

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

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

**3 123 390**

②① N° d'enregistrement national : **21 05531**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **F 03 H 1/00 (2020.12)**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Fond de chambre pour propulseur plasmique.

②② Date de dépôt : 27.05.21.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 02.12.22 Bulletin 22/48.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 06.10.23 Bulletin 23/40.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN Société anonyme —FR et  
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société par actions  
simplifiée (SAS) — FR.*

⑦② Inventeur(s) : DE TINGUY Tiphaine, COURTOIS DE  
LOURMEL Yves, GODARD Laurent et INDERSIE  
Dominique.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN Société anonyme, SAFRAN  
AIRCRAFT ENGINES Société par actions simplifiée  
(SAS).

⑦④ Mandataire(s) : Casalonga.

**FR 3 123 390 - B1**



## Description

### Titre de l'invention : Fond de chambre pour propulseur plasmique

#### Domaine technique

[0001] Le domaine technique de la présente invention est la fabrication additive, en particulier la fabrication additive d'anodes injecteurs pour propulseur plasmique.

#### Techniques antérieures

[0002] De l'état de la technique antérieure, on connaît le document WO2020188185 décrivant un fond de chambre pour propulseur plasmique. Le fond de chambre et le procédé de fabrication associé permettent d'obtenir des pièces monobloc, alors que la technique antérieure ne permettait d'obtenir que des pièces mécanosoudées beaucoup plus coûteuses.

[0003] Le fond de chambre, réalisé par fabrication additive, comprend des languettes flexibles permettant la fixation de bagues céramiques ainsi qu'un shunt magnétique. Il est alors nécessaire de disposer d'un minimum de jeu entre le fond de chambre et le shunt magnétique.

[0004] Le diamètre intérieur du fond de chambre est fabriqué aujourd'hui avec un diamètre trop petit par rapport à la limite de la tolérance, voir hors tolérance. Le diamètre est trop petit dû aux déformations engendrées par le procédé de fusion laser sur lit de poudre. De plus, on observe un ressaut sur ce diamètre, qui le réduit encore davantage. Le ressaut est dû à la géométrie et au procédé de fabrication (fusion laser sur lit de poudre).

[0005] Plus précisément, lors de la fusion couche par couche, les languettes sont fabriquées d'abord indépendamment les unes des autres, puis se rejoignent dans un second temps, pour enfin finir par rejoindre le reste de la pièce dans un troisième temps. Cette forme de languette permet la flexibilité attendue afin d'accrocher les bagues céramiques.

[0006] Le ressaut qu'on observe sur la pièce sur le diamètre intérieur est dû au rétreint de la matière en cours de fabrication et est d'autant plus important que les languettes sont flexibles. Ce ressaut engendre des pièces défectueuses car le diamètre interne ne respecte plus les exigences géométriques de la définition. Le respect du diamètre défini est important car il permet le passage du shunt magnétique qui ne doit jamais entrer en contact avec le fond de chambre du fait de sa fonction d'anode.

[0007] Le rétreint du matériau est pris en compte à l'échelle de la pièce lors de la conception, mais pas à l'échelle locale où, comme ici, il peut entraîner des déformations locales ou des ressauts.

[0008] Plus précisément, lors du raccordement des languettes, la section fusionnée devient circulaire, le rétreint entraîne donc une diminution du diamètre notable, et finalement un ressaut. La valeur du ressaut observé est de l'ordre de quelques dixièmes.

## **Exposé de l'invention**

- [0009] L'invention a pour objet un fond de chambre pour propulseur plasmique, comprenant, de manière monobloc, une surface de fond de chambre destinée à fermer une chambre annulaire formée par le fond de chambre et délimitée par au moins une pièce isolante rapportée sur le fond de chambre, et au moins un premier jeu de languettes comprenant des languettes de fixation destinées à fixer ladite au moins une pièce isolante sur le fond de chambre. Le fond de chambre comprend une surface intérieure de forme cylindrique, les languettes de fixation étant solidaires par une de leurs extrémités d'une base circulaire concentrique par rapport à la surface intérieure, une gorge séparant la base de la surface intérieure, chaque paire de languettes adjacentes étant rejointes par une arche, le sommet des arches étant plus éloigné de l'extrémité libre des languettes que le fond de gorge séparant la base de la surface intérieure.
- [0010] Le fond de chambre peut être réalisé dans un matériau métallique.
- [0011] Le fond de chambre peut être réalisé par fabrication additive.
- [0012] Le fond de chambre peut comprendre un premier jeu de languettes, interne, comprenant des languettes de fixation destinées à fixer une première pièce isolante sur le fond de chambre, et un deuxième jeu de languettes, externe, comprenant des languettes de fixation destinées à fixer une deuxième pièce isolante sur le fond de chambre.
- [0013] Le fond de chambre peut comprendre en outre au moins une cavité de répartition communiquant avec la chambre grâce à des orifices d'injection débouchant sur la surface de fond de chambre.
- [0014] Le fond de chambre peut comprendre une première cavité de répartition communiquant avec une seconde cavité de répartition par une première série d'orifices d'injection, la seconde cavité de répartition communiquant avec la chambre par une seconde série d'orifices d'injection.
- [0015] Le fond de chambre peut comprendre une première cavité de répartition communiquant avec une seconde cavité de répartition par une première série d'orifices d'injection, la seconde cavité de répartition communiquant avec la chambre par une seconde série d'orifices d'injection.
- [0016] L'invention a également pour objet un propulseur plasmique, comprenant un fond de chambre tel que décrit ci-dessous, et au moins une pièce isolante fixée sur le fond de chambre à l'aide d'au moins le premier jeu de languettes.
- [0017] Le propulseur plasmique peut comprendre une première pièce isolante, radialement interne, formant une paroi radialement interne de la chambre, et une deuxième pièce isolante, radialement externe, formant une paroi radialement externe de la chambre.

## **Brève description des dessins**

[0018] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- La [Fig.1] illustre une vue en coupe d'un fond de chambre selon l'état de la technique antérieure,
- La [Fig.2] illustre une vue en coupe agrandie du fond de chambre selon l'état de la technique antérieure,
- La [Fig.3] illustre une vue en coupe du fond de chambre au niveau d'un sommet d'arche selon l'état de la technique antérieure,
- La [Fig.4] illustre une vue en coupe d'un fond de chambre selon l'invention,
- La [Fig.5] illustre une vue en coupe agrandie du fond de chambre selon l'invention, et
- La [Fig.6] illustre une vue en coupe du fond de chambre au niveau d'un sommet d'arche selon l'invention,

## **Description détaillée**

[0019] Dans l'ensemble des figures 1 à 6, les mêmes références sont employées pour désigner des éléments identiques.

[0020] La description d'un fond de chambre pour propulseur plasmique selon le document WO2020/188185 est reprise ici à titre de référence et est illustrée par les figures 1 à 3.

[0021] Le fond de chambre 1 comprend une surface de fond de chambre 10 invariante par rotation autour d'un axe A et possédant en coupe axiale un profil ayant une forme générale en U au sens du présent exposé. La surface de fond de chambre 10, s'ouvrant vers le haut sur la face supérieure 3 du fond de chambre 1, forme ainsi une cavité de fond de chambre 11 ouverte sur la face supérieure 3.

[0022] Le profil de la surface de fond de chambre 10 est irrégulier : sa partie externe, descendante, comporte un tronçon convexe suivi d'un tronçon concave tandis que sa partie interne, montante, est plus régulière avec toutefois un changement de pente. La cavité de fond de chambre 11 possède ainsi une première portion, supérieure, en forme d'entonnoir et une deuxième portion, inférieure, formant un repli.

[0023] Le fond de chambre 1 comprend également un injecteur comportant ici une première cavité de répartition 21 et une deuxième cavité de répartition 22.

[0024] Une cheminée d'injection 23 s'étend depuis la face inférieure 4 du fond de chambre 1 : elle est munie d'un canal d'injection central permettant d'introduire un gaz propulsif dans la première cavité de répartition 21. La première cavité de répartition 21 est connectée à la deuxième cavité de répartition 22 à l'aide d'une pluralité de premiers orifices d'injection répartis de manière régulière le long de la circonférence de la

première cavité de répartition 21. La deuxième cavité de répartition 22 est connectée pour sa part à la cavité de fond de chambre 11 à l'aide d'une pluralité de deuxièmes orifices d'injection répartis de manière régulière le long de la circonférence de la deuxième cavité de répartition 22. Les deuxièmes orifices d'injection débouchent dans la portion en repli de la cavité de fond de chambre 11.

- [0025] Dans le présent exemple, le fond de chambre 1 comprend dix premiers orifices d'injection et trente deuxièmes orifices d'injection, le diamètre des orifices d'injection est égal à 1 mm.
- [0026] Le fond de chambre 1 comprend également un premier jeu de languettes et un deuxième jeu de languettes.
- [0027] Le premier jeu de languettes comprend une pluralité de premières languettes de fixation 31 disposées en couronne de manière régulière le long de la circonférence interne du fond de chambre 1. Chaque languette de fixation 31 s'étend de manière rectiligne vers le haut depuis une base circulaire 32 faisant saillie au sein du passage, à un niveau plus proche de la face inférieure 4 que de la face supérieure 3. Chaque languette de fixation 31 s'étend ainsi au sein du passage, longeant la surface interne 5 du fond de chambre 1, avant de faire saillie sur la face supérieure 3.
- [0028] L'extrémité de chaque languette de fixation 31 est munie d'une saillie dirigée radialement vers l'extérieur. Chaque languette 31 est reliée à ses voisines par des arches 34 dont l'angle au sommet est inférieur à 60°, en l'espèce égal à 40°.
- [0029] Dans le présent exemple, chaque languette 31 possède une longueur 11 de 29 mm mesurée à partir de la base 32 et une longueur 12 de 24 mm mesurée à partir du départ des arches 34 ; chaque languette 31 possède une largeur de 16,5 mm et une épaisseur de 1 mm.
- [0030] Dans le présent exemple, le premier jeu de languettes comprend six languettes de fixation 31.
- [0031] Le deuxième jeu de languettes comprend une pluralité de deuxièmes languettes de fixation 41 disposées en couronne de manière régulière le long de la circonférence externe du fond de chambre 1. Chaque languette de fixation 41 s'étend de manière rectiligne vers le haut depuis une base circulaire faisant saillie sur la surface externe 6 du fond de chambre 1, à un niveau plus proche de la face inférieure 4 que de la face supérieure 3, en l'espèce au même niveau que la base 32 du premier jeu de languettes. Chaque languette de fixation 41 s'étend ainsi le long de la surface externe 6 du fond de chambre 1, avant de faire saillie sur la face supérieure 3.
- [0032] L'extrémité de chaque languette de fixation 41 est munie d'une saillie dirigée radialement vers l'intérieur. Chaque languette 41 est reliée à ses voisines par des arches 44.
- [0033] Dans le présent exemple, chaque languette 41 possède une géométrie analogue à

celle des languettes 31 du premier jeu de languettes avec, notamment, des longueurs, largeurs et épaisseurs identiques.

- [0034] Dans le présent exemple, le deuxième jeu de languettes comprend six languettes de fixation 41.
- [0035] Par ailleurs, le fond de chambre 1 comprend également des pattes de fixation 51 s'étendant axialement depuis la face inférieure 4 ; il comprend aussi un épaulement interne, symétrique de révolution, prévu sur la bordure interne entre la face inférieure 4 et la surface interne 5, et un épaulement externe, symétrique de révolution, prévu sur la bordure externe entre la face inférieure 4 et la surface externe 6.
- [0036] Ainsi, sur ces différentes figures, le fond de chambre 1 présente une surface supérieure 3, une surface inférieure 4, une surface intérieure 5 au contact de laquelle la bague isolante interne doit être maintenue par les languettes 31 et une surface extérieure 6 au contact de laquelle la bague isolante externe doit être maintenue par les deuxièmes languettes 41.
- [0037] Les languettes 31 sont disposées régulièrement en couronne sur la base circulaire 32 de manière concentrique par rapport à la surface intérieure 5, la surface cylindrique présentant un diamètre plus faible celui de la surface intérieure 5.
- [0038] Les languettes 31 sont solidaires de la base circulaire 32 et se rejoignent par l'intermédiaire d'arches 34. On désigne par la référence 34a le sommet d'une arche 34.
- [0039] De même, on désigne par la référence 5a le fond de gorge séparant la base 32 de la surface intérieure 5.
- [0040] Conformément aux principes généraux des techniques de fabrication additive, le fond de chambre 1 est fabriqué couche par couche par fusion partielle d'une poudre métallique à l'aide d'un faisceau de haute énergie, tel qu'un laser ou un faisceau d'électrons. La fabrication se déroule dans la direction de l'axe principal
- [0041] A à partir d'un plateau de fabrication P ; le fond de chambre est fabriqué depuis sa face supérieure 3 vers sa face inférieure 4. Dans le présent exemple, le fond de chambre est réalisé en alliage à base Nickel, par exemple en Inconel718.
- [0042] On se réfèrera au document WO2020/188185 pour de plus amples détails sur la méthode de fabrication.
- [0043] En se référant à la [Fig.1] illustrant une vue en coupe du fond de chambre 1 selon l'état de la technique antérieure et les figures 2 et 3 illustrant des vues en coupe complémentaires agrandies, on constate que la différence de cote selon l'axe A entre le fond de gorge 5a et le sommet des arches 34a présente une valeur positive Dz+. En d'autres termes, en posant une référence comprise dans un plan confondu avec la surface supérieure 3 du fond de chambre 1, le fond de gorge 5a est situé au-dessus du sommet des arches 34. On notera qu'une telle référence est cohérente avec la chronologie d'élaboration lors de la fabrication additive.

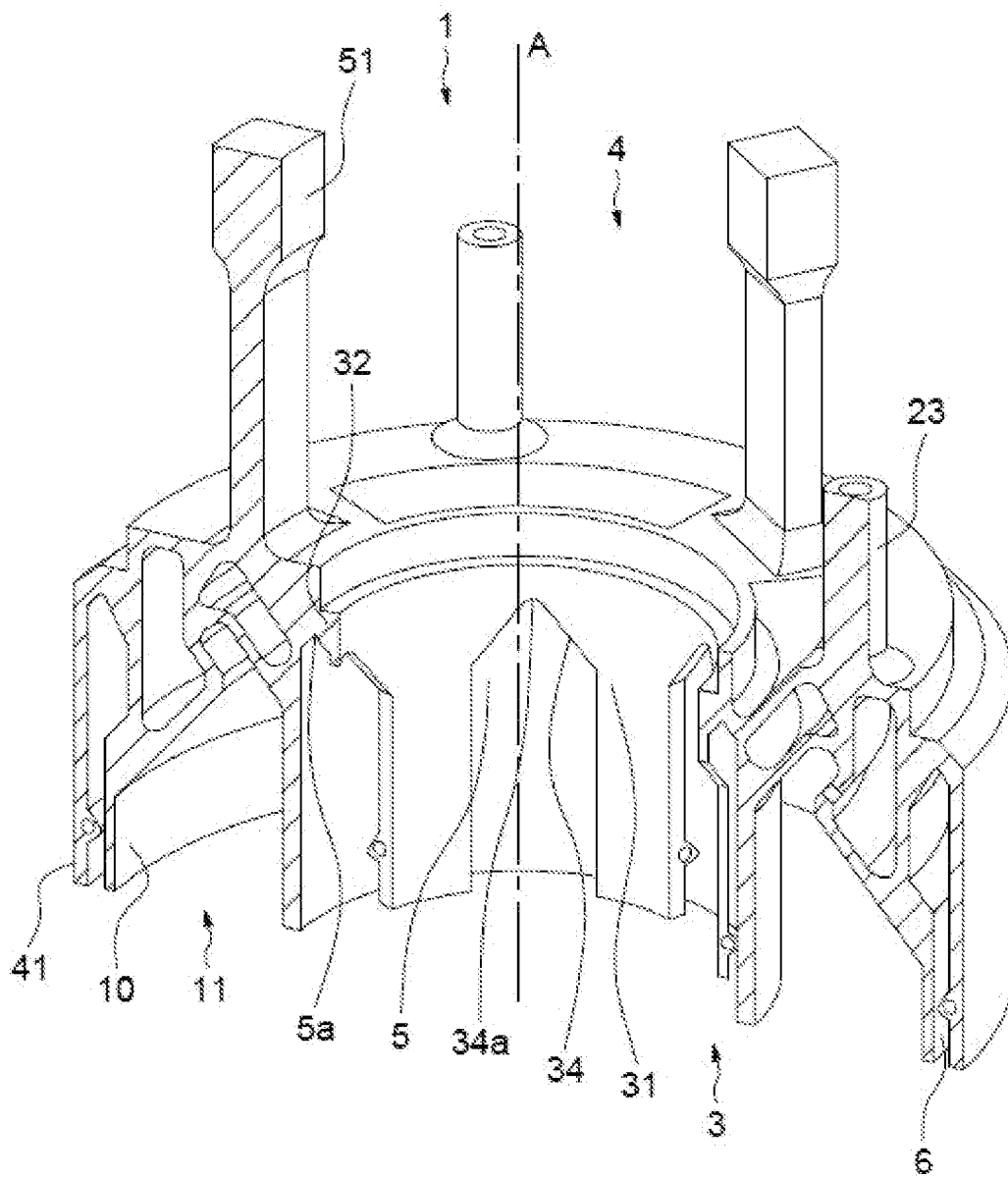
- [0044] Cette conformation implique que les languettes 31 se rejoignent au niveau de la base 32 durant la fabrication, l'ensemble languettes 31 et base 32 rejoignant ensuite le reste du fond de chambre 1.
- [0045] Il résulte de cette chronologie de fabrication que des contraintes apparaissent au niveau de la base 32 donnant lieu ensuite à un ressaut modifiant le diamètre intérieur au niveau de la base 32.
- [0046] Afin de résoudre le problème technique identifié plus haut, une nouvelle base 32 des languettes 31 de fixation a été conçue.
- [0047] En se référant à la [Fig.4] illustrant une vue en coupe du fond de chambre 1 selon l'invention et les figures 5 et 6 illustrant des vues en coupe complémentaires agrandies, on constate que la différence de cote selon l'axe A entre le fond de gorge 5a et le sommet des arches 34a présente maintenant une valeur négative Dz-. En d'autres termes, en considérant la même référence que précédemment, le fond de gorge 5a est situé au-dessous du sommet des arches 34.
- [0048] Cette conformation implique que les languettes 31 rejoignent d'abord le fond de chambre, puis se rejoignent entre elles au niveau de la base 32.
- [0049] Il résulte de cette chronologie que moins de déformations apparaissent au niveau de la base 32, et qu'elles sont moins localisées que dans la conformation selon l'état de la technique antérieure, ce qui minimise le ressaut modifiant le diamètre intérieur au niveau de la base.
- [0050] Ces résultats sont en accord avec des simulations (notamment sous Simufact) montrant que la modification décrite ici atténue le ressaut d'environ au moins 33%, et que les déformations sont moins localisées.

## Revendications

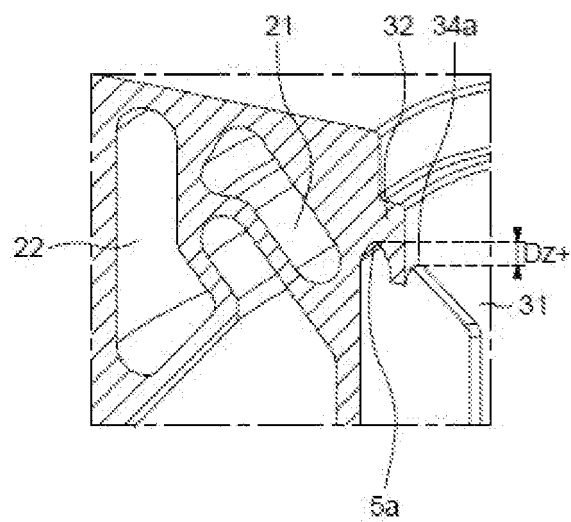
- [Revendication 1] Fond de chambre pour propulseur plasmique, comprenant, de manière monobloc, une surface de fond de chambre (10) destinée à fermer une chambre annulaire formée par le fond de chambre (1) et délimitée par au moins une pièce isolante rapportée sur le fond de chambre (1), et au moins un premier jeu de languettes comprenant des languettes de fixation (31) destinées à fixer ladite au moins une pièce isolante sur le fond de chambre (1), le fond de chambre comprenant une surface intérieure (5) de forme cylindrique, les languettes de fixation (31) étant solidaires par une de leurs extrémité d'une base circulaire (32) concentrique par rapport à la surface intérieure (5), une gorge séparant la base (32) de la surface intérieure (5), chaque paire de languettes (31) adjacentes étant rejointes par une arche (34), caractérisé par le fait que le sommet des arches (34) est plus éloigné de l'extrémité libre des languettes (31) que le fond de gorge séparant la base (32) de la surface intérieure (5).
- [Revendication 2] Fond de chambre selon la revendication 1, réalisé dans un matériau métallique.
- [Revendication 3] Fond de chambre selon la revendication 1 ou 2, réalisé par fabrication additive.
- [Revendication 4] Fond de chambre selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant un deuxième jeu de languettes, externe, comprenant des languettes de fixation (41) destinées à fixer une deuxième pièce isolante sur le fond de chambre.
- [Revendication 5] Fond de chambre selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant en outre au moins une cavité de répartition (22) communiquant avec la chambre grâce à des orifices d'injection débouchant sur la surface de fond de chambre (10).
- [Revendication 6] Fond de chambre selon la revendication 5, comprenant une première cavité de répartition (21) communiquant avec une seconde cavité de répartition (22) par une première série d'orifices d'injection, la seconde cavité de répartition (22) communiquant avec la chambre par une seconde série d'orifices d'injection.
- [Revendication 7] Propulseur plasmique, comprenant un fond de chambre (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, et au moins une pièce isolante fixée sur le fond de chambre (1) à l'aide d'au moins le premier jeu de languettes.

[Revendication 8] Propulseur plasmique selon la revendication 7, comprenant une première pièce isolante, radialement interne, formant une paroi radialement interne de la chambre, et une deuxième pièce isolante, radialement externe, formant une paroi radialement externe de la chambre.

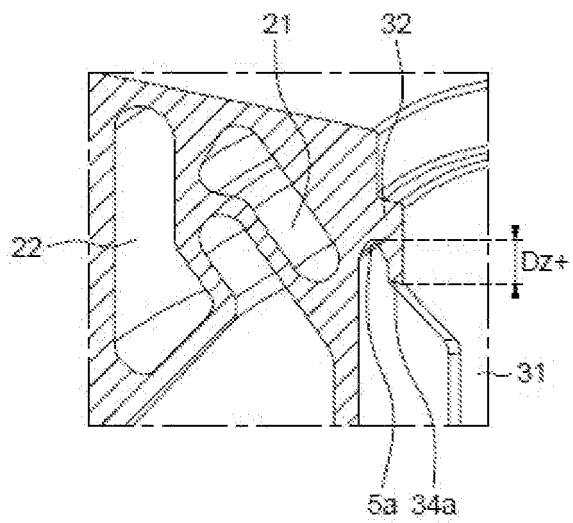
[Fig. 1]



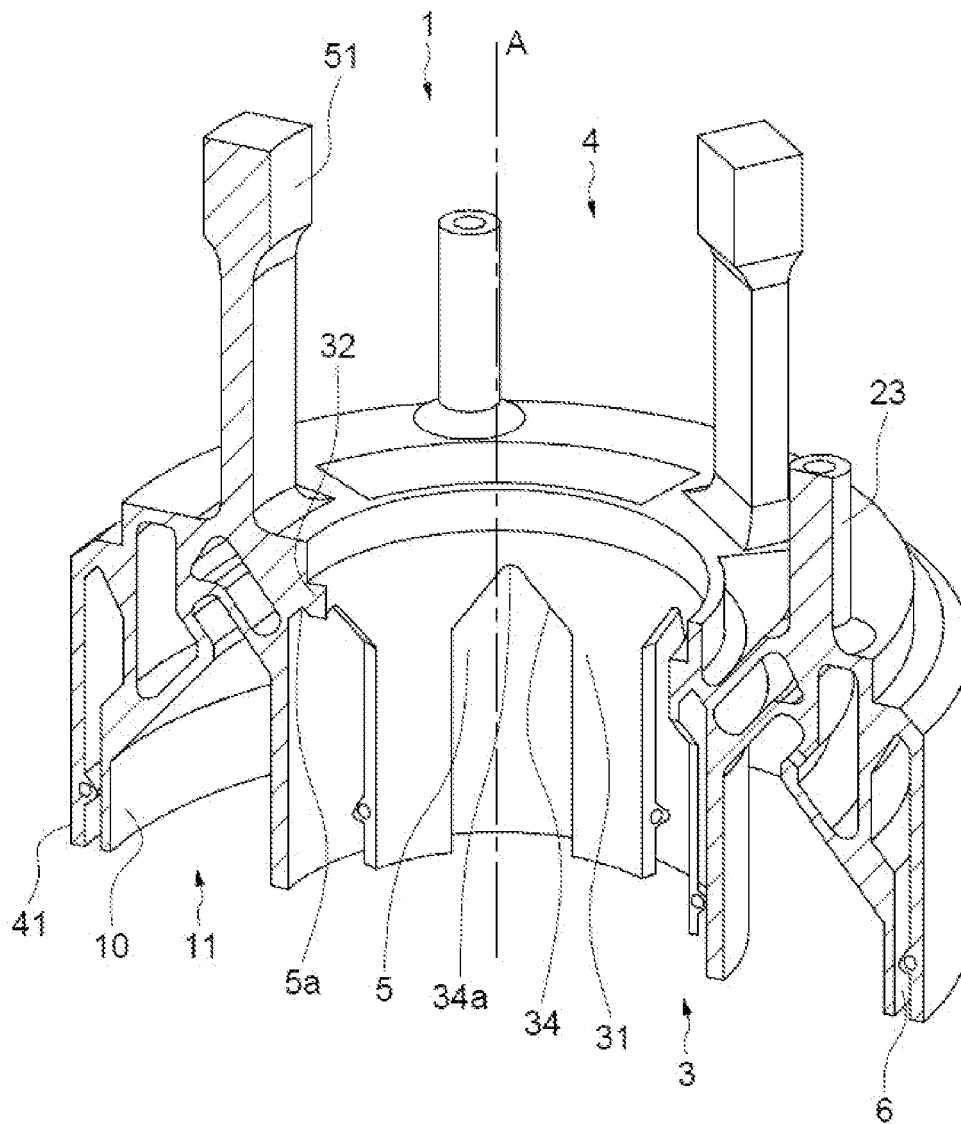
[Fig. 2]



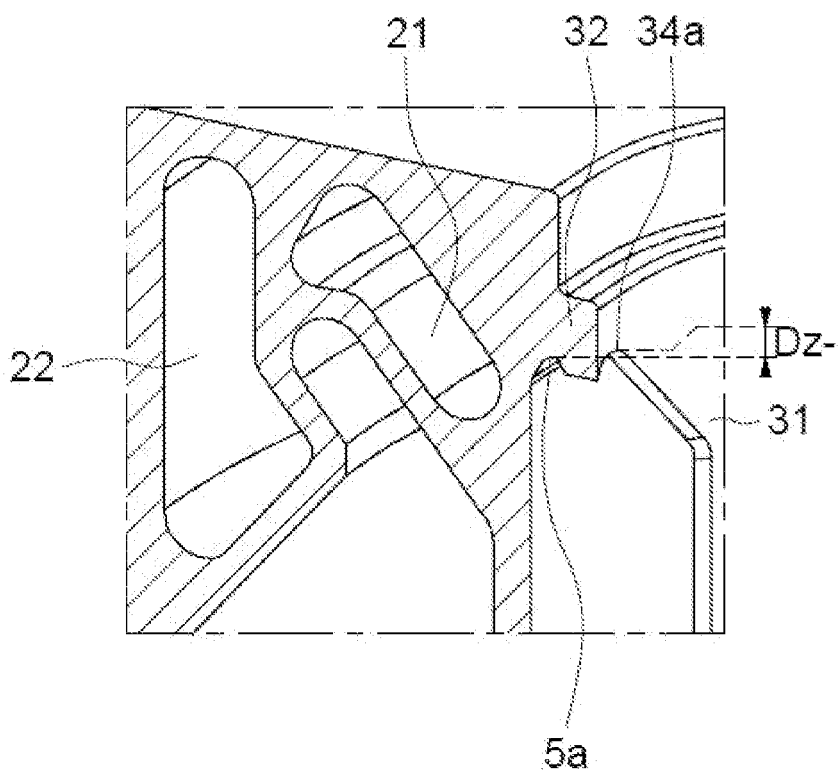
[Fig. 3]



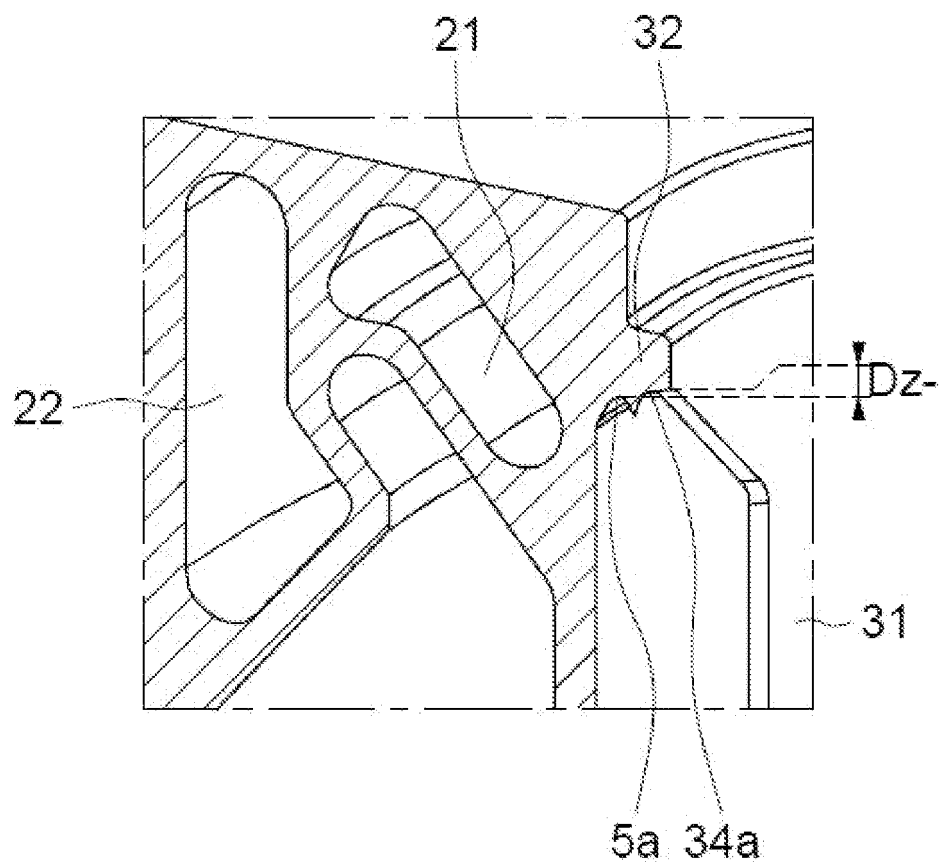
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



# 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**

NEANT

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

WO 2020/188185 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES  
[FR]) 24 septembre 2020 (2020-09-24)

US 2019/366435 A1 (FIRDOSY SAMAD A [US] ET  
AL) 5 décembre 2019 (2019-12-05)

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

NEANT