

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 157 463**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **23 14649**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 01 D 5/30 (2024.01), F 01 D 5/14**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 20.12.23.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.06.25 Bulletin 25/26.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN Société anonyme — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *CREPIN-LEBLOND Quentin, DE FRANÇQUEVILLE Foucault, TRANQUART Bastien et GRENÈCHE Rémi.*

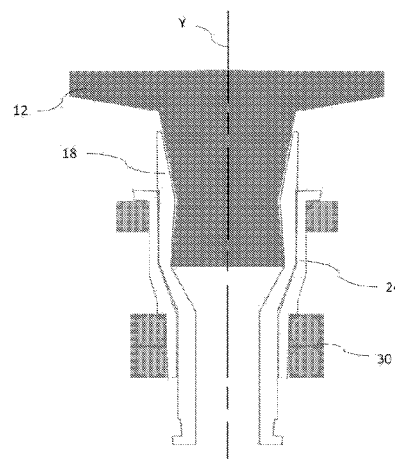
⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN Société anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *REGIMBEAU.*

⑤④ Rotor de soufflante pour turbomachine.

⑤⑦ Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine comprenant: un moyeu (6) ; une aube (7) mobile en rotation par rapport au moyeu (6) autour d'un axe (Y) pour faire varier un calage de l'aube (7), l'aube (7) comprenant une pièce monobloc (8) réalisée dans un matériau composite tissé, la pièce monobloc (8) comprenant un pied (12) et une partie aérodynamique (10) présentant un extrados et un intrados ; un roulement à billes (30) s'étendant autour de l'axe (Y) entre le moyeu (6) et le pied (12) ; et une bague métallique (18) s'étendant autour de l'axe (Y), entre le roulement et le pied 12.

Figure pour l'abrégé: Fig. 4



FR 3 157 463 - A1



Description

Titre de l'invention : Rotor de soufflante pour turbomachine

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne un rotor de soufflante pour une turbomachine.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] On connaît de l'état de la technique des soufflantes pour turbomachine comprenant un moyeu et des aubes à calage variable, les aubes comprenant chacune deux pièces distinctes : une pièce aérodynamique réalisée dans un matériau composite, présentant un intrados et un extrados, et un pied d'aube métallique servant à monter l'aube sur le moyeu de manière mobile en rotation. L'assemblage de la pièce aérodynamique avec le pied d'aube est réalisé par une interface collée.

[0003] Cette solution d'assemblage présente plusieurs inconvénients, dont notamment une masse excessive, et une potentielle fragilité/criticité de l'interface du fait de la transmission des efforts entre le pied métallique et la pièce aérodynamique, lorsque l'on fait varier son angle de calage.

Exposé de l'invention

[0004] Un but de l'invention est de surmonter les inconvénients susmentionnés, c'est-à-dire d'alléger une soufflante de turbomachine tout en évitant qu'une aube de la soufflante ne rompe lorsque son angle de calage varie.

[0005] Ce but est atteint par un rotor de soufflante pour turbomachine, le rotor de soufflante comprenant : un moyeu ; une aube mobile en rotation par rapport au moyeu autour d'un axe pour faire varier un calage de l'aube, l'aube comprenant une pièce monobloc réalisée dans un matériau composite tissé, la pièce monobloc comprenant un pied et une partie aérodynamique présentant un extrados et un intrados ; un roulement à billes s'étendant autour de l'axe entre le moyeu et le pied ; et une bague métallique s'étendant autour de l'axe, entre le roulement et le pied.

[0006] Dans le rotor de soufflante proposé, la partie aérodynamique et le pied sont d'une seule pièce. En conséquence, l'aube n'est pas sujette aux fragilités que provoquerait une interface de collage entre ces deux parties. Par ailleurs, le fait que le pied soit réalisé dans un matériau composite au même titre que la partie aérodynamique permet d'alléger la masse de l'aube, et donc plus généralement celle de la soufflante.

[0007] Le rotor de soufflante proposé peut également comprendre les caractéristiques optionnelles suivantes prises seules ou en combinaison à chaque fois que cela fait sens techniquement.

[0008] Optionnellement, la bague métallique présente une surface interne délimitant un espace dans lequel le pied s'étend, la surface interne étant orientée pour empêcher une

sortie du pied hors de l'espace dans une direction centrifuge, lorsque le moyeu est mis en rotation.

- [0009] Optionnellement, la bague métallique est en titane ou réalisée dans un alliage comprenant du nickel.
- [0010] Optionnellement, le matériau composite est tissé en 3D.
- [0011] Optionnellement, la bague métallique comprend deux coques délimitant respectivement deux portions complémentaires de la surface interne, et le rotor de soufflante comprend par ailleurs une frette s'étendant autour de la bague métallique pour maintenir les deux coques en contact l'une avec l'autre.
- [0012] Optionnellement, le roulement à billes est en contact avec la frette.
- [0013] Optionnellement, la frette est métallique.
- [0014] Il est également proposé un moteur de turbomachine comprenant un ou plusieurs rotors de soufflante conforme à la description qui précède.
- [0015] Il est en outre proposé un procédé de fabrication du rotor de soufflante précité, le procédé de fabrication comprenant un refroidissement de la bague métallique, puis un positionnement de la frette autour de la bague métallique, de sorte qu'un réchauffement ultérieur de la bague métallique dilate les deux coques afin que les deux coques soient serrées par la frette.

DESCRIPTION DES FIGURES

- [0016] 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 :
- [0017] La [Fig.1] est une vue en perspective d'une turbomachine selon un mode de réalisation.
- [0018] La [Fig.2] est une vue de côté d'une aube selon un mode de réalisation.
- [0019] La [Fig.3] est une vue partielle en coupe longitudinale d'une partie de soufflante selon un mode de réalisation.
- [0020] La [Fig.4] est une vue partielle en coupe transversale d'une partie de soufflante selon le mode de réalisation de la [Fig.3].
- [0021] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0022] En référence à la [Fig.1], une turbomachine comprend un moteur 1 de type « open rotor ». Le moteur 1 comprend un carter 2 et une soufflante 3.
- [0023] Le carter est une nacelle 2 destinée à être fixée à un fuselage d'un aéronef.
- [0024] La soufflante 3 est non carénée.
- [0025] La soufflante 3 comprend deux rotors de soufflante contrarotatifs 4 et 5. Autrement dit, lorsque le moteur 1 est en fonctionnement, les rotors 4 et 5 sont entraînés en

rotation par rapport à la nacelle 2 autour d'un même axe de rotation X (qui coïncide avec un axe principal du moteur).

- [0026] Le moteur 1 tel que représenté sur la [Fig.1] est en configuration couramment qualifiée de « pusher » (i.e. la soufflante 3 est placée à l'arrière d'un générateur de puissance avec une entrée d'air située en amont, à droite sur la [Fig.1]). Toutefois, le moteur 1 peut alternativement être en configuration « puller » (i.e. la soufflante est placée en amont du générateur de puissance avec une entrée d'air située avant, entre ou juste derrière les deux rotors de soufflante). Le moteur 1 peut également avoir une architecture encore différente, telles qu'une architecture comprenant un rotor de soufflante comprenant des aubes mobiles et un stator de soufflante comprenant des aubes fixes (configuration USF), ou bien un unique rotor de soufflante (configuration TP). L'invention peut aussi s'appliquer à une turbomachine à soufflante carénée mais également à calage variable.
- [0027] Sur la [Fig.1], chaque rotor de soufflante 4, 5 comprend un moyeu 6 monté mobile en rotation sur le carter 2 autour de l'axe X, et comprend par ailleurs une pluralité d'aubes 7. Les aubes 7 s'étendent sensiblement radialement par rapport à l'axe de rotation X du moyeu 6.
- [0028] Les aubes 7 sont montées sur le moyeu 6 non pas de manière fixe, mais de manière mobile, de sorte à pouvoir faire varier leur calage (on parle alors d'aube à calage variable).
- [0029] Dans ce qui suit, on va détailler les caractéristiques d'une aube 7, sachant que cette description est applicable à toutes les autres aubes de la soufflante 3.
- [0030] En référence à la [Fig.2], l'aube 7 comprend une pièce monobloc 8, cette pièce monobloc 8 comprenant une partie aérodynamique 10 et un pied 12 (représenté en gris).
- [0031] La pièce monobloc 8 comprenant la partie aérodynamique 10 et le pied 12 est réalisée dans un matériau composite tissé. Un tel matériau a l'avantage d'être plus léger qu'un métal tout en offrant des performances mécaniques intéressantes. De préférence, il s'agit d'un matériau tissé en 3D, car un tissage 3D confère à la pièce une meilleure résistance au délaminage qu'un matériau tissé en 2D.
- [0032] Comme la pièce 8 est monobloc, le pied 12 et la partie aérodynamique 10 ne sont pas assemblés l'un dans l'autre comme on peut le voir dans certaines aubes connues de l'état de la technique. Il n'existe donc aucune interface de collage entre le pied 12 et la partie aérodynamique 10. En réalité, la pièce monobloc 8 est fabriquée à partir d'une seule préforme tissée, réalisée dans un matériau composite.
- [0033] La partie aérodynamique 10 a vocation à être plongée dans un flux d'air lorsque la turbomachine est en fonctionnement, afin de générer une poussée. La partie aérodynamique 10 comprend un extradós et un intradós mutuellement opposés. La partie

aérodynamique 10 comprend par ailleurs un bord d'attaque 14 et un bord de fuite 16 opposé au bord d'attaque 14, ces deux bords 14, 16 reliant chacun l'intrados à l'extrados.

- [0034] Le pied 12 est une partie de la pièce servant au montage de l'aube dans le moyeu 6. A cet effet, elle est située à l'intérieur d'une cavité formée dans le moyeu 6.
- [0035] En référence aux figures 3 et 4, l'aube 7 s'étend radialement le long d'un axe de calage Y perpendiculaire à l'axe de rotation X. L'aube 7 est mobile en rotation par rapport au moyeu 6 autour de l'axe de calage Y (c'est donc par rotation autour de cet axe de calage Y qu'on peut faire varier l'angle de calage de l'aube 7).
- [0036] Le pied 12 constitue une portion d'extrémité de l'aube 7 qui est la plus proche du moyeu 6 (et donc la plus proche de l'axe de rotation X).
- [0037] Le pied 12 présente un profil en forme de bulbe, qui s'évase dans une direction centripète (donc suivant l'axe de calage Y, vers l'axe de rotation X). Cet évasement se constate dans un plan de coupe du pied parallèle au plan (X, Y) (voir [Fig.3]) et dans un plan de coupe perpendiculaire à l'axe de rotation X (voir [Fig.4]). Ainsi, le pied 12 présente deux côtés opposés qui s'éloignent l'un de l'autre dans la direction centripète.
- [0038] La soufflante 3 comprend par ailleurs une bague métallique 18.
- [0039] La bague métallique 18 s'étend autour de l'axe de calage Y, entre le pied 12 et le moyeu 6.
- [0040] La bague métallique 18 présente une surface interne 20 et une surface externe 22 opposée à la surface interne 20.
- [0041] La surface interne 20 de la bague métallique 18 délimite un espace dans lequel le pied 12 de l'aube est reçu.
- [0042] La surface interne 20 comprend des pans inclinés par rapport à l'axe de calage Y de sorte à empêcher une sortie du pied 12 hors de l'espace dans une direction centrifuge, lorsque le moyeu 6 est mis en rotation par rapport au carter 2. Les deux pans inclinés sont agencés pour être mutuellement en regard.
- [0043] Les deux pans inclinés se terminent par des extrémités qui délimitent un passage supérieur traversé par l'aube 7.
- [0044] La soufflante 3 a un profil dans un plan de coupe contenant l'axe de calage Y dans lequel les deux pans inclinés de la surface interne 20 se rapprochent l'un de l'autre dans une direction centrifuge (donc suivant l'axe de calage Y et en s'éloignant de l'axe de rotation X). Dans le mode de réalisation illustré sur les figures, ce plan de coupe est un plan de coupe transversal perpendiculaire à l'axe de rotation X (voir [Fig.4]). Dans ce plan de coupe transversal, les deux pans inclinés sont rectilignes. Dans le plan de coupe transversal, le passage supérieur présente une largeur qui est inférieure à une largeur maximale du bulbe du pied 12.
- [0045] Les deux pans inclinés peuvent être complémentaires des deux côtés opposés du pied

12 qui s'évasent dans la direction centripète (suivant l'axe de calage X, vers l'axe de rotation Y). De la sorte, un contact non ponctuel peut être assuré dans le plan de coupe considéré entre les deux pans inclinés de la surface interne 40 et les côtés opposés évasés du pied 12. Lorsque la soufflante est en rotation, les côtés opposés du pied 12 prennent respectivement appui sur les pans inclinés de la surface 20 sous l'effet de la force centrifuge, mais l'aube 7 ne peut pas sortir par le passage supérieur étant donné que ces pans se rapprochent mutuellement dans la direction centrifuge.

- [0046] Dans le plan de coupe longitudinal de la [Fig.3], c'est-à-dire un plan de coupe parallèle au plan (X, Y), les deux pans inclinés présentent des parties terminales qui s'éloignent l'un de l'autre dans la direction centrifuge (donc suivant l'axe de calage Y et en s'éloignant de l'axe de rotation X). Ces parties terminales par les extrémités précitées qui délimitent le passage supérieur traversé par l'aube 7.
- [0047] Ainsi, la surface 20 du mode de réalisation illustré sur les figures 3 et 4 n'est pas de révolution autour de l'axe de calage Y, puisque le rapprochement mutuel des pans inclinés se constate dans le plan de coupe transversale mais pas dans le plan de coupe longitudinal.
- [0048] La bague métallique 18 comprend deux coques 18a, 18b délimitant deux portions complémentaires de la surface interne 20. Les deux coques 18a, 18b s'étendent sur deux secteurs angulaires complémentaires autour de l'axe de calage Y. Par exemple, les deux coques 18a, 18b sont des demi-coques, s'étendant chacune à 180° degrés autour de l'axe de calage Y.
- [0049] La bague métallique 18 est réalisée en titane ou dans un alliage comprenant du nickel, tel que l'inconel.
- [0050] La soufflante 3 comprend par ailleurs une frette 24 entourant la bague métallique 18. La frette 24 s'étend autour de l'axe de calage Y. La frette 24 maintient les deux coques 18a, 18b l'une contre l'autre dans une position où la surface interne 20 de la bague fermée 18 est fermée sur elle-même autour de l'axe de calage Y.
- [0051] Les deux coques 18a, 18b peuvent être co-moulées, rapportées-collées ou simplement maintenues par la frette 24.
- [0052] La frette 24 présente une surface interne 26 et une surface externe 28 opposée à la surface interne. La surface interne 26 est plaquée contre la surface externe 22 de la bague 18, sur chacune des deux coques 18a, 18b.
- [0053] La frette 24 est en métal. La frette 24 est par exemple réalisée dans le même matériau que la bague métallique 18.
- [0054] La soufflante 3 comprend par ailleurs un roulement à billes 30. Le roulement à billes 30 s'étend autour de l'axe de calage Y, entre le moyeu 6 et le pied 12. Plus précisément, le roulement à billes 30 est situé entre le moyeu 6 et la bague métallique 18. Encore plus précisément, le roulement est situé entre le moyeu 6 et la frette 24.

- [0055] De manière conventionnelle, le roulement à billes comprend une bague externe, une bague interne, et des billes entre la bague interne et la bague externe. La bague externe du roulement est fixée au moyeu 6. La bague interne est fixée à la frette 24. De la sorte, le roulement à billes 30 autorise une rotation de l'ensemble « frette 24 + bague métallique 18 + aube 7 » autour de l'axe de calage Y par rapport au moyeu 6, causant ainsi une variation de l'angle de calage de l'aube 7, et ce avec des frottements limités.
- [0056] La soufflante 3 peut comprendre plusieurs roulements à billes, disposés en des positions différentes le long de l'axe de calage Y de l'aube 7 comme cela est représenté sur les figures 3 à 4, mais un seul roulement à bille 30 peut suffire.
- [0057] Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 3 et 4, deux pièces sont disposées entre le roulement et le pied 12 d'aube : la bague métallique 18 et la frette 24. Dans un autre mode de réalisation, seule la bague métallique est disposée entre le roulement et le pied 12 d'aube.
- [0058] La bague métallique 18, la frette 24, le ou chaque roulement à billes 30 décrits plus haut peuvent faire partie du rotor de soufflante 4 ou bien du rotor de soufflante 5. En particulier, Les deux rotors de de soufflante 4 et 5 peuvent comprendre ces caractéristiques.
- [0059] Dans la description qui précède, il a été pris l'exemple non limitatif d'une soufflante 3 non carénée, comprenant deux rotors 4, 5. Dans d'autres modes de réalisation, la soufflante 3 comprend un seul rotor de soufflante et/ou est carénée.

Revendications

- [Revendication 1] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine, le rotor de soufflante (4, 5) comprenant :
- un moyeu (6),
 - une aube (7) mobile en rotation par rapport au moyeu (6) autour d'un axe (Y) pour faire varier un calage de l'aube (7), l'aube (7) comprenant une pièce monobloc (8) réalisée dans un matériau composite tissé, la pièce monobloc (8) comprenant un pied (12) et une partie aérodynamique (10) présentant un extrados et un intrados,
 - un roulement à billes (30) s'étendant autour de l'axe (Y) entre le moyeu (6) et le pied (12),
 - une bague métallique (18) s'étendant autour de l'axe (Y), entre le roulement et le pied (12).
- [Revendication 2] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine selon la revendication précédente, dans laquelle la bague métallique (18) présente une surface interne (20) délimitant un espace (19) dans lequel le pied (12) s'étend, la surface interne (20) étant orientée pour empêcher une sortie du pied (12) hors de l'espace (19) dans une direction centrifuge, lorsque le moyeu (6) est mis en rotation.
- [Revendication 3] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la bague métallique (18) est en titane ou réalisée dans un alliage comprenant du nickel.
- [Revendication 4] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau composite est tissé en 3D.
- [Revendication 5] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la bague métallique (18) comprend deux coques (18a 18b) délimitant respectivement deux portions complémentaires de la surface interne (20), le rotor de soufflante (4, 5) comprenant par ailleurs une frette (24) s'étendant autour de la bague métallique (18) pour maintenir les deux coques (18a, 18b) en contact l'une avec l'autre.
- [Revendication 6] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine selon la revendication précédente, dans lequel le roulement à billes (30) est en contact avec la

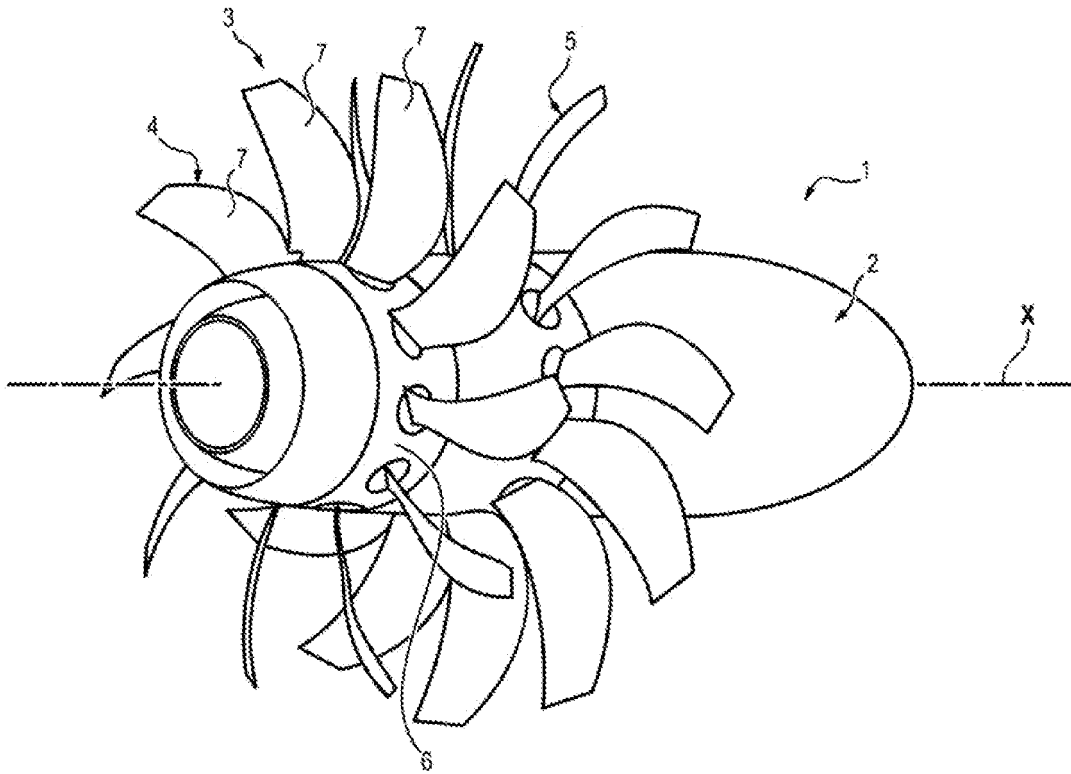
frette (24).

[Revendication 7] Rotor de soufflante (4, 5) pour turbomachine selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel la frette (24) est métallique.

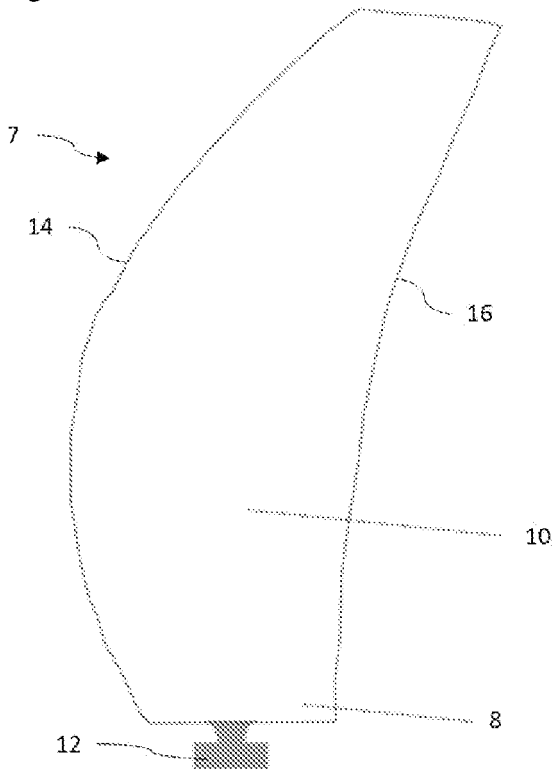
[Revendication 8] Moteur (1) de turbomachine comprenant un rotor de soufflante (4, 5) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Revendication 9] Procédé de fabrication d'un rotor de soufflante (4) pour turbomachine selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, le procédé de fabrication comprenant un refroidissement de la bague métallique (18), puis un positionnement de la frette (24) autour de la bague métallique (18), de sorte qu'un réchauffement ultérieur de la bague métallique (18) dilate les deux coques afin que les deux coques soient serrées par la frette (24).

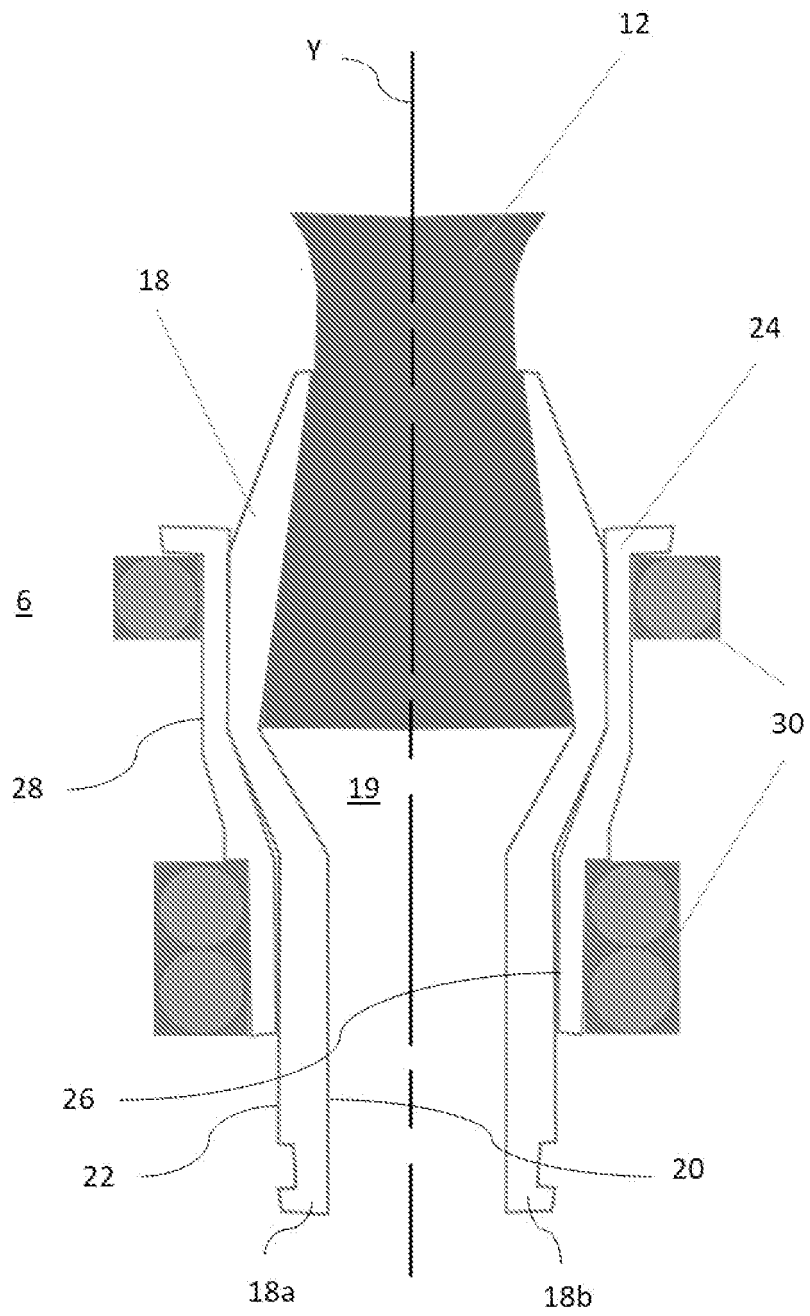
[Fig. 1]



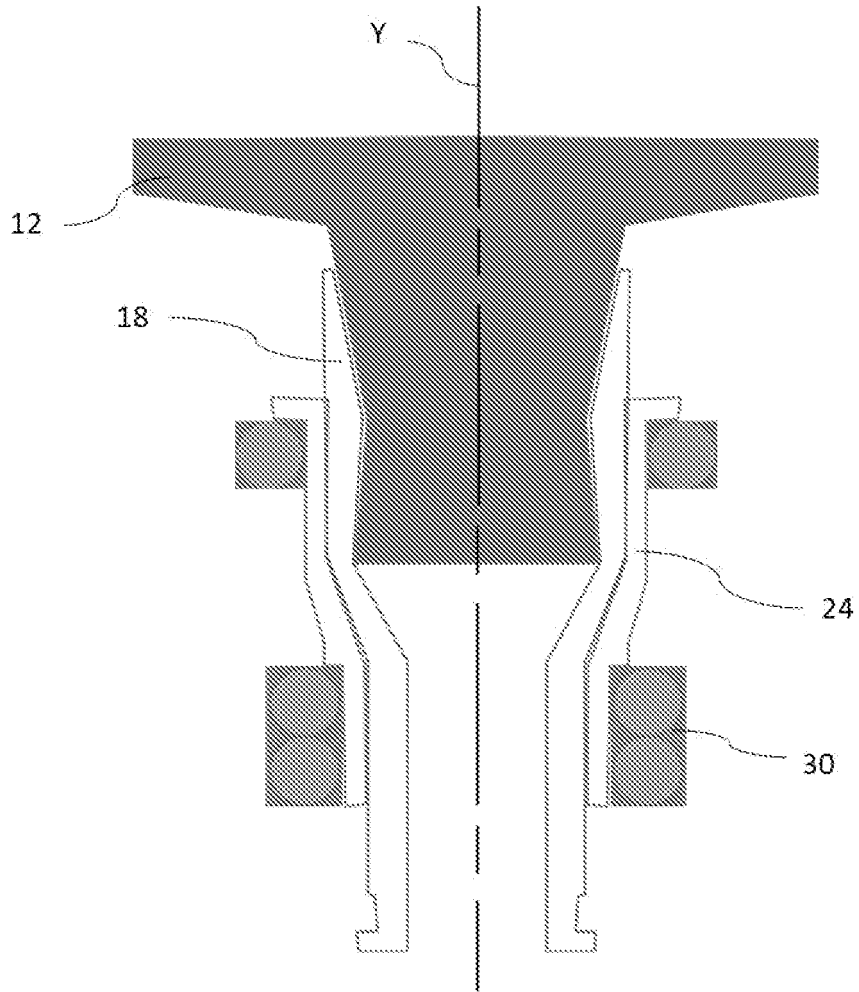
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 927326
FR 2314649

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2021/181045 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES) 16 septembre 2021 (2021-09-16) * page 6, ligne 19 - page 10, ligne 2 * * revendication 1 * * figures 1-4 * -----	1-9	F01D 5/14 F01D 5/30
X	US 2018/290728 A1 (VIOLETTE JOHN A [US] ET AL) 11 octobre 2018 (2018-10-11)	1-4,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F04D B64C F01D
A	* alinéas [0003], [0021] - [0023], [0034] - [0050] * * figures 5-7 *	5-7,9	
X	FR 3 112 819 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 28 janvier 2022 (2022-01-28) * alinéas [0001], [0086] - [0138] * * figures 2-6 *	1-5,7-9	
A	FR 3 126 639 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 10 mars 2023 (2023-03-10) * alinéas [0031] - [0037] * * figures 3, 4 *	1,9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 juin 2024		Gombert, Ralf	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2314649 FA 927326**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **12 - 06 - 2024**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2021181045 A1	16-09-2021	CN 115362057 A	18-11-2022
		EP 4117895 A1	18-01-2023
		FR 3108142 A1	17-09-2021
		US 2023027670 A1	26-01-2023
		WO 2021181045 A1	16-09-2021

US 2018290728 A1	11-10-2018	AUCUN	

FR 3112819 A1	28-01-2022	AUCUN	

FR 3126639 A1	10-03-2023	AUCUN	
