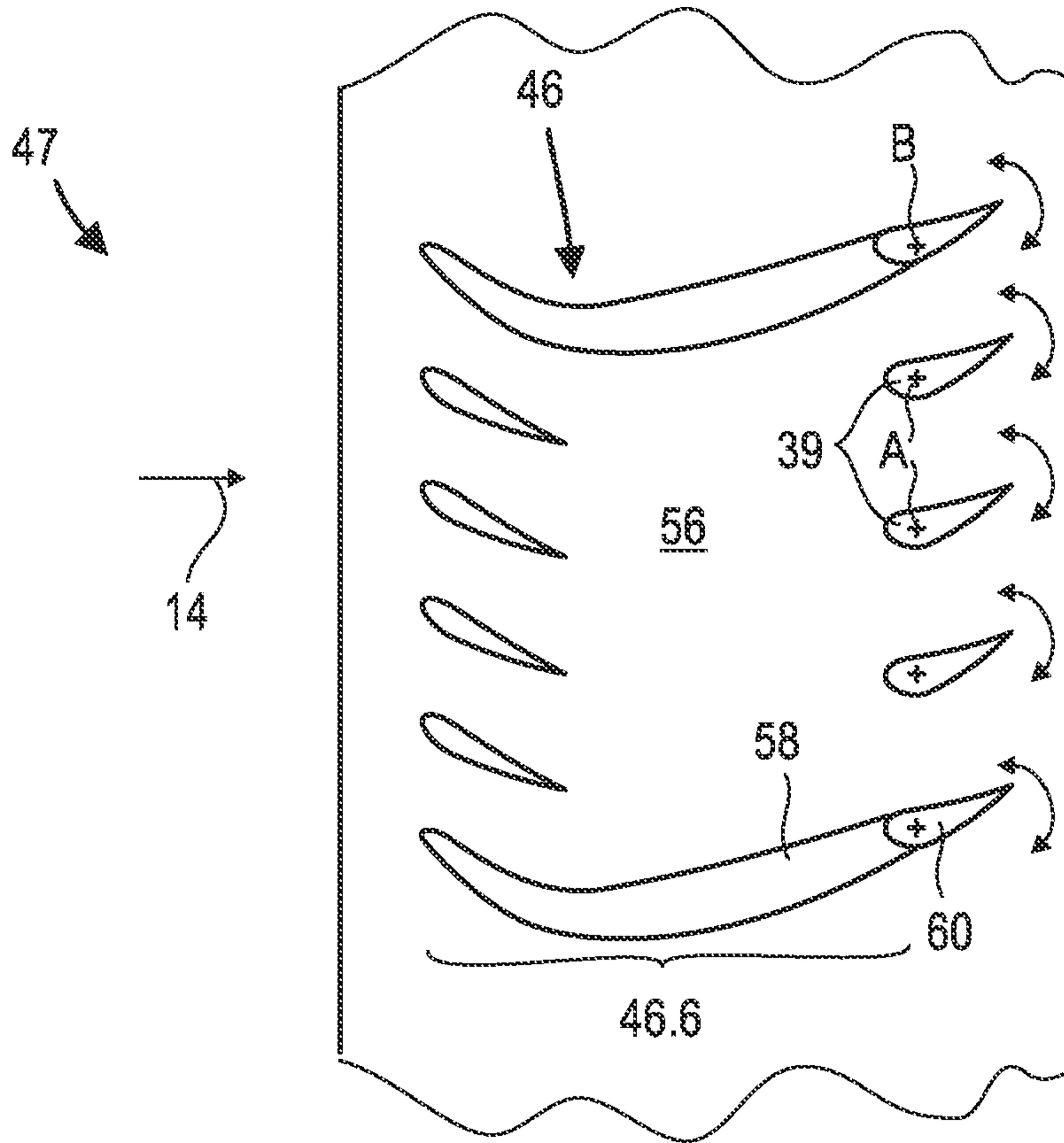
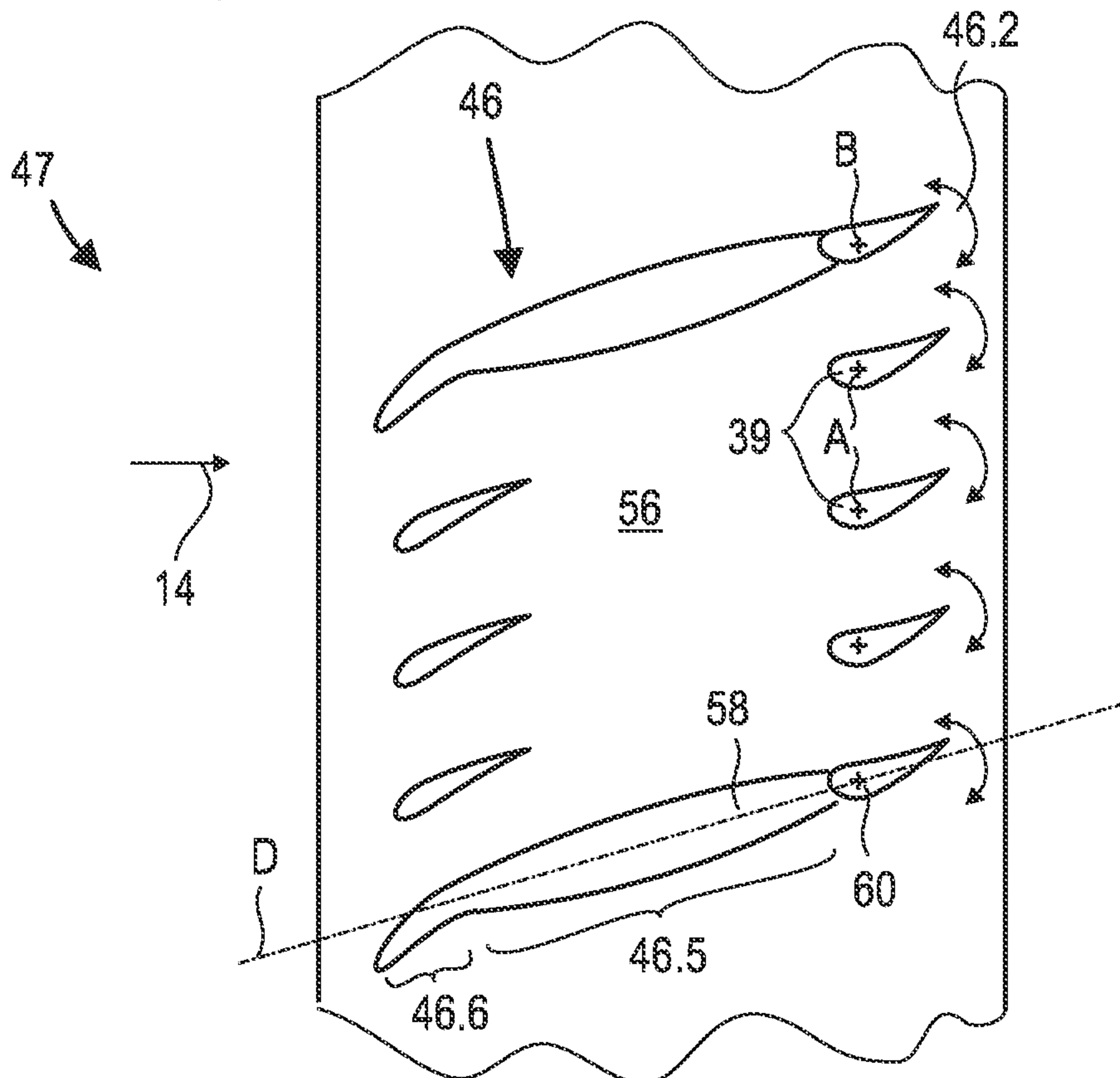


Fig. 9





**RAPPORT DE RECHERCHE**  
 établi en vertu de l'article XI.23., §2 et §3  
 du Code de droit économique belge

BO 11993  
 BE 201905933

<b>DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	GB 2 405 184 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 23 février 2005 (2005-02-23)	1,5,6,9,10,13	INV. F01D5/14
Y	* page 1, ligne 1 - ligne 10 *	2,4	F01D17/16
A	* page 7, ligne 27 - page 9, ligne 5 * * figures 1, 5 *	3,11,12	F01D25/16 F04D29/56
-----			
X	US 2016/061054 A1 (NOLCHEFF NICK [US]) 3 mars 2016 (2016-03-03)	1-3,5,7-13	ADD. F01D25/28
Y	* alinéa [0001] * * alinéa [0005] - alinéa [0007] * * alinéa [0018] * * alinéa [0027] - alinéa [0031] * * figures 1, 3 *	4,6	F02C9/20
-----			
Y	EP 0 942 150 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 15 septembre 1999 (1999-09-15)	4,6	
	* alinéa [0026] - alinéa [0034] * * figure 3 *		
-----			
Y	EP 3 502 416 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26 juin 2019 (2019-06-26)	2	
	* alinéa [0031] - alinéa [0034] * * figures 4-5 *		
-----			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 juin 2020		Nicolai, Sébastien	
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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                  .....                  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

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

B0 11993  
BE 201905933

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.

23-06-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2405184      A	23-02-2005	AUCUN	
-----			
US 2016061054    A1	03-03-2016	US 2016061054 A1	03-03-2016
		US 2019078466 A1	14-03-2019
-----			
EP 0942150      A2	15-09-1999	DE 69932966 T2	14-12-2006
		EP 0942150 A2	15-09-1999
		ES 2267225 T3	01-03-2007
		US 6082966 A	04-07-2000
-----			
EP 3502416      A1	26-06-2019	EP 3502416 A1	26-06-2019
		US 2019186501 A1	20-06-2019
-----			



## OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11993	Date du dépôt( <i>jour/mois/année</i> ) 18.12.2019	Date de priorité ( <i>jour/mois/année</i> )	Demande n° BE201905933
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F01D5/14 F01D17/16 F01D25/16 F04D29/56 ADD. F01D25/28 F02C9/20			
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 Nicolai, Sébastien
--	---------------------------------

## OPINION ÉCRITE

Demande n°  
BE201905933

---

### 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	2-4, 6-8, 10-12
	Non : Revendications	1, 5, 9, 13
Activité inventive	Oui : Revendications	
	Non : Revendications	1-13
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-13
	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**

**Ad point V :**

1 Il est fait référence aux documents suivants :

- D1** GB 2 405 184 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 23 février 2005  
(2005-02-23)
- D2** US 2016/061054 A1 (NOLCHEFF NICK [US]) 3 mars 2016  
(2016-03-03)
- D3** EP 0 942 150 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 15 septembre 1999  
(1999-09-15)
- D4** EP 3 502 416 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26 juin  
2019 (2019-06-26)

**Revendication indépendante 1 - brevetabilité :**

2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la **revendication indépendante 1** n'étant pas nouveau et inventif.

2.1 Nouveauté :

Le document **D1** (page 1, ligne 1 - ligne 10; page 7, ligne 27 - page 9, ligne 5; figures 1, 5) divulgue :

Module **72** de compresseur **38** de turbomachine **2** (**figure 1**), comprenant :

- un moyeu central **74** sensiblement axisymétrique (**figures 3-4**) ;
- un anneau externe **40**, coaxial au moyeu central **74** (**figures 3-4**) ;
- une rangée annulaire de bras **46a, 46b** (**figure 5**) s'étendant du moyeu central **74** à l'anneau externe **40** et définissant des espaces inter-bras (**cf. figure 5**) entre deux bras **46a, 46b** circonférentiellement adjacents ; et
- une rangée annulaire d'aubes statoriques **80a - 80e** s'étendant du moyeu central **74** à l'anneau externe **40** et disposées au moins partiellement dans les espaces inter-bras (**cf. figure 5**) ; et
- les aubes statoriques **80a - 80e** sont orientables autour d'un axe respectif à chaque aube **80a - 80e** (**figure 5**).

2.2 Activité inventif :

- 2.2.1 En outre, le document **D2** (alinéa [0001]; alinéa [0005] - alinéa [0007]; alinéa [0018]; alinéa [0027] - alinéa [0031]; figures 1, 3) divulgue un module de compresseur **130** comprenant un moyeu central et un anneau externe (*cf.* figure 1). Entre le moyeu et l'anneau externe une rangée annulaire de bras **210** (figure 3) est arrangée définissant des espaces inter-bras entre deux bras **210** circonférentiellement **201** adjacents. Une rangée annulaire d'aube statorique **311** s'étendant du moyeu à l'anneau externe et sont disposées entièrement dans les espaces inter-bras.
- 2.2.2 Par conséquent, l'objet de la **revendication indépendante 1** diffère de la du module divulgué par le document **D2** en ce que les aubes statoriques sont orientables autour d'un axe respectif à chaque aube.
- 2.2.3 Cette caractéristique distinctive a l'effet technique de ramener une rangée d'aube statoriques à orientation variable en chevauchement des bras structuraux (*cf.* page 4, ligne 26 - ligne 27). Néanmoins, cet effet est également obtenue par la configuration du document **D2** (*cf.* alinéa [0018]) lequel adresse le même problème (*cf.* paragraphe [0005]).
- Par conséquent, le problème que la présente invention se propose de résoudre peut être considéré comme proposer une solution alternative pour augmenter la compacité du turboréacteur tout en garantissant un taux de compression.
- 2.2.4 La solution proposée dans la **revendication indépendante 1** de la présente demande ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive. Le document **D2** décrit expressément le même problème et une solution alternative apportant le même effet technique. L'homme du métier cherchant à résoudre le problème objectif technique considérerait d'une manière présumée la solution avec une rangée annulaire d'aube à calage variable.

### **Revendications dépendantes 2-13 :**

- 3 Nonobstant le manque de clarté mentionné ci-dessous (*cf.* point ), les **revendications dépendantes 2-15** ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications a laquelle ladite revendication dépendante est liée.
- 3.1 Document **D1**
- Le document **D1** (page 1, ligne 1 - ligne 10; page 7, ligne 27 - page 9, ligne 5; figures 1, 5) divulgue également l'objet des **revendications dépendantes 5, 9 et 13** et rend l'objet des **revendications dépendantes 2, 4, 6 et 10** évident. Le

document **D1** divulgue un bras a une section symétrique par rapport à l'axe du moyeu (*cf.* figure 5). Les sections d'aubes sont identique pour toutes les aubes (figure 5). Un bras structural avec un volet est également bien connue comme démontrer par le document **D4** (alinéa [0031] - alinéa [0034]; figures 4-5). La sélection d'un profil de bras aérodynamiquement »actif« est bien connue à l'Homme du métier, démontrer par exemple par le document **D3** (alinéa [0026] - alinéa [0034]; figure 3). Cela s'applique également à l'objet de la **revendication dépendante 6** car l'inclinaison du profil représente une modification imminente. L'intégration d'une deuxième rangée d'aube en amont est aussi bien connue dans l'art et non plus peut justifier une activité inventif. Le compresseur du document **D1** est une soufflante, à savoir un compresseur basse-pression.

### 3.2 Document **D2**

Le document **D2** (alinéa [0001]; alinéa [0005] - alinéa [0007]; alinéa [0018]; alinéa [0027] - alinéa [0031]; figures 1, 3) rend l'objet des **revendication dépendantes 2-13** évident. Même si la structure de du document **D2** (*cf.* figure 3) n'est pas une structure pivotable, l'effet apporté est le même. Comme visible dans la figure 3, chaque bras **210** contient une section variable **312** identique avec les aube **311** par rapport à l'extension axial et le positionnement.

### **Applicabilité industrielle des revendications 1-13 :**

- 4 L'objet des **revendications 1-13** de la présente demande est susceptible d'une utilisation industrielle.

### **Ad point VII :**

#### **Annotation générale :**

- 5 La demanderesse est invitée à prendre en considération les points suivants:
- 5.1 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.
- 5.2 **Des signes de référence ne peuvent être utilisés pour les dessins que s'ils figurent dans la description et vice-versa.** Il n'est pas satisfait à cette condition en ce qui concerne le signe de référence **54** (*cf.* figure 1) et le signe de référence **35** (page 7, ligne 2).

### **Ad point VIII :**

**Clarté des revendications 1, 3 et 8 :**

- 6 La formulation des **revendications 1, 3 et 8** n'est pas claire.
- 6.1 LA revendication indépendante 1 est définie entre autre par l'expression *sensiblement axisymétrique*. Cette définition rend l'objet de la revendication ambigu car *sensiblement axisymétrique* comprend également non-axisymétrique. Ainsi cette spécification ne limite pas l'objet de la revendication.
- 6.2 Les **revendications dépendantes 3 et 8** sont définies par des **caractéristiques facultatives**. Les expressions telles que *préférentiellement* ou *en particulier* n'ont pas d'effet limitatif sur la portée d'une revendication, ce qui revient à dire que la caractéristique qui suit une telle expression doit être considérée comme entièrement facultative.