

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 088 366**

②① N° d'enregistrement national : **18 71445**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **F 01 D 9/02 (2019.01), F 02 C 9/16**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ AUBE DE STATOR.

②② Date de dépôt : 09.11.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 15.05.20 Bulletin 20/20.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 23.10.20 Bulletin 20/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN* — FR.

⑦② Inventeur(s) : *BIDAN GUILLAUME FRANCOIS  
DANIEL.*

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN.*

⑦④ Mandataire(s) : *REGIMBEAU.*

**FR 3 088 366 - B1**



## **Description**

### **Titre de l'invention : AUBE DE STATOR**

#### **Domaine technique**

- [0001] L'invention concerne la mesure du débit d'un flux d'air circulant à travers une turbomachine.
- [0002] L'invention vise plus spécifiquement une aube de stator munie d'un dispositif de mesure d'un débit d'un flux d'air circulant à travers le stator, un procédé de fabrication d'une telle aube, un stator comprenant une telle aube, et un procédé de calibration d'un dispositif de mesure d'un débit d'un flux d'air.

#### **Technique antérieure**

- [0003] Une turbomachine est dite « à double-flux » lorsqu'un flux d'air aspiré par une soufflante de la turbomachine est réparti entre :
- un flux primaire, circulant à travers une (ou des) section(s) de compresseur, une chambre de combustion, et une (ou des) section(s) de turbine, et
  - un flux secondaire circulant autour de la (ou les) section(s) de compresseur, la chambre de combustion, et la (ou les) section(s) de turbine.
- [0004] Dans les turbomachines à double-flux, il est connu de mesurer le débit de la totalité du flux d'air aspiré par la soufflante au moyen de capteurs disposés en amont de ladite soufflante. La répartition de débit d'air entre le flux primaire et le flux secondaire est ensuite calculée en fonction des dimensions de la turbomachine.
- [0005] Ce procédé de mesure présente néanmoins de nombreux inconvénients, parmi lesquels le manque de précision dans la mesure du débit d'air circulant au sein du flux primaire et du flux secondaire.
- [0006] Il existe donc un besoin de pallier au moins un des inconvénients de l'art antérieur précédemment décrits.
- [0007] DESCRIPTION DE L'INVENTION
- [0008] Un des buts de l'invention est de mesurer le débit d'air circulant au sein du flux primaire et/ou du flux secondaire d'une turbomachine à double flux.
- [0009] Un autre but de l'invention est d'effectuer cette mesure d'une manière simple, efficace et robuste.
- [0010] Un autre de but de l'invention est de mettre en œuvre cette mesure sans pénaliser les procédés de fabrication et/ou de maintenance d'une turbomachine à double flux.
- [0011] A cet égard, l'invention a pour objet une aube d'un stator d'une turbomachine, ladite aube comprenant un dispositif de mesure d'un débit d'un flux d'air circulant à travers le stator, ledit dispositif de mesure comprenant au moins un capteur à film chaud.
- [0012] En munissant une aube d'un stator d'une turbomachine d'un capteur à film chaud, il

est possible d'accéder directement au débit d'un flux d'air au sein du flux primaire et/ou du flux secondaire. En outre, un capteur à film chaud constitue un moyen efficace et robuste d'effectuer ces mesures. Enfin, il s'agit d'un élément très facile à intégrer sur les turbomachines existantes, et ne nécessitant que peu d'investissement en production et/ou en maintenance.

[0013] Avantageusement, mais facultativement, l'aube selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- le au moins un capteur à film chaud comprend :
- une première couche isolante thermiquement et/ou électriquement, et
- une deuxième couche métallique formant une partie sensible du capteur à film chaud,

[0014] la première couche étant disposée entre une surface de l'aube et la deuxième couche,

- la première couche comprend :
- une première sous-couche isolante thermiquement, et
- une deuxième sous-couche isolante électriquement,
- le au moins un capteur à film chaud comprend en outre une troisième couche de protection, la première couche et la deuxième couche étant disposées entre la surface de l'aube et la troisième couche,

- l'aube présente :
- un bord d'attaque,
- un intrados,
- un extrados,
- le au moins capteur à film chaud étant disposé sur l'intrados et/ou sur l'extrados, et s'étendant jusqu'au bord d'attaque,

[0015] - l'aube présente :

- un bord d'attaque,
- un bord de fuite,
- un intrados,
- un extrados,

le au moins un capteur à film chaud étant disposé sur l'intrados et/ou sur l'extrados, et s'étendant à distance du bord d'attaque et à distance du bord de fuite, et

- le dispositif de mesure d'un débit d'air circulant à travers le stator comprend en outre un capteur de température.

[0016] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une aube telle que précédemment décrite, le procédé de fabrication comprenant la fixation du au moins un capteur à film chaud sur une surface de l'aube.

[0017] Avantageusement, mais facultativement, le procédé de fabrication d'une aube telle

que précédemment décrite selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- il comprend une étape de formation du au moins capteur à film chaud, dans lequel la formation du au moins un capteur à film chaud comprend les étapes de :
  - dépôt d'une deuxième couche métallique sur une première couche isolante thermiquement et/ou électriquement,
  - dépôt d'une troisième couche de protection sur la deuxième couche métallique, de sorte à former le capteur à film chaud dont une partie sensible est formée par la deuxième couche métallique, et
  - la formation du au moins un capteur à film chaud comprend une étape de dépôt de la première couche isolante thermiquement et/ou électriquement sur une surface de l'aube.

[0018] L'invention a en outre pour objet un procédé de calibration d'un dispositif de mesure d'un débit d'air d'une aube telle que précédemment décrite, le procédé de calibration comprenant les étapes de :

- disposition d'une grille de calibration en amont de l'aube, la grille de calibration étant configurée pour conférer à un flux d'air circulant à travers ladite grille de calibration, des caractéristiques aérodynamiques prédéterminées,
- mise en circulation du flux d'air à travers la grille de calibration et autour de l'aube, et
- comparaison d'une valeur mesurée fournie par le au moins un capteur à film chaud avec une valeur attendue qui dépend des caractéristiques aérodynamiques prédéterminées du flux d'air.

[0019] Avantagement, mais facultativement, le procédé de calibration d'un dispositif de mesure d'un débit d'air d'une aube telle que précédemment décrite selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- la grille de calibration comprend :
  - une aube fixe radiale configurée pour générer une giration prédéterminée dudit flux d'air, et
  - une aube fixe tangentielle configurée pour impartir un débit prédéterminé audit flux d'air, et
  - la grille de calibration comprend en outre une aube radiale à calage variable configurée pour générer une giration dudit flux d'air.

[0020] L'invention porte de plus sur un stator d'une turbomachine comprenant au moins une aube telle que précédemment décrite.

[0021] Avantagement, mais facultativement, le stator selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes, prises seules ou en com-

binaison :

- il comprend en outre une deuxième aube telle que précédemment décrite, la position du au moins un capteur à film chaud sur la première aube étant différente de la position du au moins capteur à film chaud sur la deuxième aube, et

- il comprend en outre une deuxième aube telle que précédemment décrite, la position du au moins un capteur à film chaud sur la première aube étant identique à la position du au moins un capteur à film chaud sur la deuxième aube.

[0022] L'invention porte enfin sur une turbomachine comprenant au moins un stator tel que précédemment décrit.

### **Brève description des dessins**

[0023] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[Fig. 1]

[0024] - la figure 1 est une vue en coupe d'un exemple de réalisation d'une turbomachine à double-flux,

[0025] [fig.2]

[0026] - la figure 2 est une vue en perspective d'une partie d'un stator comprenant une aube selon un premier exemple de réalisation de l'invention,

[0027] [fig.3]

[0028] - la figure 3 est une vue en perspective d'une partie d'un stator comprenant une aube selon un deuxième exemple de réalisation de l'invention,

[0029] [fig.4]

[0030] - la figure 4 est une vue en perspective d'une partie d'un stator comprenant une aube selon un troisième exemple de réalisation de l'invention,

[0031] [fig.5]

[0032] - la figure 5 est une vue en perspective d'une partie d'un stator comprenant une aube selon un quatrième exemple de réalisation de l'invention,

[0033] [fig.6]

[0034] - la figure 6 est une vue en perspective d'une partie d'un stator comprenant une pluralité d'aubes selon un cinquième exemple de réalisation de l'invention,

[0035] [fig.7a]

[0036] [fig.7b]

[0037] [fig.7c]

[0038] [fig.7d]

[0039] - les figures 7a à 7d sont des vues en coupe d'un capteur à film chaud d'une aube selon des exemples de réalisation de l'invention,

[0040] [fig.8]

[0041] - la figure 8 est un schéma illustrant un premier exemple de mise en œuvre d'un procédé de fabrication selon l'invention,

[0042] [fig.9]

[0043] - la figure 9 est un schéma illustrant un deuxième exemple de mise en œuvre d'un procédé de fabrication selon l'invention,

[0044] [fig.10]

[0045] - la figure 10 est une vue en perspective d'un banc d'essai pour un premier exemple de mise en œuvre d'un procédé de calibration selon l'invention, et

[0046] [fig.11]

[0047] - la figure 11 est une vue en coupe d'un banc d'essai pour un deuxième exemple de mise en œuvre d'un procédé de calibration selon l'invention.

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

[0048] Turbomachine

En référence à la figure 1, une turbomachine 1 présente un axe longitudinal X-X, et comprend, d'amont en aval par rapport au sens de circulation d'air au sein de ladite turbomachine 1 en fonctionnement :

- une soufflante 10,
- une section de compresseur 12,
- une chambre de combustion 14, et
- une section de turbine 16.

[0049] En fonctionnement, un flux d'air est admis au sein de la turbomachine 1 par la mise en rotation de la soufflante 12 autour de l'axe longitudinal X-X. Ce flux d'air est réparti entre :

- une veine d'écoulement primaire 11, dans laquelle un flux primaire circule au sein de la section de compresseur 12, de la chambre de combustion 14 et de la section de turbine 16, et
- une veine d'écoulement secondaire 13, dans laquelle un flux secondaire circule autour de la section de compresseur 12, de la chambre de combustion 14 et de la section de turbine 16.

[0050] L'air circulant au sein de la veine d'écoulement primaire 11 est compressé au sein de la section de compresseur 12, puis brûlé au sein de la chambre de combustion 14, avant d'être détendu au sein de la section de turbine 16. La section de turbine 16 entraîne en rotation la section de compresseur 12 et la soufflante 10.

[0051] Stator

Comme visible sur la figure 1, la turbomachine comprend :

- un premier stator 2 disposé en aval de la soufflante 10, et notamment configuré

pour redresser l'écoulement d'air au sein de la veine d'écoulement secondaire 13,

- un deuxième stator 3 disposé en amont de la section de compresseur 12, et notamment configuré pour redresser l'écoulement d'air avant qu'il ne pénètre au sein de la veine d'écoulement primaire 11, et
- un troisième stator 4 disposé en amont de la section de turbine 16, et notamment configuré pour redresser l'écoulement avant qu'il ne pénètre au sein de la section de turbine 16.

[0052] Le premier stator 2 correspond généralement au redresseur de soufflante (« outlet guide vanes » dans la terminologie anglo-saxonne), le deuxième stator 3 correspond généralement au redresseur d'entrée de compresseur (« booster inlet guide vanes » dans la terminologie anglo-saxonne), et le troisième stator 4 correspond généralement au distributeur de la turbine haute pression (« high-pressure turbine inlet guide vanes »).

[0053] En référence aux figures 2 à 6, chacun du premier stator 2, du deuxième stator 3, et du troisième stator 4 est centré sur l'axe longitudinal X-X, et comprend une pluralité d'aubes de stator 5, réparties de manière circumférentielle autour dudit axe longitudinal X-X. Comme visible sur ces figures, chacune des aubes 5 de la pluralité d'aubes présente une forme profilée et comprend un bord d'attaque 50, un bord de fuite 52, un intrados 54 et un extrados 56.

[0054] Capteur à film chaud

En référence aux figures 2 à 6, un du premier stator 2, du deuxième stator 3, et du troisième stator 4 comprend au moins une aube 5 comprenant un dispositif 6 de mesure d'un débit d'un flux d'air circulant à travers le stator 2, 3, 4. Comme visible sur les figures 2 à 6, le dispositif 6 de mesure d'un débit d'un flux d'air comprend au moins un capteur à film chaud 7.

[0055] En référence aux figures 7a à 7d, ainsi qu'aux figures 8 et 9, dans un mode de réalisation, le capteur à film chaud 7 comprend :

- une première couche 70 isolante thermiquement et/ou électriquement, et
- une deuxième couche 72 métallique formant une partie sensible du capteur à film chaud 7.

[0056] En outre, la première couche 70 est disposée entre une surface de l'aube 5 et la deuxième couche 72. La première couche 70 permet de ne pas court-circuiter la partie sensible 72 du capteur à film chaud 7, et ne pas fausser la mesure relevée par le capteur à film chaud 7 à cause d'un éventuel flux de chaleur en provenance de l'aube 5.

[0057] En référence à la figure 7b, les fonctions d'isolation thermique et électrique de la première couche 70 peuvent être réparties en deux sous-couches 700, 702. Plus précisément, la première couche 70 peut comprendre :

- une première sous-couche 700 isolante thermiquement, et

- une deuxième sous-couche 702 isolante électriquement.

[0058] En référence aux figures 7d à 9, le capteur à film chaud 7 peut comprendre en outre une troisième couche 74 de protection, la première couche 70 et la deuxième couche 72 étant disposées entre la surface de l'aube 5 et la troisième couche 74. La couche de protection 74 permet de protéger le capteur à film chaud 7 de l'environnement extérieur.

[0059] En référence à la figure 7c, la deuxième couche 72 métallique peut comprendre :  
 - une première sous-couche 720 métallique comprenant un premier métal, et  
 - une deuxième sous-couche 722 métallique comprenant un deuxième métal, différent du premier métal.

[0060] En tout état de cause, la couche isolante 70 thermiquement et/ou électriquement peut comprendre un matériau dont la nature dépend de l'emplacement du capteur à film chaud 7 (e.g. zone de l'aube et/ou du stator et/ou de la turbomachine dont l'environnement est plus ou moins chaud, ou facilité d'accès de la zone à instrumenter). Le matériau de couche isolante 70 peut être de nature céramique, et comprendre de l'alumine, et/ou du Zircane Yttrée. Alternativement ou en complément, le matériau de couche isolante 70 peut être de nature plastique, et ainsi comprendre du polypropylène, et/ou du polyéthylène, et/ou du polycarbonate, et/ou du PTFE, et/ou du Quartz. Par ailleurs, la couche métallique 72 (première sous-couche métallique 720 et deuxième sous-couche métallique 722), peut comprendre du tungstène, et/ou, du platine, et/ou du platine iridiée, et/ou du platine rhodiée, et/ou du nickel, et/ou de l'or. Enfin, la couche de protection 74 peut comprendre de l'alumine, par exemple de l'alumine pur, et/ou du quartz.

[0061] En outre, l'épaisseur du capteur à film chaud 7, prise dans une direction orthogonale par rapport à une surface locale tangente à la surface de l'aube 5, peut varier de quelques dixièmes de microns à plusieurs dizaines de microns. L'épaisseur de la couche de protection 74 peut varier de quelques dixièmes de micron à quelques microns.

[0062] Position du capteur à film chaud

En référence aux figures 2 à 4, et 6, le capteur à film chaud 7 peut être disposé sur l'intrados 54 et/ou sur l'extrados 56 de l'aube 5, et s'étendre jusqu'à son bord d'attaque 50.

[0063] Alternativement, en référence aux figures 5 et 6, le capteur à film chaud 7 peut être disposé sur l'intrados 54 et/ou sur l'extrados 56 et s'étendre à distance du bord d'attaque 50 et à distance du bord de fuite 52.

[0064] En tout état de cause, l'aube 5 peut comprendre une pluralité de capteurs à film chaud 7 disposés selon l'une, l'autre, ou une combinaison des dispositions précédemment décrites. Ceci permet d'augmenter la sensibilité du dispositif 6 de mesure

d'un débit d'air lors de variations des grandeurs aérodynamiques (e.g. giration, débit, température) au sein de l'écoulement circulant à travers le stator 2, 3, 4. Ainsi :

- la figure 2 illustre une aube 5 comprenant trois capteurs à film chaud 7 disposés sur l'extrados 56 et s'étendant jusqu'au bord d'attaque 50,
- la figure 3 illustre une aube 5 comprenant un capteur à film chaud 7 disposés sur l'extrados 56 et s'étendant jusqu'au bord d'attaque 50,
- la figure 4 illustre une aube 5 comprenant trois capteurs à film chaud 7 disposés sur l'intrados 54 et s'étendant jusqu'au bord d'attaque 50,
- la figure 5 illustre un aube 5 comprenant trois capteurs à film chaud 7 disposés sur l'intrados 54 et s'étendant à distance du bord d'attaque 50 et à distance du bord de fuite 52, et
- la figure 6 illustre une pluralité d'aubes 5 comprenant trois capteurs à film chaud 7 disposés sur l'extrados 56 et s'étendant jusqu'au bord d'attaque 50, et une pluralité d'aubes 5 comprenant trois capteurs à film chaud 7 disposés sur l'extrados 56 et s'étendant à distance du bord d'attaque 50 et à distance du bord de fuite 52.

[0065] Comme visible sur ces figures, lorsqu'une aube 5 comprend plusieurs capteurs à film chaud 7, ceux-ci peuvent avantageusement être répartis selon une direction radiale de la veine d'écoulement 11, 13. Par « radial » on entend sensiblement orthogonalement à l'axe longitudinal X-X. Ceci permet d'améliorer la sensibilité du dispositif 6 de mesure d'un débit d'air aux variations d'écoulement dans le sens radial, mais aussi de capter la répartition de débit et de giration de l'écoulement en fonction de sa position radiale au sein de la veine d'écoulement 11, 13.

[0066] Dispositif de mesure d'un débit d'air

En référence à la figure 2, outre le capteur à film chaud 7, le dispositif de mesure d'un débit d'air peut comprendre un capteur de température 8, par exemple un thermocouple. La mesure de la température est alors utilisée par le dispositif 6 de mesure d'un débit d'air pour corriger les effets de variations locales de températures sur la mesure prise par le capteur à film chaud 7. Par ailleurs, le capteur de température 8 permet avantageusement de fournir une mesure de la température de l'écoulement d'air au niveau du stator 2, 3, 4.

[0067] Bien entendu, comme visible sur la figure 2, une aube peut comprendre plusieurs capteurs de température 5, disposées à différents endroits d'une surface de l'aube 5, le long d'une direction radiale. Ainsi, la multiplicité des capteurs à film chaud 7 et des capteurs de température 8 permet d'affiner la détermination du débit d'air au sein du flux secondaire et/ou du flux primaire, à différentes positions radiales et azimutales de la veine d'écoulement primaire 11 et/ou secondaire 13. Par « azimutal » on entend autour de l'axe longitudinal X-X.

[0068] Dans un mode de réalisation, le dispositif 6 de mesure d'un débit d'air comprend en

outre un système de traitement (non représenté). Le système de traitement peut comprendre un anémomètre auquel le (ou les) capteurs à film chaud 7 sont reliés. L'anémomètre peut par exemple être de type pont de Wheatstone en configuration CCA (pour « Constant Current Anemometry » dans la terminologie anglo-saxonne) ou en configuration CTA (pour « Constant Temperature Anemometry » dans la terminologie anglo-saxonne). En tout état de cause, le système de traitement peut en outre comprendre un convertisseur analogique-numérique, auquel l'anémomètre est relié, le convertisseur-analogique pouvant lui-même être relié à un dispositif de traitement comprenant une carte d'acquisition. Le dispositif de traitement est alors configuré pour fournir une mesure de débit, et/ou de température et/ou de giration de l'écoulement d'air, à partir des signaux reçus du convertisseur analogique-numérique et, éventuellement, de données de calibration.

[0069] Procédé de fabrication

En référence aux figures 8 et 9, une aube 5 selon l'un quelconque des modes de réalisation précédemment décrits, pris seuls ou en combinaison, peut être fabriquée par la mise en œuvre d'un procédé de fabrication E comprenant la fixation du capteur à film chaud 7 sur une surface de l'aube 5. Cette fixation peut par exemple être mise en œuvre par collage et/ou par brasage.

[0070] Comme visible sur les figures 8 et 9, dans un mode de mise en œuvre, le procédé de fabrication E comprend la formation du capteur à film chaud 7 par mise en œuvre d'une étape de dépôt E1 d'une deuxième couche 72 métallique sur une première couche 70 isolante thermiquement et/ou électriquement. En référence à la figure 9, cette étape E1 peut être mise en œuvre alors que la première couche 70 isolante a déjà été déposée sur une surface de l'aube 5, par exemple par pulvérisation cathodique, et/ou par pulvérisation plasma, et/ou par dépôt chimique en phase vapeur (CVD), et/ou par dépôt physique en phase vapeur (PVD). Alternativement, en référence à la figure 8, la première couche 70 isolante peut avoir été fabriquée préalablement. En tout état de cause, le dépôt de la deuxième couche 72 métallique formant partie sensible du capteur à film chaud 7, est par exemple mise en œuvre par pulvérisation cathodique, et/ou par CVD, et/ou par PVD.

[0071] Comme également visible sur les figures 8 et 9, dans un mode de réalisation, la formation du capteur à film chaud 7 comprend la mise en œuvre d'une étape de dépôt E2 d'une troisième couche 74 de protection sur la deuxième couche 72 métallique, par exemple par CVD, et/ou par pulvérisation plasma. En référence à la figure 8, cette étape E2 peut être mise en œuvre avant une étape de report de l'ensemble formé de la première couche 70, de la deuxième couche 72 et de la troisième couche 74 sur une surface de l'aube 5. Alternativement, en référence à la figure 9, cette étape E2 peut être mise en œuvre après une étape de dépôt de la première couche 70 isolante sur une

surface de l'aube 5.

[0072] Procédé de calibration

En référence aux figures 10 et 11, une fois une (ou des) aube(s) 5 fabriquée(s) selon l'un quelconque des modes de réalisation précédemment décrits, pris seuls ou en combinaison, il est avantageux de mettre en œuvre un procédé de calibration d'un dispositif 6 de mesure d'un débit d'air de l'aube (ou des aubes).

[0073] Pour ce faire, comme visible sur les figures 10 et 11, l'aube 5 est disposée dans un écoulement dont les propriétés aérodynamiques sont connues. De là, il est avantageusement possible de calibrer, notamment, le système de traitement des mesures relevées par le (ou les) capteur(s) à film chaud 7.

[0074] Plus précisément, une grille de calibration 9 est disposée en amont de l'aube 5. La grille de calibration 9 est configurée pour conférer à un flux d'air circulant à travers ladite grille de calibration 9, des caractéristiques aérodynamiques prédéterminées, comme par un exemple une giration de l'écoulement, et/ou un débit du flux d'air.

[0075] Dans un premier mode de réalisation illustré en figure 10, la grille de calibration comprend :

- une aube fixe radiale 90 configurée pour générer une giration prédéterminée dudit flux d'air, et
- une aube fixe tangentielle 92 configurée pour impartir un débit prédéterminé audit flux d'air.

[0076] Par « tangential », on entend appartenant à un plan orthogonal à l'axe longitudinal X-X et s'étendant selon une direction orthogonale à une direction radiale. Grâce à l'aube fixe tangentielle 92, il est notamment possible d'impartir au flux d'air un débit dont le profil radial est déterminé.

[0077] Dans un deuxième mode de réalisation illustré en figure 11, la grille de calibration 9 comprend une aube radiale à calage variable 94 configurée pour générer une giration dudit flux d'air. Cette aube 94 présente l'avantage d'imposer plusieurs valeurs possibles de giration à un même flux d'air.

[0078] En tout état de cause, la grille de calibration 9 est elle-même préalablement calibrée en débit, giration et répartition du débit entre un pied et une tête des aubes de la grille de calibration, au moyen d'une mesure aérodynamique, par exemple au fil chaud. En outre, la grille de calibration 9 est équipée d'une buse d'entrée 96 calibrée et de moyens de mesure de pression pariétales donnant accès à une relation entre un débit passant dans la grille de calibration 9 et des mesures de pression.

[0079] Après la disposition de la grille de calibration 9, un flux d'air est mis en circulation à travers la grille de calibration 9 et autour de l'aube 5, de sorte à solliciter le (ou les) capteur(s) à film chaud 7.

[0080] Enfin, chacune des valeurs mesurées fournies par le capteur à film chaud 7 sont

comparées avec chacun des valeurs attendues dépendant des caractéristiques aérodynamiques prédéterminées du flux d'air imposées par la grille de calibration 9. A la suite de cette étape de comparaison, la calibration du dispositif 6 de mesure d'un débit d'air peut être mise en œuvre, par exemple par inversion de la fonction de transfert fournissant la valeur des signaux recueillis par le dispositif de traitement en fonction des caractéristiques aérodynamiques du flux d'air.

[0081] Finalement, un (ou des) aube(s) 5 fabriquée(s) et/ou calibrée(s) selon l'un quelconque des modes de réalisation précédemment décrits, pris seuls ou en combinaison, est (sont) assemblée(s) sur le premier stator 2 et/ou sur le deuxième stator 3, et/ou sur le troisième stator 4. Avantageusement l'instrumentation du premier stator 2 et de l'un et/ou l'autre du deuxième stator 3 et du troisième stator 4 fournit une mesure absolue, et en temps réel, du débit circulant au sein de la veine d'écoulement primaire 11 et de la veine d'écoulement secondaire 13. De là, il est possible d'avoir accès directement au taux de dilution de la turbomachine 1.

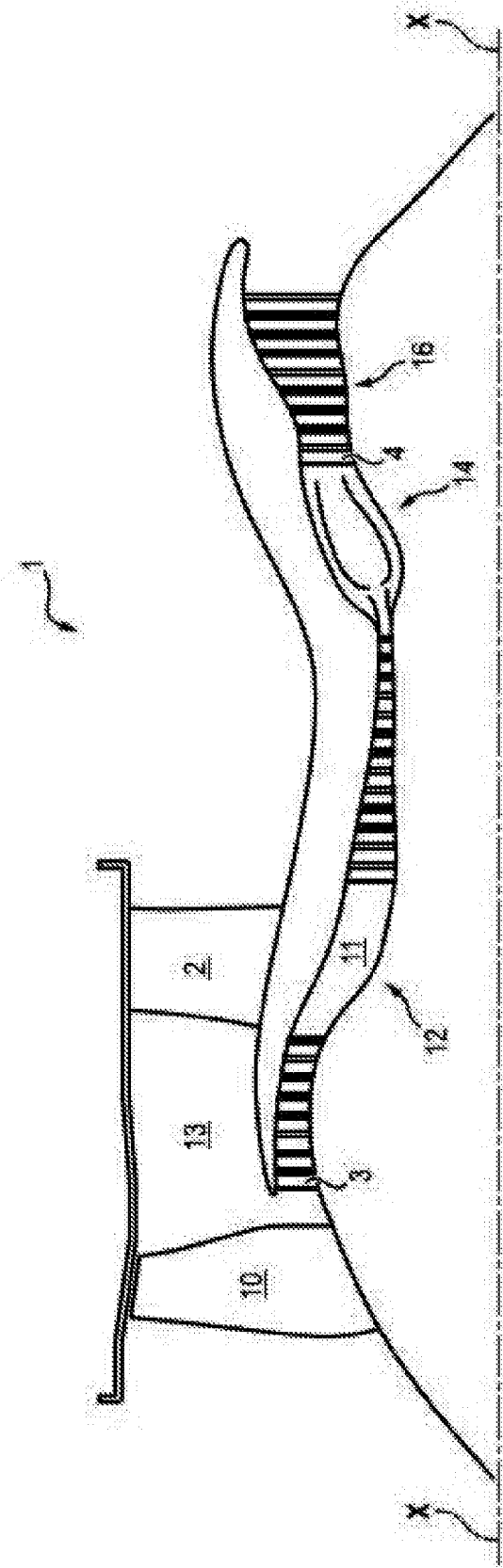
## Revendications

- [Revendication 1] Aube (5) d'un stator (2, 3, 4) d'une turbomachine (1), ladite aube (5) comprenant un dispositif (6) de mesure d'un débit d'un flux d'air circulant à travers le stator (2, 3, 4), ledit dispositif (6) de mesure comprenant au moins un capteur à film chaud (7).
- [Revendication 2] Aube (5) selon la revendication 1, dans laquelle le au moins un capteur à film chaud (7) comprend :
- une première couche (70) isolante thermiquement et/ou électriquement, et
  - une deuxième couche (72) métallique formant une partie sensible du capteur à film chaud (7),
- la première couche (70) étant disposée entre une surface de l'aube (5) et la deuxième couche (72).
- [Revendication 3] Aube (5) selon la revendication 2, dans laquelle la première couche (70) comprend :
- une première sous-couche (700) isolante thermiquement, et
  - une deuxième sous-couche (702) isolante électriquement.
- [Revendication 4] Aube (5) selon l'une des revendications 2 et 3, dans laquelle le au moins un capteur à film chaud (7) comprend en outre une troisième couche (74) de protection, la première couche (70) et la deuxième couche (72) étant disposées entre la surface de l'aube (5) et la troisième couche (74).
- [Revendication 5] Aube (5) selon l'une des revendications 1 à 4, ladite aube (5) présentant :
- un bord d'attaque (50),
  - un intrados (54),
  - un extradados (56),
- le au moins un capteur à film chaud (7) étant disposé sur l'intrados (54) et/ou sur l'extrados (56), et s'étendant jusqu'au bord d'attaque (50).
- [Revendication 6] Aube (5) selon l'une des revendications 1 à 4, ladite aube présentant :
- un bord d'attaque (50),
  - un bord de fuite (52),
  - un intrados (54),
  - un extradados (56),
- le au moins un capteur à film chaud (7) étant disposé sur l'intrados (54) et/ou sur l'extrados (56), et s'étendant à distance du bord d'attaque (50) et à distance du bord de fuite (52).
- [Revendication 7] Procédé de fabrication (E) d'une aube (5) selon l'une des revendications

- 1 à 6, le procédé de fabrication (E) comprenant la fixation du au moins un capteur à film chaud (7) sur une surface de l'aube (5).
- [Revendication 8] Procédé de calibration d'un dispositif (6) de mesure d'un débit d'air d'une aube (5) selon l'une des revendications 1 à 6, le procédé de calibration comprenant les étapes de :
- disposition d'une grille de calibration (9) en amont de l'aube (9), la grille de calibration (9) étant configurée pour conférer à un flux d'air circulant à travers ladite grille de calibration (9), des caractéristiques aérodynamiques prédéterminées,
  - mise en circulation du flux d'air à travers la grille de calibration (9) et autour de l'aube (5), et
  - comparaison d'une valeur mesurée fournie par le au moins un capteur à film chaud (7) avec une valeur attendue qui dépend des caractéristiques aérodynamiques prédéterminées du flux d'air.
- [Revendication 9] Stator (2, 3, 4) d'une turbomachine (1) comprenant au moins une aube (5) selon l'une des revendications 1 à 6.
- [Revendication 10] Turbomachine (1) comprenant au moins un stator (2, 3, 4) selon la revendication 9.

[Fig. 1]

FIG. 1



[Fig. 2]

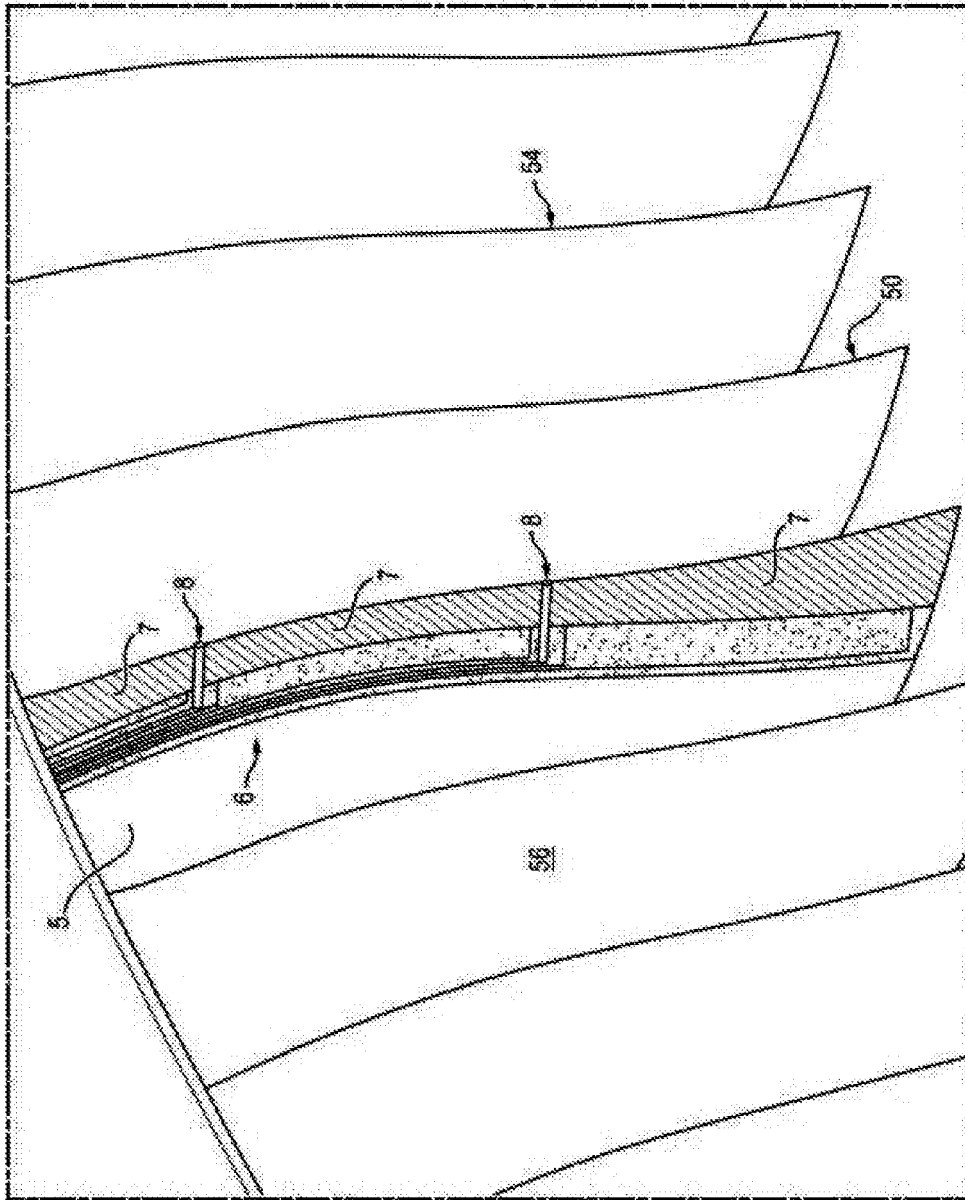


FIG. 2

[Fig. 3]

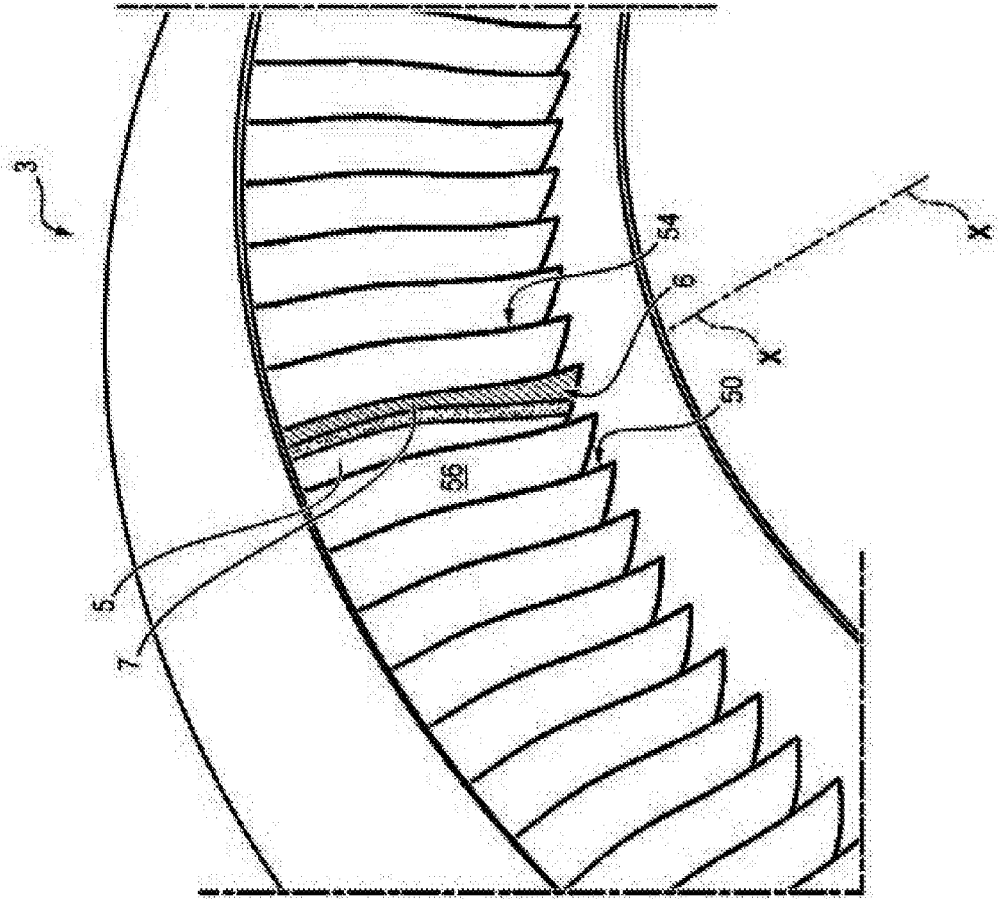
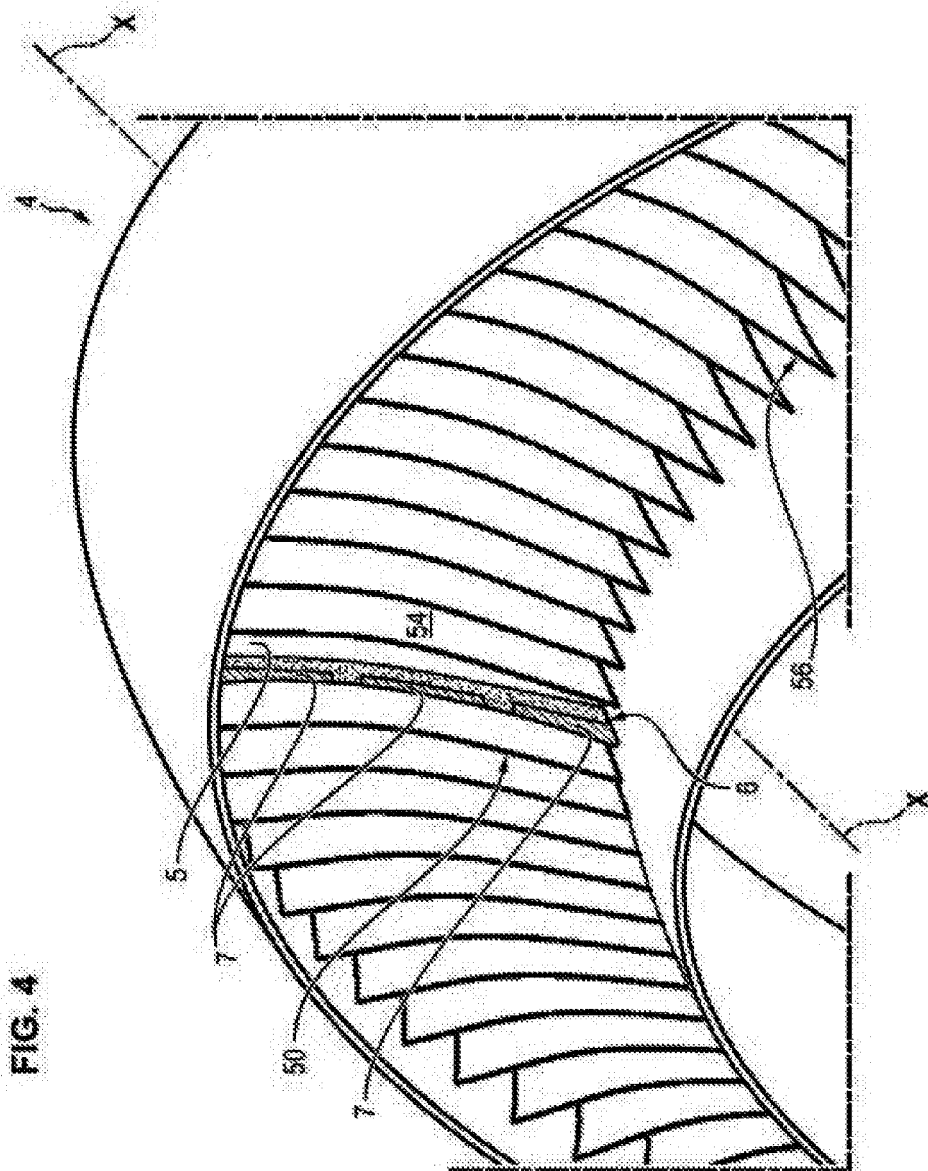


FIG. 3

[Fig. 4]



[Fig. 5]

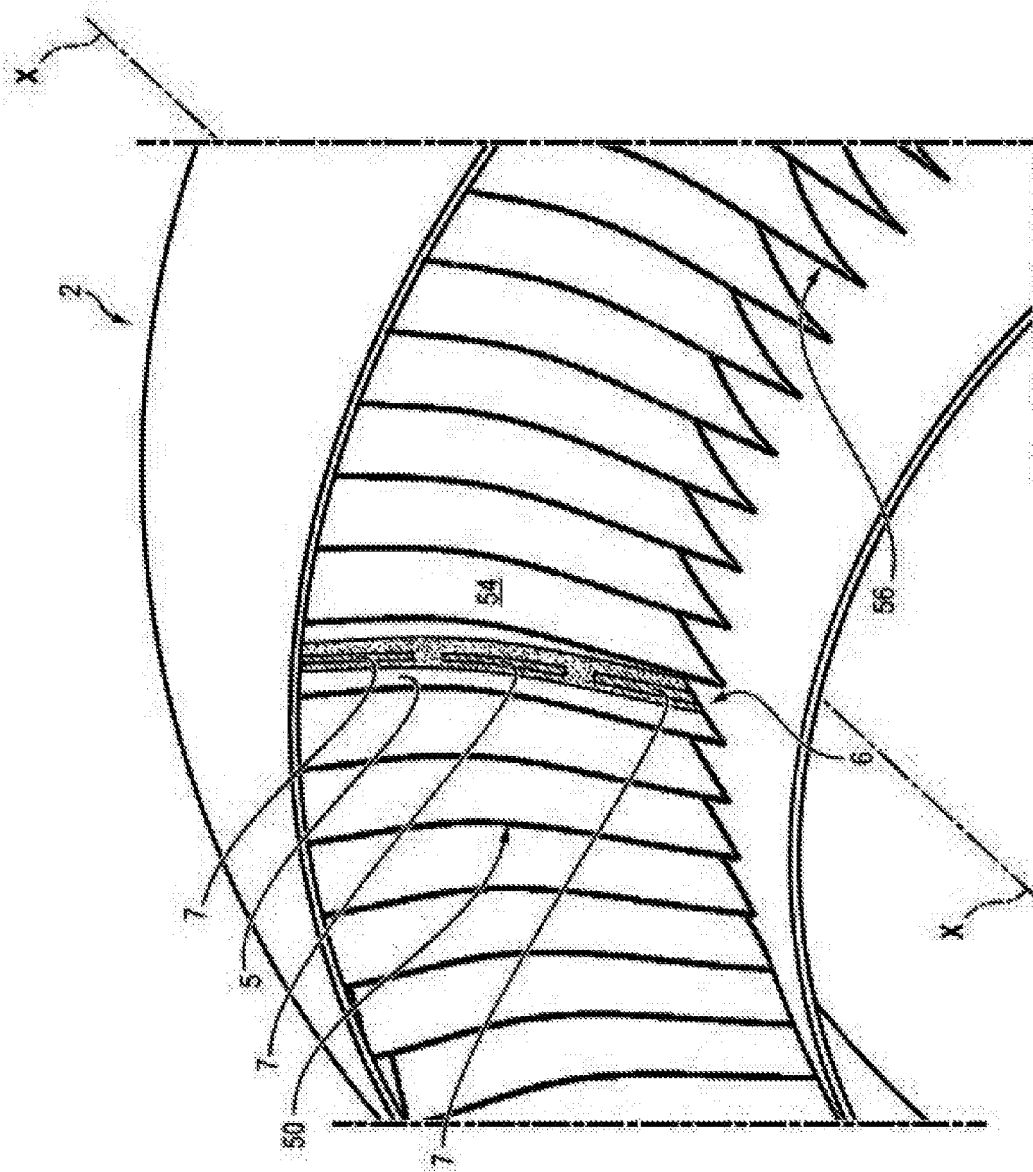
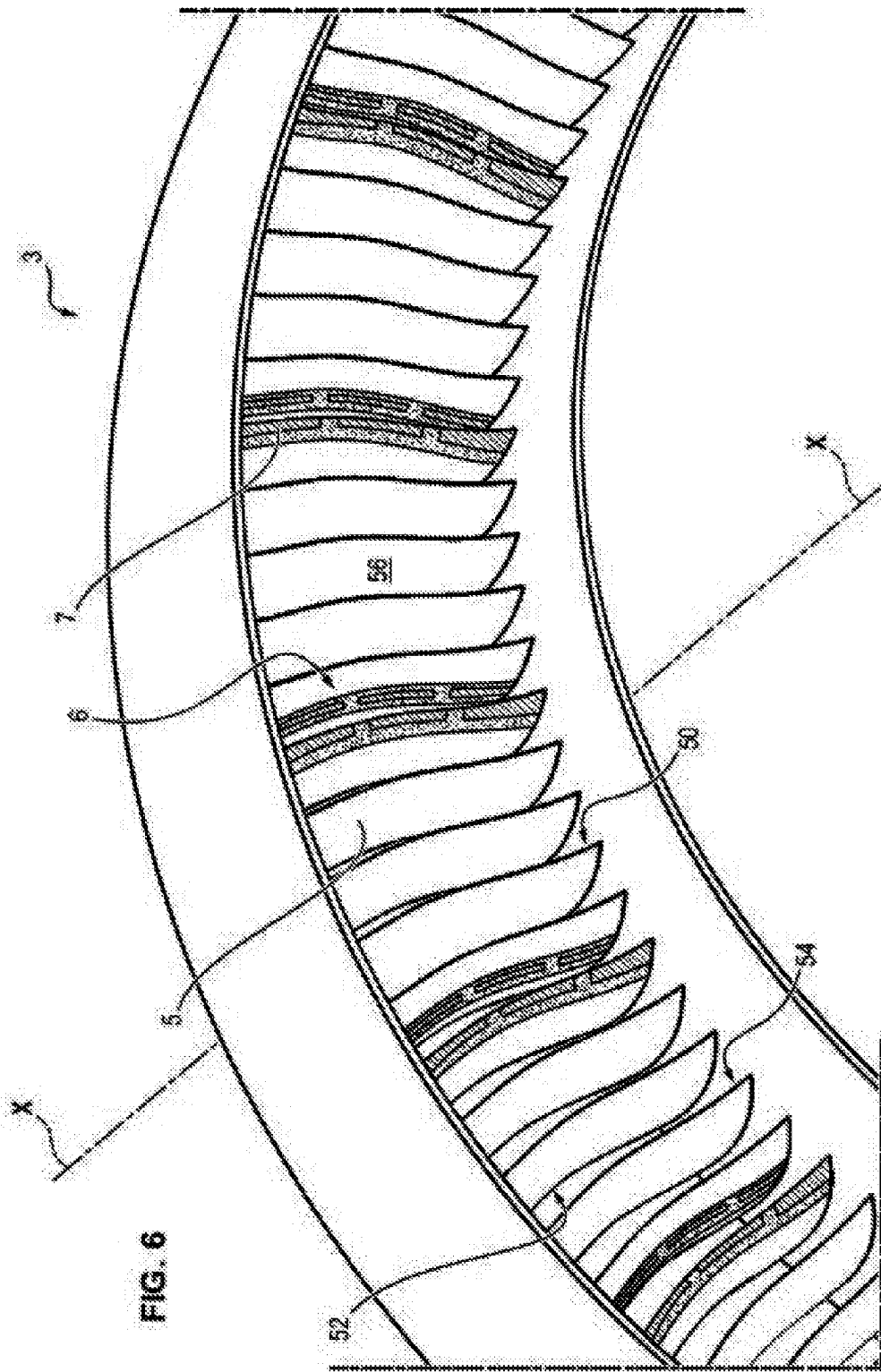
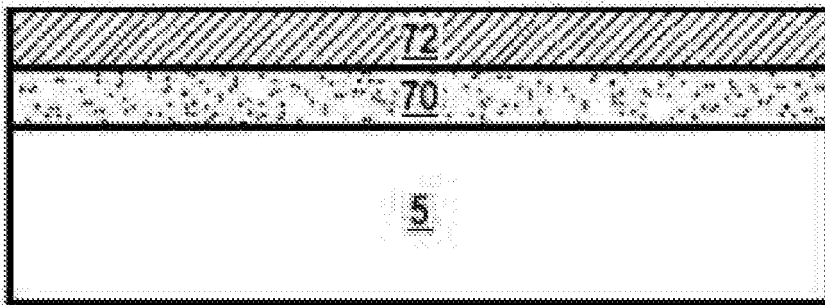


FIG. 5

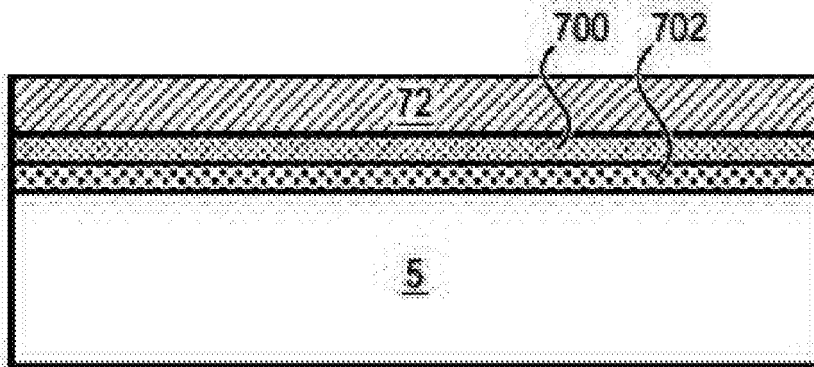
[Fig. 6]



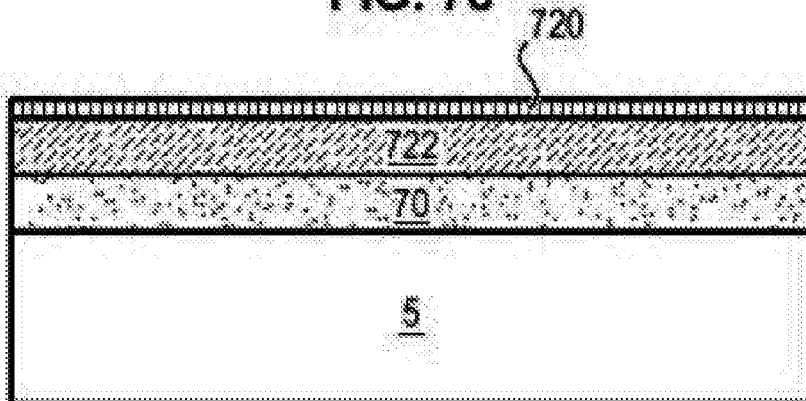
[Fig. 7a]

**FIG. 7a**

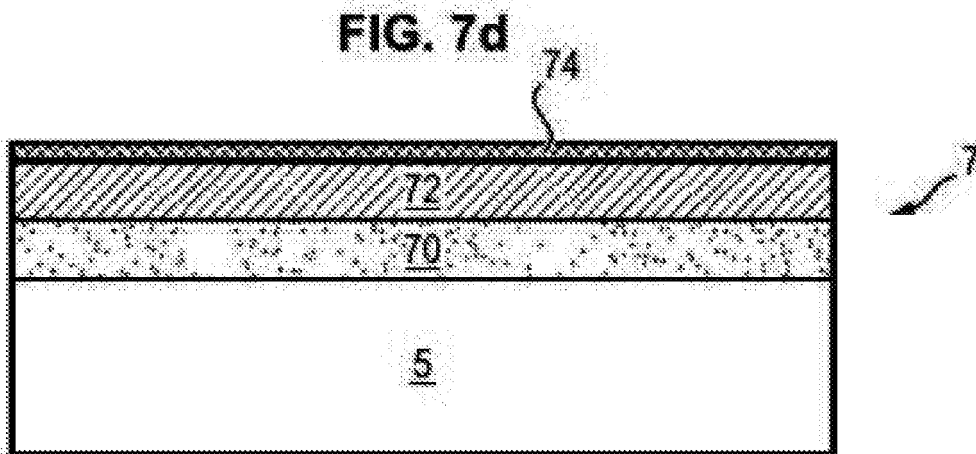
[Fig. 7b]

**FIG. 7b**

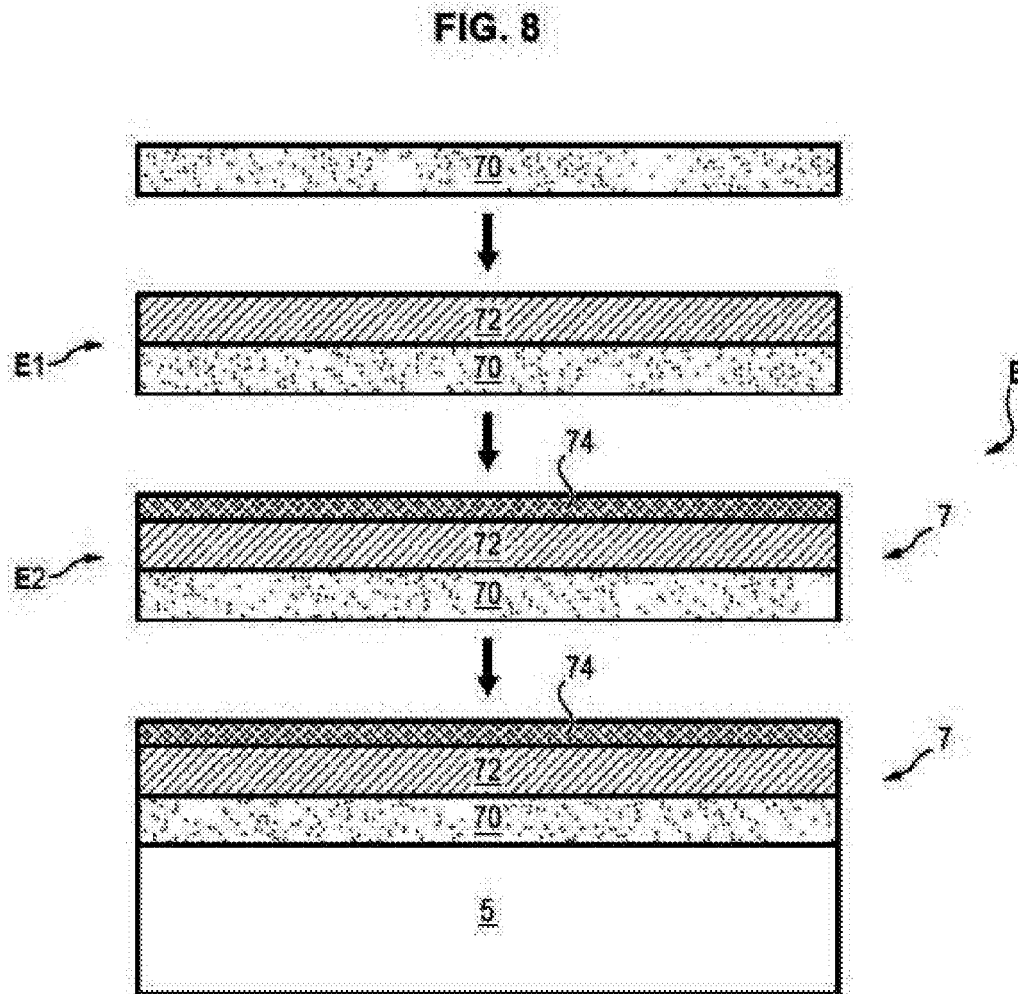
[Fig. 7c]

**FIG. 7c**

[Fig. 7d]

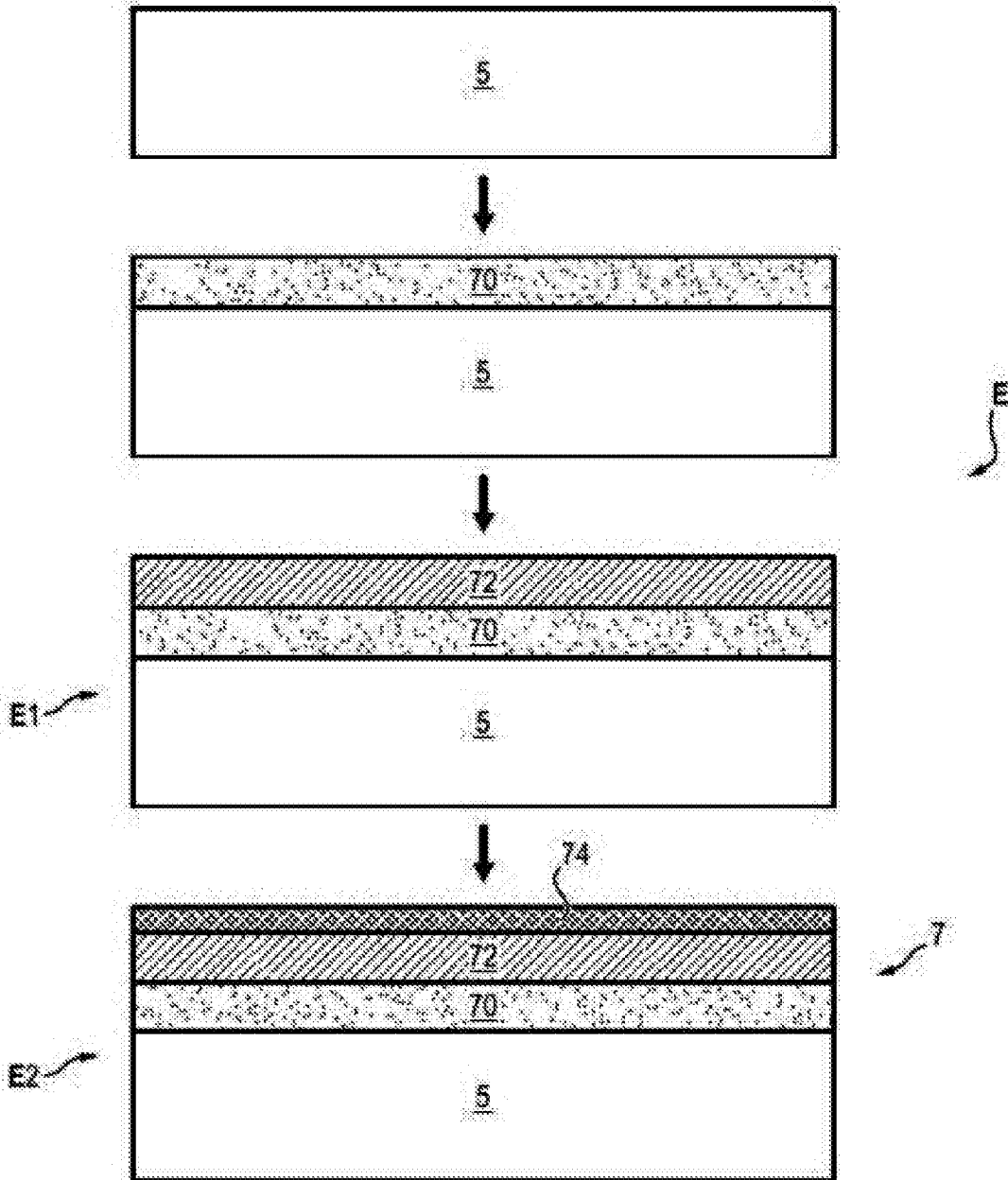


[Fig. 8]



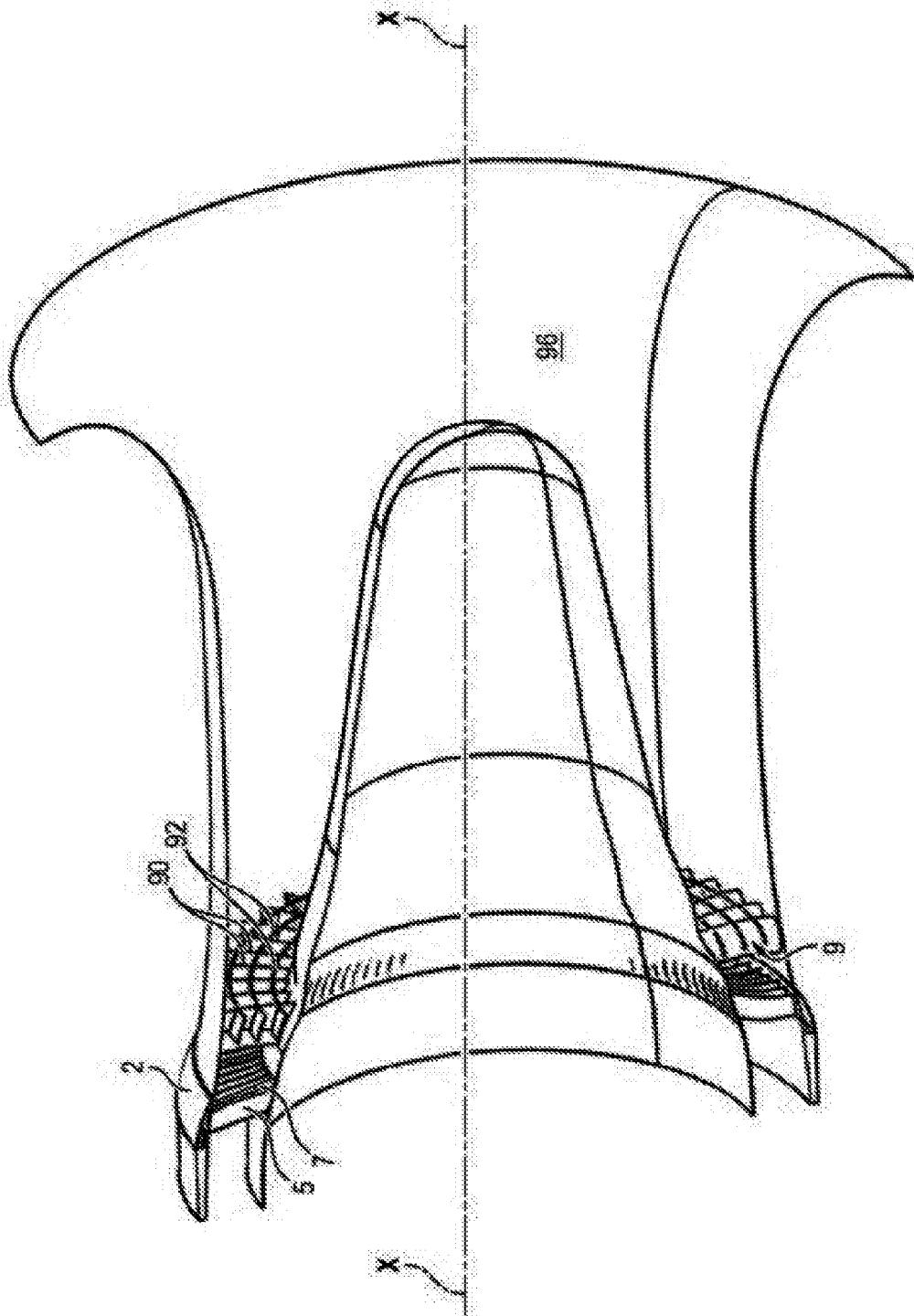
[Fig. 9]

FIG. 9



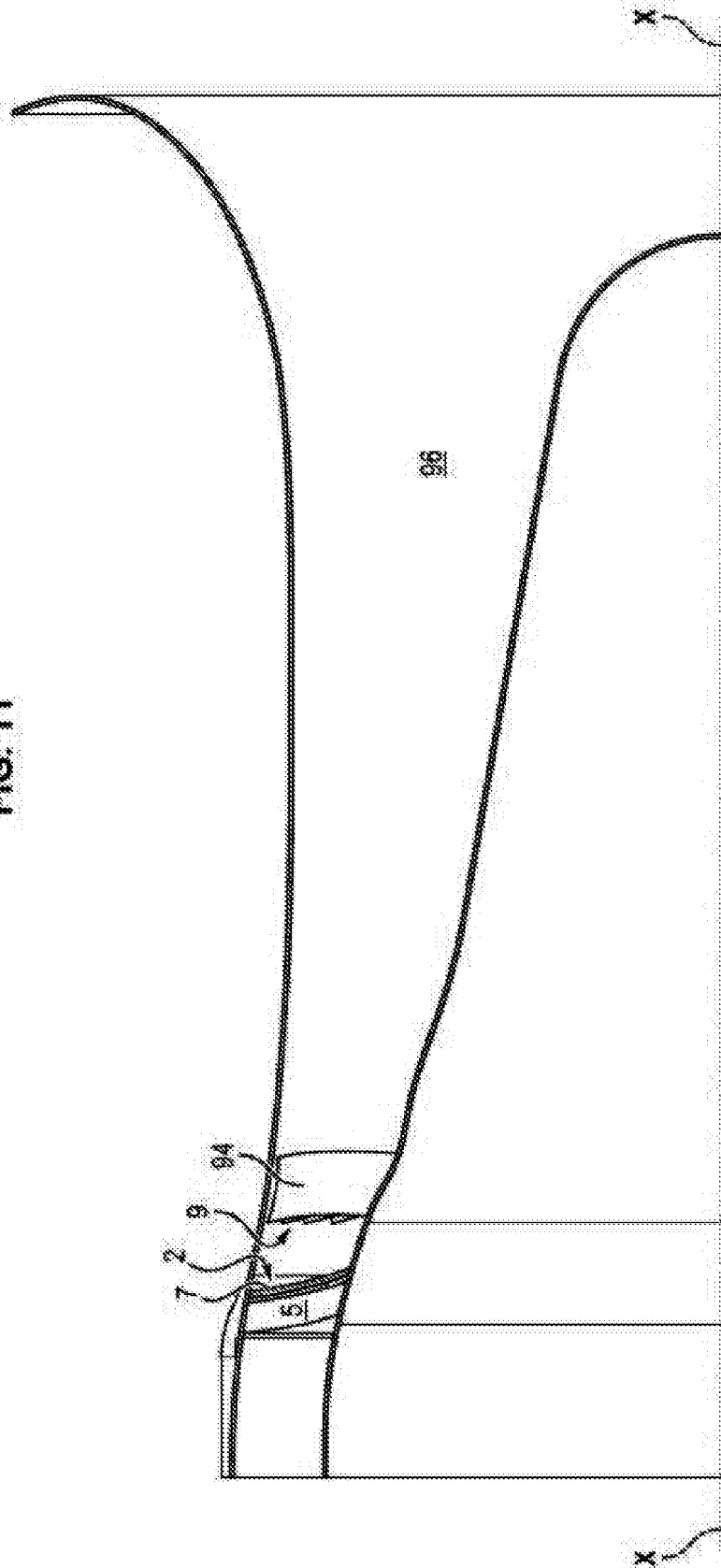
[Fig. 10]

FIG. 10



[Fig. 11]

FIG. 11



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2010/140953 A1 (SANTOS PEDRO ARSUAGA  
[ES]) 10 juin 2010 (2010-06-10)

US 2014/208755 A1 (EKANAYAKE SANJI [US] ET  
AL) 31 juillet 2014 (2014-07-31)

US 2014/007647 A1 (MANNAL SOENKE [DE] ET  
AL) 9 janvier 2014 (2014-01-09)

FR 3 025 885 A1 (SNECMA [FR])  
18 mars 2016 (2016-03-18)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT