

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 123 696

21 N° d'enregistrement national : 21 05788

51 Int Cl⁸ : F 04 D 29/56 (2020.12), F 02 K 3/02, B 29 C 65/56,
F 01 D 21/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.06.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.12.22 Bulletin 22/49.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS
— FR.

72 Inventeur(s) : COTTET, Clément, COURTIER, Vivien
Mickaël, JOUDON, Vincent et SERVANT, Régis
Eugène Henri.

73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 SYSTÈME DE COMMANDE DU CALAGE ANGULAIRE D'UNE AUBE D'HELICE POUR UNE TURBOMACHINE
D'AERONEF.

57 Système (34) de commande du calage angulaire
d'une aube (10) d'hélice, pour une turbomachine d'aéronef,
caractérisé en ce qu'il comprend :

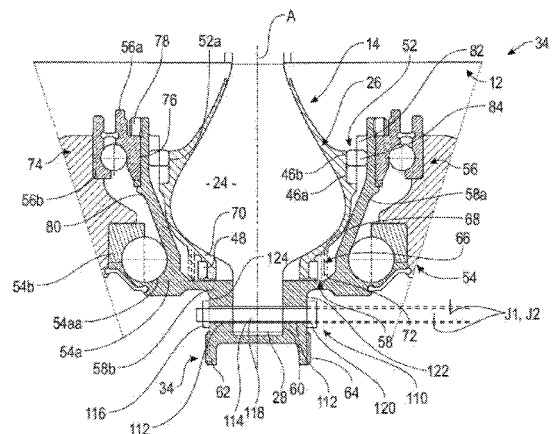
- une aube (10) comportant une pale (12) reliée à un
pied (14),

- un bol (58) comportant une paroi annulaire (58a)
s'étendant autour d'un axe (A) de calage de l'aube (10) et
une extrémité axiale inférieure fermée par une paroi de fond
(58b),

- une bague d'immobilisation (52) qui s'étend autour du
pied (14) et à l'intérieur du bol (58),

et un élément de sécurité (110, 110') qui assure la rete-
nue du pied (14) vis-à-vis du bol (58), ledit au moins un élé-
ment de sécurité (110, 110') ayant une forme générale
allongée et traversant des orifices (112, 114, 126) alignés
de la paroi de fond (58b) du bol (58) ainsi que de l'extrémité
libre (28) du pied (14).

Figure pour l'abrégié : Figure 18



FR 3 123 696 - A1



Description

Titre de l'invention : SYSTÈME DE COMMANDE DU CALAGE ANGULAIRE D'UNE AUBE D'HELICE POUR UNE TURBOMACHINE D'AERONEF

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne le domaine des turbomachines d'aéronef et en particulier des hélices propulsives de ces turbomachines qui comportent des aubes à calage variable.

Arrière-plan technique

[0002] L'état de l'art comprend notamment les documents FR-A1-3 017 163 et FR-A1-3 080 322.

[0003] Une hélice de turbomachine d'aéronef peut être carénée, comme c'est le cas d'une soufflante par exemple, ou non carénée comme c'est le cas d'une architecture du type open-rotor par exemple.

[0004] Une hélice comprend des aubes qui peuvent être à calage variable. La turbomachine comprend alors un mécanisme permettant de modifier l'angle de calage des aubes afin d'adapter la poussée générée par l'hélice en fonction des différentes phases de vol.

[0005] La conception d'une aube d'hélice met en jeu plusieurs disciplines dont les objectifs sont généralement antagonistes. Elle doit permettre des performances aérodynamiques optimales (c'est-à-dire fournir une poussée en maximisant le rendement), garantir une tenue mécanique de l'aube (c'est-à-dire tenir les contraintes mécaniques résultant des chargements statiques et dynamiques) tout en limitant la masse ainsi que la signature acoustique. En particulier, l'amélioration des performances aérodynamiques de l'hélice tend vers une augmentation du BPR (*By Pass Ratio*), ce qui se traduit par une augmentation de son diamètre externe et donc de l'envergure des aubes. Or l'augmentation du BPR va de pair avec la réduction du FPF (*Fan Pressure Ratio*). Par conséquent, un système de changement de pas (aube à calage variable) est généralement requis pour que l'hélice soit opérable sur tout le domaine de vol.

[0006] Il existe plusieurs technologies d'attache d'une aube d'hélice à calage variable et plusieurs technologies de commande du calage angulaire d'une aube d'hélice de ce type. Cependant, ces technologies sont relativement complexes et coûteuses. Par ailleurs, en cas de problème et en particulier de casse, elles ne garantissent pas la rétention des aubes radialement vers l'extérieur par rapport à l'axe de rotation de l'hélice, en particulier lorsque cette hélice n'est pas carénée.

[0007] En cas de rupture des moyens de rétention d'une aube de l'hélice, il est en effet particulièrement important d'assurer la retenue de cette aube afin d'éviter qu'elle soit

projetée vers l'extérieur et qu'elle impacte le fuselage de l'aéronef équipé de la turbomachine. Cette fonction de sécurité, appelée « *failsafe* », n'est pas toujours présente dans les systèmes de commande des technologies actuelles. Les systèmes de commande qui comprennent cette fonction comprennent en général des éléments qui sont eux-mêmes susceptibles de se détacher et d'impacter le fuselage de l'aéronef. Plus la taille et la densité de ces éléments sont importantes, et plus les risques de dégâts sur le fuselage sont importants et peuvent nécessiter un blindage spécifique, ce qui est impacte la masse de l'aéronef et donc ses performances.

[0008] Il existe donc un besoin d'une technologie de système de commande qui intègre une fonction de sécurité simple et efficace.

Résumé de l'invention

[0009] L'invention concerne un système de commande du calage angulaire d'une aube d'hélice, pour une turbomachine d'aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend :

[0010] - une aube comportant une pale reliée à un pied,

[0011] - un bol comportant une paroi annulaire s'étendant autour d'un axe de calage de l'aube, cette paroi annulaire comportant une extrémité axiale inférieure fermée par une paroi de fond, et une extrémité axiale supérieure ouverte et configurée pour autoriser le montage du pied de l'aube à l'intérieur du bol, la paroi de fond comprenant un évidement ayant une section transversale non circulaire et configuré pour recevoir une extrémité libre de forme complémentaire dudit pied de façon à ce que le bol soit solidarisé en rotation avec le pied autour dudit axe, et

[0012] - une bague d'immobilisation qui s'étend autour dudit axe et qui est montée autour du pied, cette bague d'immobilisation étant montée à l'intérieur du bol et coopérant respectivement avec le pied et la paroi annulaire du bol afin d'assurer la rétention axiale du pied dans le bol,

[0013] et en ce que le système comprend en outre au moins un élément de sécurité qui assure la retenue du pied vis-à-vis du bol, ledit au moins un élément de sécurité ayant une forme générale allongée et s'étendant transversalement par rapport audit axe, ledit au moins un élément de sécurité traversant des orifices alignés de la paroi de fond du bol ainsi que de l'extrémité libre du pied.

[0014] La fonction de sécurité du système est donc assurée par au moins un élément de sécurité qui est situé à l'extrémité inférieure libre du pied de l'aube. L'élément de sécurité a une forme allongée en direction transversale et a un encombrement limité. Il peut être logé à l'intérieur d'un carter de l'hélice et ne risque donc pas d'être projeté à l'extérieur en cas de rupture. Cet élément de sécurité traverse des orifices transversaux de la paroi de fond du bol et de l'extrémité libre du pied et est donc relativement aisé à mettre en place, par exemple par démontage d'un capot du carter précité ou à travers

une trappe d'accès de ce carter.

- [0015] Dans la présente demande, on entend par une direction transversale une direction perpendiculaire à l'axe de calage de l'aube.
- [0016] Le système selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres, ou en combinaison les unes avec les autres :
- [0017] - ledit au moins un élément de sécurité est un boulon comprenant une vis et un écrou, la vis comportant une tige filetée qui traverse lesdits orifices et une tête qui est appliquée contre une face latérale de la paroi de fond, l'écrou étant vissé sur la tige filetée et prenant appui sur une face latérale opposée de la paroi de fond ;
- [0018] - ledit au moins un élément de sécurité est une goupille comprenant un corps cylindrique traversant lesdits orifices ;
- [0019] - ledit au moins un élément de sécurité traverse avec un jeu prédéterminé l'orifice de l'extrémité libre du pied ;
- [0020] - ledit au moins un élément de sécurité traverse avec un jeu prédéterminé les orifices de la paroi de fond du bol ;
- [0021] - lesdits jeux sont identiques ;
- [0022] - le pied de l'aube comporte un corps logé dans un fût annulaire qui s'étend autour dudit axe et qui est logé au moins en partie à l'intérieur dudit bol, ladite extrémité libre du pied étant formée par une excroissance dudit corps et par un prolongement axial dudit fût qui comprennent tous les deux des orifices de passage dudit au moins un élément de sécurité ;
- [0023] - les jeux entre ledit au moins un élément de sécurité et les orifices du fût sont inférieurs au jeu entre ledit au moins un élément de sécurité et l'orifice de l'excroissance, et sont de préférence identiques aux jeux entre ledit au moins un élément de sécurité et les orifices de la paroi de fond du bol ;
- [0024] -- le système comprend en outre :
- [0025] - un palier de guidage à roulement inférieur s'étendant autour dudit axe et monté autour d'une partie inférieure de la paroi annulaire ;
- [0026] - un palier de guidage à roulement supérieur s'étendant autour dudit axe et monté autour d'une partie supérieure de la paroi annulaire ;
- [0027] -- au moins l'un des paliers de guidage a sa bague interne qui est intégrée audit bol ;
- [0028] -- au moins l'un des paliers de guidage est à contact oblique ;
- [0029] -- l'évidement est excentré par rapport à l'axe de calage ;
- [0030] -- le système comprend en outre un organe élastiquement déformable s'étendant autour de l'axe de calage et monté à l'intérieur du bol, cet organe prenant appui axialement sur la paroi de fond et étant configuré pour solliciter axialement le pied de l'aube vers l'extérieur du bol ;

- [0031] -- la bague d'immobilisation est une bague de crabotage qui comporte des dents externes de crabot configurées pour coopérer avec des dents internes de crabot complémentaires de la paroi annulaire du bol ;
- [0032] -- le système comprend en outre un anneau de verrouillage et un jonc annulaire, l'anneau de verrouillage étant configuré pour être engagé axialement entre les dents internes et externes de crabot pour empêcher la rotation de la bague de crabotage à l'intérieur du bol, et le jonc annulaire étant monté dans le bol pour bloquer axialement l'anneau de verrouillage dans le bol ;
- [0033] -- la bague d'immobilisation a en section transversale une forme de coin et est configurée, sous l'effet des forces centrifuges en fonctionnement, pour être sollicitée axialement vers l'extérieur du bol et pour maintenir serré axialement le pied d'aube par effet de coin ;
- [0034] -- le fût est réalisé en deux demi-coques rapportées et fixées sur le corps, les demi-coques étant jointes au niveau d'un plan de joint qui passe par ledit axe de calage ;
- [0035] -- le fût est collé sur le corps ;
- [0036] -- au moins une bague de frettage est montée autour des demi-coques pour les maintenir serrées contre le corps, cette bague de frettage s'étendant autour de l'axe de calage ;
- [0037] -- une bague de frettage inférieure est montée sur une surface cylindrique basse du fût, et s'étend autour d'au moins une partie de l'extrémité libre du corps ;
- [0038] -- une bague de frettage supérieure est montée sur une surface cylindrique haute du fût, et s'étend autour d'une partie d'un bulbe du corps ;
- [0039] -- une bague de crabotage s'étend autour de l'axe de calage et est montée prisonnière autour d'une échasse du pied, entre son bulbe et la pale, cette bague de crabotage comportant des dents externes de crabot configurées pour coopérer avec ledit système ;
- [0040] -- la bague de crabotage est configurée pour être montée sur la surface cylindrique haute du fût ;
- [0041] -- le premier palier de guidage s'étend au moins en partie autour de la bague de frettage inférieure, et le second palier de guidage s'étend au moins en partie autour de la bague de frettage supérieure.
- [0042] Les paliers de guidage assurent la reprise des actions mécaniques issues des efforts aérodynamiques et centrifuges s'appliquant sur l'aube en fonctionnement. Le palier inférieur peut être configuré pour assurer la rétention de l'aube au centrifuge et le palier supérieur peut être configuré pour assurer la reprise des moments de flexion issus des efforts aérodynamiques et centrifuges. La distance entre les paliers, le long de l'axe de calage, génère un bras de levier suffisant pour empêcher l'aube de rotuler, quelle que soit la phase de vol.
- [0043] La présente invention concerne également une turbomachine, en particulier

d'aéronef, comportant au moins un système tel que décrit ci-dessus.

[0044] La présente invention concerne enfin un procédé de montage d'un système tel que décrit ci-dessus, dans lequel il comprend les étapes de :

[0045] a) insertion du pied de l'aube à l'intérieur du bol du système, par déplacement de l'aube dans une direction parallèle à l'axe de calage,

[0046] b) engagement de l'extrémité libre du pied dans un évidement de la paroi de fond du bol de façon à solidariser en rotation le bol avec le pied de l'aube, et

[0047] c) engagement de la bague d'immobilisation, préalablement montée ou présente autour du pied de l'aube, dans le bol et montage de cette bague dans le bol et sur le pied de l'aube de façon à assurer la rétention axiale du pied dans le bol et

[0048] d) engagement dudit au moins un élément de sécurité dans les orifices de la paroi de fond du bol et de l'extrémité libre du pied.

[0049] Avantageusement, pendant les étapes a) et/ou b), le pied de l'aube prend appui sur l'organe élastiquement déformable et le comprime axialement.

[0050] De préférence, pendant l'étape c), la bague d'immobilisation est montée dans le bol par crabotage.

Brève description des figures

[0051] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui suit d'un mode de réalisation non limitatif de l'invention en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0052] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique en perspective d'une aube d'hélice pour une turbomachine d'aéronef,

[0053] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue à plus grande échelle d'une partie de la [Fig.1] et montre le pied de l'aube,

[0054] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue schématique en perspective et avec éclaté partiel du pied de l'aube de la [Fig.1],

[0055] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue schématique en perspective du corps du pied de l'aube de la [Fig.1],

[0056] [Fig.5] la [Fig.5] est une autre vue schématique en coupe axiale du pied de l'aube de la [Fig.1] et de paliers de guidage, le plan de coupe s'étendant le long d'une corde de la pale de l'aube,

[0057] [Fig.6] la [Fig.6] est une vue schématique en coupe axiale du pied de l'aube de la [Fig.1] et des paliers de guidage, le plan de coupe s'étendant transversalement à la corde de la pale de l'aube,

[0058] [Fig.7] la [Fig.7] est une autre vue schématique en coupe selon la ligne VII-VII de la [Fig.5],

[0059] [Fig.8] la [Fig.8] est une vue schématique en coupe axiale du pied de l'aube de la

- [Fig.1] et d'un système de commande du calage angulaire de cette aube,
- [0060] [Fig.9] la [Fig.9] est une vue schématique en perspective d'un bol du système de la [Fig.8],
- [0061] [Fig.10] la [Fig.10] est une vue schématique en perspective d'une bague de crabotage du système de la [Fig.8],
- [0062] [Fig.11] la [Fig.11] est une vue schématique en perspective d'un anneau de verrouillage du système de la [Fig.8],
- [0063] [Fig.12] la [Fig.12] est une vue schématique en perspective et en coupe axiale partielle du pied de l'aube et du système de la [Fig.8], et montre une première étape de montage,
- [0064] [Fig.13] la [Fig.13] est une vue schématique en perspective et en coupe axiale partielle du pied de l'aube et du système de la [Fig.8], et montre une deuxième étape de montage,
- [0065] [Fig.14] la [Fig.14] est une vue schématique en perspective et en coupe axiale partielle du pied de l'aube et du système de la [Fig.8], et montre une troisième étape de montage,
- [0066] [Fig.15] la [Fig.15] est une vue schématique en perspective et en coupe axiale partielle du pied de l'aube et du système de la [Fig.8], et montre une quatrième étape de montage,
- [0067] [Fig.16] la [Fig.16] est une vue schématique en perspective et en coupe axiale partielle du pied de l'aube et du système de la [Fig.8], et montre une cinquième étape de montage,
- [0068] [Fig.17] la [Fig.17] est une vue schématique en perspective et en coupe axiale partielle du pied de l'aube et du système de la [Fig.8], et montre une sixième étape de montage, et
- [0069] [Fig.18] la [Fig.18] est une vue schématique en coupe axiale du pied de l'aube de la [Fig.1] et d'un premier mode de réalisation d'un système selon l'invention de commande du calage angulaire de cette aube ;
- [0070] [Fig.19] la [Fig.19] est une vue schématique en coupe axiale du pied de l'aube de la [Fig.1] et d'un second mode de réalisation d'un système selon l'invention de commande du calage angulaire de cette aube ; et
- [0071] [Fig.20] la [Fig.20] est une vue très schématique d'une variante de réalisation d'un élément de sécurité.

Description détaillée de l'invention

- [0072] La [Fig.1] montre une aube 1 pour une hélice d'une turbomachine d'aéronef, cette hélice étant carénée ou non carénée.
- [0073] L'aube 10 comprend une pale 12 reliée à un pied 14.

- [0074] La pale 12 a un profil aérodynamique et comprend un intrados 12a et un extrados 12b qui sont reliés par un bord amont d'attaque 12c et par un bord aval de fuite 12d, les termes amont et aval faisant référence à l'écoulement des gaz autour de la pale en fonctionnement.
- [0075] La pale 12 a une extrémité supérieure qui est libre, appelée sommet, et une extrémité inférieure qui est reliée au pied 14.
- [0076] Dans l'exemple représenté, l'aube 10 est réalisée en matériau composite par un procédé d'injection appelé procédé RTM (acronyme de l'anglais *Resin Transfer Molding*). Ce procédé consiste à préparer une préforme fibreuse 18 par tissage en trois dimensions puis à disposer cette préforme dans un moule et d'y injecter une résine polymérisable telle qu'une résine époxy, qui va imprégner la préforme. Après polymérisation et durcissement de la pale 12, son bord d'attaque 12c est en général renforcé par un bouclier métallique 20 rapporté et fixé, par exemple par collage.
- [0077] L'aube 10 comprend ici un longeron 22 qui comprend une partie formant une âme de la pale 12 et qui est destinée à être insérée dans la préforme 18 avant l'injection de résine, et une partie qui s'étend du côté opposé au sommet de la pale 14 pour former une partie du pied 14, appelé corps 24.
- [0078] Le longeron 22 est préférentiellement en matériau composite à matrice organique époxy renforcée par fibres de carbone tissées 3D avec la direction chaîne majoritairement orientée radialement et la trame majoritairement orientée selon la corde de la pale à hauteur de veine aérodynamique. Cependant, le longeron peut également être un assemblage plus avantageux mécaniquement de différents matériaux composites à matrice organique (thermodurcissable, thermoplastique ou élastomère) renforcés par fibres longues (carbone, verre, aramide, polypropylène) selon plusieurs arrangements fibreux (tissé, tressé, tricoté, unidirectionnel).
- [0079] Bien que cela ne soit pas représenté, la pale 12 peut être creuse ou pleine et comprend une cavité interne remplie avec un matériau de remplissage du type mousse ou nid d'abeille. Ce matériau de remplissage est installé autour du longeron 22 et il est recouvert d'une peau en matériau composite à matrice organique pour augmenter la résistance de la pale à l'impact.
- [0080] Le bouclier 20 peut être titane ou alliage de titane, inox, acier, aluminium, nickel, etc. L'intrados 12a voire l'extrados 12b de la pale 12 peut être recouvert d'un film polyuréthane pour la protection à l'érosion.
- [0081] Le pied 14 comprend pour l'essentiel deux parties, à savoir ce corps 24 et un fût annulaire 26 qui s'étend autour du corps 24 et d'un axe A de l'aube.
- [0082] L'axe A est un axe d'allongement de l'aube 10 et de la pale 12 et en particulier un axe de calage de l'aube, c'est-à-dire l'axe autour duquel la position angulaire de l'aube est ajustée. C'est en général aussi un axe radial qui s'étend donc suivant un rayon par

rapport à l'axe de rotation de l'hélice équipée de cette aube.

[0083] Le corps 24 du pied 14 a une forme particulière mieux visible aux figures 3 à 7.

[0084] Le corps 24 comprend pour l'essentiel trois parties à savoir :

[0085] - une extrémité libre 28 située du côté opposé à la pale 12,

[0086] - une échasse 30 située du côté de la pale, et

[0087] - un bulbe 32 situé entre l'extrémité libre et l'échasse.

[0088] L'extrémité libre 28 a une forme générale parallépipédique dans l'exemple représenté. Comme on peut le voir à la [Fig.7], cette extrémité 28 est désaxée ou décalée par rapport à l'axe A pour réaliser un détrompage ou indexage, comme cela sera expliqué plus en détail dans ce qui suit.

[0089] On définit Pb comme un plan transversal, c'est-à-dire un plan perpendiculaire à l'axe A, passant sensiblement par le milieu de l'extrémité 28, mesurée le long de l'axe A. Ce plan Pb est appelé plan bas ou inférieur. La [Fig.7] montre la forme en section de l'extrémité 28 dans ce plan Pb. Cette section, appelée section basse, a une valeur ou une aire, par exemple maximale, notée Sb et a une forme générale rectangulaire dans l'exemple représenté.

[0090] Comme cela sera également décrit dans ce qui suit, l'extrémité 28 est configurée pour coopérer avec un système 34 de commande du calage de l'aube.

[0091] L'échasse 30 a une forme relativement complexe et peut être considérée comme comportant :

[0092] - deux flancs latéraux 30a, 30b, situés respectivement du côté de l'intrados 12a et de l'extrados 12b de la pale 12, qui convergent l'un vers l'autre le long de l'axe A et en direction du sommet de la pale 12 (cf. figures 4 et 6), et

[0093] - deux bords, respectivement amont 30c et aval 30d, qui au contraire divergent l'un de l'autre le long de l'axe A et en direction du sommet de la pale 12 (cf. figures 4 et 5).

[0094] On définit Ph comme un plan transversal passant par l'échasse 30, et en particulier son extrémité inférieure. Ce plan Ph est appelé plan haut ou supérieur. Dans ce plan, l'échasse peut avoir en section une forme non circulaire et par exemple ovale, oblongue, carrée ou rectangulaire. Cette section, appelée section haute, a une valeur ou une aire, par exemple maximale, notée Sh.

[0095] Le bulbe 32 a une forme générale renflée ou bombée, ce renflement ou bombement s'étendant tout autour de l'axe A.

[0096] On définit Pm comme un plan médian passant par le bulbe 32, et en particulier dans sa partie de plus grande section transversale, qui est notée Sm. Ce plan Pm est appelé plan moyen. Dans ce plan, le bulbe 32 peut avoir en section une forme circulaire bien que cette section ne soit pas limitative.

[0097] On comprend que le plan Pm est situé entre les plans Pb et Ph. La section transversale du bulbe 32 décroît du plan Pm (Sm) jusqu'au plan Ph, ainsi que depuis le

plan Pm, jusque vers le plan Pb. On comprend donc que Sm est supérieur à Sb et Sh. Par ailleurs, dans l'exemple représenté, Sh est supérieur à Sb.

- [0098] Le fût 26 est réalisé en deux demi-coques 26a, 26b, comme cela est visible à la [Fig.3], qui sont rapportées et fixées sur le corps 24, par exemple l'un du côté de l'intrados 12a de la pale et l'autre du côté de l'extrados 12b de la pale 12. Les demi-coques 26a, 26b sont ainsi jointes au niveau d'un plan de joint qui passe par l'axe A et qui s'étend sensiblement parallèlement à une corde de la pale 12.
- [0099] Le fût 26 est avantageusement fixé sur le corps 24, de préférence par collage. La colle s'étend entre le fût et le corps, tout autour de l'axe A.
- [0100] Le fût 26 est de préférence métallique (en acier, titane ou alliage de titane comme le TA6V). La colle est par exemple une colle époxy chargée en nodules thermoplastiques ou élastomères ou renforcée avec un tissu. Ce procédé d'assemblage par collage est particulièrement adapté du fait de la grande surface de contact entre la cavité du fût et le corps qui peut être composite. La présence d'un joint de colle est avantageuse car il permet de rattraper de légers défauts de forme. Le joint de colle permet aussi d'éviter les frottements à l'interface métal/composite et donc d'augmenter la durée de vie de l'aube.
- [0101] Plusieurs possibilités sont envisagées pour rapporter le fût 26 sur le corps 24. Une première possibilité est de laisser volontairement un jeu entre les deux demi-coques 26a, 26b du fût 26 une fois rapportées de manière à bien appliquer la pression lors de la polymérisation du joint de colle. La phase de polymérisation peut se faire en autoclave avec l'ensemble de l'aube à l'intérieur d'une bache à vide. Mais, il est également possible de réaliser cette opération sous presse. Cependant, l'inconvénient de laisser un jeu entre les deux demi-coques 26a, 26b est de moins maîtriser leur positionnement et donc de devoir réaliser une reprise en usinage de la surface externe. Une deuxième possibilité est de rapporter les demi-coques l'une contre l'autre autour du corps sans jeu existant. Cette stratégie est possible, par exemple en usinant un brut déjà découpé en deux parties et maintenues ensemble pendant l'opération d'usinage afin d'assurer la géométrie des surfaces externes une fois les demi-coques réassemblées. Cela permet de maîtriser le positionnement et la géométrie de la surface externe du fût 26 sans avoir besoin d'un usinage supplémentaire après collage. Dans tous les cas, des pions de positionnement ou des butées peuvent être envisagés pour assurer la position relative des demi-coques du fût.
- [0102] La présence d'un joint de colle entre le corps et le fût n'est toutefois pas obligatoire bien qu'elle soit très avantageuse. Une alternative est d'utiliser des rondelles (ou ressorts) de précontrainte entre le fût et le corps composite afin de pousser radialement le corps et le plaquer sur les portées du fût. On peut également jouer sur la géométrie du fût pour faire en sorte de légèrement « pincer » le corps lorsque les deux demi-

coques du fût sont rapportées autour du bulbe. Dans ce cas, c'est la déformation du fût qui génère une précontrainte. Il faut donc prévoir un outillage pour maintenir cette position avant assemblage final.

[0103] Comme cela est visible aux figures 5 et 6, le fût 26 recouvre et épouse au moins une partie du bulbe 32 et de l'échasse 30, et a une forme complémentaire en section du bulbe 32, au niveau de la section milieu Sm, et de l'échasse 30, au niveau de la section haute Sh.

[0104] Plus précisément, le fût 26 comprend trois parties dans l'exemple représenté,

[0105] - une extrémité inférieure 36 qui a une forme générale annulaire (cf. figures 5-7) et qui s'étend au niveau et autour de l'extrémité libre 28 du pied,

[0106] - une extrémité supérieure 38 qui s'étend au niveau du plan Ph et qui comprend deux lèvres latérales 40 appliquées sur les flancs 30a, 30b de l'échasse 30, et

[0107] - une partie médiane 42 appliquée sur le bulbe 32 et épousant de près sa forme.

[0108] Les lèvres 40 prennent appui sur les flancs 30a, 30b de l'échasse 30 et permettent de rigidifier le pied 14 de l'aube et de renforcer sa résistance à la torsion autour de l'axe de calage A.

[0109] Ils permettent en outre d'absorber de l'énergie en cas d'impact sur l'aube 10, comme par exemple l'ingestion d'un oiseau. Des congés peuvent être présents sur ces lèvres pour éviter l'usure ou l'endommagement local du corps.

[0110] Les surfaces internes du fût 26 qui sont en contact avec le corps 24 servent de portées. Par rapport à une attache brochée, la surface de portée est maximisée par l'exploitation de l'ensemble de la circonférence du bas de l'aube. Sur une attache brochée, seules deux surfaces distinctes du pied d'aube, respectivement situées à l'intrados et à l'extrados sont en appui sur des portées alors que les surfaces du pied d'aube situées au bord d'attaque et au bord de fuite sont libres. Toujours en comparaison avec une attache brochée, la hauteur des portées dans la direction radiale est bien plus importante ce qui contribue également à augmenter considérablement leur surface. Cette grande surface d'appui permet de diminuer la pression de contact quel que soit le cas de fonctionnement.

[0111] Le fût 26 comprend deux surfaces cylindriques 44, 46a de montage de bagues de frettage 48, 50. Les bagues de frettage 48, 50 permettent de maintenir les demi-coques 26a, 26b serrées l'une contre l'autre et sur le corps 24. Les bagues de frettage 48, 50 s'étendent autour de l'axe A.

[0112] La surface 44 est située sur l'extrémité inférieure 36 et est orientée radialement vers l'extérieur par rapport à l'axe A. Elle reçoit la bague 48 par frettage qui est engagée depuis le bas et prend appui axialement sur une portée cylindrique située à la jonction de l'extrémité 36 et de la partie médiane 42 du fût 26.

[0113] La surface 46a est située sur la partie médiane 42 et est orientée radialement vers

l'extérieur par rapport à l'axe A. Elle reçoit la bague 50 par frettage qui est engagée depuis le haut et prend appui axialement sur une portée cylindrique située à proximité du plan Pm.

- [0114] On constate que la surface 46a est située juste à côté d'une surface cylindrique 46b qui est destinée à recevoir une bague d'immobilisation 52, comme cela sera décrit dans ce qui suit.
- [0115] Les surfaces 44, 46a, ainsi que les bagues 48, 50, ont des diamètres différents dans l'exemple représenté. La surface 46a a un diamètre supérieur à celui de la surface 44 et donc la bague 50 a un diamètre supérieur à celui de la bague 48.
- [0116] Les surfaces 46a, 46b peuvent avoir des diamètres identiques ou différents. La surface 46b peut par exemple avoir un diamètre légèrement inférieur à celui de la surface 46a. C'est notamment le cas où la bague 50 devrait être montée avec un jeu radial prédéterminé par rapport à cette surface 46b.
- [0117] Les figures 5 et 6 permettent de constater que la bague 50 est située entre les plans Ph et Pm, et que la bague 48 est située entre les plans Pm et Ps.
- [0118] Les figures 5 et 6 montrent également la position des bagues 48, 50 et des plans Pm, Ph, Ps par rapport à des paliers à roulement 54, 56 qui s'étendent autour de l'axe A et du pied 14.
- [0119] Les paliers 54, 56 sont ici au nombre de deux et sont respectivement un palier inférieur 54 et un palier supérieur.
- [0120] Les paliers 54, 56 sont du type à roulement à billes. Dans l'exemple représenté, ils ont des diamètres différents et leurs billes ont également des diamètres différents.
- [0121] Le palier 54 s'étend sensiblement entre les plans Pm et Pb et donc autour d'une partie inférieure du bulbe 32. Il s'étend également autour de la bague 48. Ce palier 54 a un diamètre plus petit que l'autre palier 56, et ses billes ont un diamètre supérieur à celles de l'autre palier 56.
- [0122] Le palier 54 est en outre à contact oblique. Dans l'exemple représenté, les points ou surfaces d'appui des billes sur les chemins de roulement de leurs bagues 54a, 54b sont situés sur une surface tronconique S1 qui s'étend le long de l'axe A et dont le plus grand diamètre est situé du côté du sommet de l'aube.
- [0123] Le palier 56 s'étend sensiblement entre les plans Pm et Ph et donc autour d'une partie supérieure du bulbe 32. Il s'étend également autour de la bague 50. Le palier 56 est en outre à contact oblique. Dans l'exemple représenté, les points ou surfaces d'appui des billes sur les chemins de roulement de leurs bagues 56a, 56b sont situés sur une surface tronconique S2 qui s'étend le long de l'axe A et dont le plus grand diamètre est situé du côté de l'extrémité libre du pied de l'aube.
- [0124] La position de la section milieu entre les deux paliers 54, 56 est très avantageuse en termes d'encombrement radial car une partie de la hauteur de portée entre la section

milieu et la section haute se situe à l'intérieur du bol 58, contrairement à l'état de l'art sur les attaches brochées intégrées dans un pivot. Cela contribue à diminuer l'encombrement radial du système de commande 34.

- [0125] Les figures 8 à 17 illustrent un exemple de réalisation du système et en particulier de la bague d'immobilisation 52.
- [0126] Le système 34 comprend un bol 58 comportant une paroi annulaire 58a s'étendant autour de l'axe A. Cette paroi 58a comporte une extrémité axiale inférieure fermée par une paroi de fond 58b, et une extrémité axiale supérieure ouverte et configurée pour autoriser le montage du pied 14 de l'aube à l'intérieur du bol. Il est considéré ici que l'axe A du bol est celui de l'aube en correspondant à l'axe de la rotation pour le changement de calage angulaire de l'aube, sensiblement radialement par rapport à la rotation de l'hélice.
- [0127] La paroi de fond 58b est configurée pour coopérer par complémentarité de formes avec l'extrémité libre du pied 14, et donc avec l'extrémité 28 du corps 24, de façon à ce que le bol soit solidarisé en rotation avec le pied autour de l'axe.
- [0128] Dans le cas présent, on comprend que la paroi de fond 58b comprend un évidement 60 ayant une section transversale non circulaire, et en particulier rectangulaire, et configuré pour recevoir l'extrémité 28 ([Fig.8]). Comme on le voit à la [Fig.5], cet évidement 60 est excentré par rapport à l'axe A de façon analogue à l'extrémité 28 (cf. [Fig.7]). Cet excentrement permet un indexage et un détrompage lors de l'insertion et du montage du pied dans le bol 58, une seule position d'engagement de l'extrémité 28 dans l'évidement 60 étant possible.
- [0129] L'évidement 60 est situé sur une face supérieure ou interne de la paroi de fond 58b du bol 58, qui est donc située à l'intérieur du bol et orientée du côté du pied.
- [0130] Le système 34 génère un couple au pied d'aube qui s'oppose au moment de torsion issu des efforts aérodynamiques et des efforts centrifuges. L'extrémité 28 du pied 14 pourrait être enveloppée dans le fût 26, comme le reste du corps 24 du pied 14. Dans ce cas, celui-ci aurait également une forme non circulaire afin de contraindre sa rotation. Cependant, il est avantageux de laisser sortir cette extrémité du corps en dehors du fût, comme évoqué dans ce qui précède, afin de contraindre directement la rotation du corps. On obtient ainsi un chemin d'effort plus direct, le moment de torsion s'appliquant directement sur le corps. La section basse possède des dimensions strictement inférieures à la dimension maximale de la section milieu afin de limiter l'encombrement circonférentiel à cette hauteur. En conséquence, le fût possède également un encombrement circonférentiel plus faible à cette hauteur qu'au niveau de la section milieu. Cela permet de diminuer le diamètre du palier inférieur qui se situe sous la section milieu. Donc, le pied d'aube peut être intégré plus bas radialement ce qui diminue fortement le rapport de moyeu théorique associé à l'intégration du pied.

Or, l'homme du métier sait qu'un rapport de moyeu faible améliore les performances du moteur, notamment car celui-ci est plus compact et donc plus léger. Ce dernier point est un avantage très important de la solution technique comparée à la concurrence qui propose classiquement des fûts de forme externe cylindrique.

- [0131] La paroi de fond 58b comprend une face inférieure ou externe, qui est située du côté opposé au pied 14, et qui comprend un prolongement cylindrique 62 s'étendant le long de l'axe A et comportant un filetage externe ou des cannelures rectilignes externes 64 pour l'accouplement en rotation du système avec un mécanisme de changement de pas qui n'est pas illustré et qui est commun aux différents systèmes 34 et aubes 10 de l'hélice.
- [0132] Un organe 66 élastiquement déformable, tel qu'un ressort hélicoïdal, s'étend autour de l'axe A et est monté à l'intérieur du bol 58. Cet organe 66 prenant appui axialement sur la surface supérieure de la paroi de fond 58b, à la périphérie externe de cette surface dans l'exemple représenté, et est configuré pour solliciter axialement le pied de l'aube vers l'extérieur du bol c'est-à-dire du côté du sommet de l'aube.
- [0133] L'organe 66 prend appui sur une portée cylindrique 68 du fût 26. Dans l'exemple représenté, l'organe 66 est centré par engagement de son extrémité supérieure sur et autour d'un rebord cylindrique 70 du fût, et par engagement de son extrémité inférieure sur et autour d'un rebord cylindrique 72 du bol situé à la périphérie externe de la paroi de fond 58b.
- [0134] L'organe 66 s'étend ici autour de la bague de freinage 48.
- [0135] Comme on le voit à la [Fig.8], le bol 58 est conçu pour supporter les paliers 54, 56 qui assurent le centrage et le guidage du bol autour de l'axe A vis-à-vis d'un carter 74 ou d'une structure fixe de la turbomachine. Le bol 58 sert donc de pivot pour l'aube, par rapport au carter 74.
- [0136] Les paliers 54, 56 peuvent faire partie du système de commande. En particulier, au moins l'un des paliers de guidage peut avoir sa bague interne qui est intégrée au bol.
- [0137] C'est ici le cas du palier inférieur 54 qui a sa bague interne 54a intégrée au bol 58. En pratique, cela signifie que le bol comprend un chemin de roulement 54aa à sa périphérie externe sur laquelle roule directement les billes du palier 54. Ce chemin de roulement comprend une surface annulaire à section incurvée concave. Ce chemin de roulement est ici située à l'extrémité inférieure du bol et de la paroi 58a. La bague externe 54b du palier 54 est fixée au carter 74, par exemple par freinage. Par ailleurs, le bol 58 est avantageusement conçu pour appliquer une précontrainte au palier 54.
- [0138] La bague externe 56b du palier 56 est fixée au carter 74, par exemple par freinage. Sa bague interne 56a est engagée sur et autour de l'extrémité supérieure libre du bol 58 et de la paroi 58a. Cette extrémité de la paroi 58a comprend une surface cylindrique externe 76 de montage de la bague interne 56a ainsi qu'un filetage externe de vissage

d'un écrou 78 destiné à prendre appui axialement sur la bague interne 56a pour la maintenir serrée axialement contre un épaulement cylindrique externe 80 du bol 58.

[0139] La paroi 58a du bol comprend en outre à sa périphérie interne des moyens configurés pour coopérer avec la bague d'immobilisation 52 précitée.

[0140] La bague d'immobilisation 52 s'étend autour de l'axe A et est configurée pour être montée autour du pied 14. Cette bague d'immobilisation 52 est configurée pour être montée à l'intérieur du bol et pour coopérer respectivement avec le pied 14 et la paroi annulaire 58a du bol 58 afin d'assurer la rétention axiale du pied dans le bol.

[0141] Dans l'exemple de réalisation des figures 8 à 17, cette bague d'immobilisation 52 est une bague de crabotage qui comporte des dents externes 84 de crabot configurées pour coopérer avec des dents internes 82 de crabot complémentaires de la paroi annulaire 58a du bol 58.

[0142] Les dents 82 du bol 58 sont mieux visibles à la [Fig.9]. Ces dents sont régulièrement espacées autour de l'axe A. Elles sont au nombre de six dans l'exemple non limitatif représenté. Elles ont par exemple chacune une extension angulaire autour de l'axe A, comprise entre 20 et 30° environ.

[0143] Chacune des dents 82 comprend à sa périphérie interne une rainure 86 orientée circonférentiellement par rapport à l'axe A. Les rainures 86 des dents 82 forment une gorge discontinue autour de l'axe A.

[0144] La bague de crabotage est mieux visible à la [Fig.10]. Ses dents 84 sont régulièrement espacées autour de l'axe A. Elles sont au nombre de six dans l'exemple non limitatif représenté. Elles ont par exemple chacune une extension angulaire autour de l'axe A, comprise entre 20 et 30° environ.

[0145] Les dents 84 sont complémentaires des dents 82 et sont configurées pour coopérer par crabotage avec ces dents. Le crabotage est un mode de montage bien connu dans le domaine aéronautique et qui sera illustré par les figures 12 à 17 illustrant un procédé de montage.

[0146] La bague 52 comprend une surface cylindrique interne 52a destinée à coopérer par glissement avec la surface 76 précitée du bol 58.

[0147] La bague 52 comprend une seconde série de dents 88, qui s'étendent axialement vers le haut, du côté du sommet de l'aube 10. Ces dents 88 sont également régulièrement espacées autour de l'axe A. Elles sont au nombre de six dans l'exemple représenté. Elles peuvent être disposées en quinconce vis-à-vis des dents 84, c'est-à-dire que les dents 88 sont alignées axialement avec les espaces circonférentiels situées entre les dents 84. A titre d'exemple non limitatif, les dents 88 ont chacune une extension angulaire autour de l'axe A, comprise entre 10 et 20° environ.

[0148] Chacune des dents 88 comprend à sa périphérie interne une rainure 90 orientée circonférentiellement par rapport à l'axe A. Les rainures 90 des dents 88 forment une

gorge discontinue autour de l'axe A.

- [0149] La [Fig.11] montre un anneau de verrouillage 92 qui est configuré pour être engagé axialement entre les dents 82, 84 de crabot pour empêcher la rotation de la bague 52 à l'intérieur du bol 58.
- [0150] Cet anneau 92 comprend des patins 94, ici au nombre de six dans l'exemple non limitatif représenté, destinés à être engagés dans les espaces inter-dents s'étendant entre les dents 82 et 84. On comprend donc que ces patins 94 ont des formes complémentaires à celles de ces espaces et sont régulièrement espacés autour de l'axe A.
- [0151] Dans l'exemple représenté, les patins 94 sont solidaires les uns des autres par des pontets 96 s'étendant circonférentiellement entre les patins 94. Les pontets 96 sont au nombre de cinq et s'étendent chacun entre deux patins 94 adjacents. Deux des patins 94 ne sont volontairement pas reliés ensemble par un pontet de façon à ce que l'anneau 92 soit ouvert. Cela peut simplifier le montage par écartement ou rapprochement de ces patins l'un de l'autre, lors du montage de l'anneau dans le système 34.
- [0152] Chacun des patins 94 comprend à sa périphérie interne une rainure 98 orientée circonférentiellement par rapport à l'axe A. Les rainures 98 des patins 94 forment une gorge discontinue autour de l'axe A.
- [0153] Le système comprend en outre un jonc annulaire 100 qui est seulement visible à la [Fig.17].
- [0154] Le jonc 100 est monté dans le bol 58 pour bloquer axialement l'anneau de verrouillage 92 dans le bol 58. Le jonc 100 peut également être fendu ou ouvert pour faciliter son montage et est destiné à être engagé dans les rainures 86 des dents 82 du bol ainsi que les rainures 98 des patins 94 de l'anneau 92, lorsque ces rainures 86, 98 sont toutes situées dans un même plan perpendiculaire à l'axe A et sont disposées circonférentiellement les unes par rapport aux autres pour former une gorge complète autour de l'axe A (cf. figures 16 et 17).
- [0155] On se réfère maintenant aux figures 12 à 17 qui illustrent un procédé de montage de l'ensemble formé par une aube 10 telle qu'illustrée à la [Fig.1] et un système 34 tel que représenté à la [Fig.8].
- [0156] Dans la première étape illustrée à la [Fig.12], le pied 14 de l'aube 10 est engagé dans le bol 58 du système 34 par translation axiale le long de l'axe A, jusqu'à ce que l'extrémité 28 du corps 24 du pied s'engage dans l'évidement 60 du bol 58. Comme on le voit dans le dessin, la bague de frettage est déjà montée prisonnière autour de l'échasse 30 du corps du pied. Bien qu'il ne soit pas représenté dans cette figure, l'organe 66 ([Fig.8]) est comprimé lors de l'insertion du pied 14 dans le bol 58.
- [0157] Dans la seconde étape illustrée par les figures 12 et 13, la bague de frettage est positionnée angulairement autour de l'axe A de façon à ce que ses dents 84 soient alignées avec les espaces situés entre les dents 82 du bol. La bague 52 est alors

déplacée en translation axiale à l'intérieur du bol 58 jusqu'à ce que la bague 52 soit engagée sur la surface 46b du fût 26 et que les dents 84 soient situées juste en dessous des dents 82, comme illustré à la [Fig.13]. Les rainures 90 prévues sur les dents peuvent servir à la préhension de la bague 52 par un outil approprié.

- [0158] Dans la troisième étape illustrée par les figures 13 et 14, la bague 52 est déplacée en rotation autour de l'axe A de façon à ce que ces dents 82, 84 soient alignées axialement les unes avec les autres. Du fait de l'extension angulaire des dents dans l'exemple représenté, ce déplacement angulaire est ici de l'ordre de 25-30°. Les dents 88 peuvent servir à la préhension de la bague 52 et à sa rotation par l'outil précité. L'organe 66, non représenté, sollicite axialement le pied vers l'extérieur du bol, ce qui provoque l'appui axial des dents 84 sur les dents 82. Le pied est ainsi maintenu axialement à l'intérieur du bol et du système 34. En fonctionnement, les efforts centrifuges appliqués sur l'aube sont transmis par les dents 82, 84 au bol 58, ces efforts étant directement repris par le palier 54 dont la bague interne 54a est intégrée au bol 58.
- [0159] Dans la quatrième étape illustrée par les figures 15 et 16, l'anneau 92 est positionné angulairement autour de l'axe A de façon à ce que ses patins 94 soient alignés avec les espaces situés entre les dents 82, 84. L'anneau 92 est alors déplacé en translation axiale à l'intérieur du bol 58 jusqu'à ce que les patins 94 soient engagés dans ces espaces. Les pontets 96 peuvent alors prendre appui sur les dents 84 de la bague 52. L'anneau 92 empêche ainsi toute rotation de la bague 52 à l'intérieur du bol 58.
- [0160] Dans la dernière étape illustrée par la [Fig.17], le jonc 100 est engagé dans les rainures 86, 98 alignées circonférentiellement les unes avec les autres. Le jonc 100 empêche un démontage accidentel de l'anneau 92.
- [0161] On comprend que le démontage de l'aube est réalisé en réalisant les étapes précitées dans l'ordre inverse. On comprend également qu'une des étapes essentielles du montage et du démontage du pied concerne la bague d'immobilisation 52. Cette bague 52 est manipulable depuis l'extérieur d'une turbomachine, ce qui est particulièrement avantageux lors d'une opération de maintenance. Une aube peut être démontée et retirée de l'hélice par démontage et retrait d'un nombre minimum de pièces.
- [0162] On se réfère désormais aux figures 18 et 19 qui illustrent deux modes de réalisation d'un système 34 de commande selon l'invention.
- [0163] Chacun de ces systèmes diffère de celui décrit dans ce qui précède en ce qu'il est équipé d'une fonction de sécurité appelée « *failsafe* ».
- [0164] La description qui précède en relation avec les figures 1 à 17 s'applique donc aux systèmes de commande des figures 18 et 19.
- [0165] Dans chacun des systèmes des figures 18 et 19, au moins un élément de sécurité 110 assure la retenue du pied 14 vis-à-vis du bol 58. La sécurité *failsafe* peut être assurée par un unique élément de sécurité 110 de ce type ou par plusieurs éléments de sécurité

adjacents et parallèles (par exemple au nombre de deux ou trois). L'élément de sécurité 110 permet de garantir la non libération de l'aube 10 en cas de défaillance de la bague d'immobilisation 52.

- [0166] Dans les exemples représentés, l'élément de sécurité 110 a une forme générale allongée et s'étend transversalement par rapport à l'axe A. L'élément de sécurité 110 traverse des orifices 112, 114 alignés de la paroi de fond 58b du bol 58 ainsi que de l'extrémité libre 28 du pied 14. Cette extrémité libre 28 est formée par une excroissance monobloc du corps 24 dans la mesure où le fût 26 est en retrait axial par rapport à cette extrémité libre.
- [0167] Comme dans les exemples représentés, l'élément de sécurité 110 peut être un boulon comprenant une vis et un écrou 116.
- [0168] La vis comporte une tige filetée 118 qui traverse les orifices 112, 114 et une tête 120 qui est appliquée contre une face latérale 122 de la paroi de fond 58b. L'écrou 116 est vissé sur la tige filetée 118 et prend appui sur une face latérale 124 opposée de la paroi de fond 58b. Les faces 122, 124 sont parallèles entre elles et à l'axe A. La tige filetée 118 a par exemple un diamètre compris entre 1,27mm (1/2 pouce) et 0,95mm (3/8 pouce).
- [0169] L'élément de sécurité 110 traverse avec un jeu J1 prédéterminé l'orifice 114 de l'extrémité libre 28 du pied 14, d'une part, et avec un autre jeu J2 prédéterminé les orifices 112 de la paroi de fond 58b du bol 58.
- [0170] Dans le mode de réalisation de la [Fig.18], ces jeux J1, J2 sont sensiblement identiques.
- [0171] Dans la variante de réalisation de la [Fig.19], le fût 26 comprend un prolongement axial 26za qui entoure l'excroissance de l'extrémité libre 28 du pied 14 et qui comprend des orifices 126 alignés avec les orifices 114 de l'excroissance et les orifices 112 de la paroi de fond 58b. L'élément de sécurité 110 traverse les orifices 112, 114 et 126.
- [0172] Dans le cas de la [Fig.18], l'élément de sécurité 110 traverse l'extrémité inférieure de l'aube et permet de réaliser la rétention de l'aube 10 en introduisant un chemin d'effort secondaire sur le bol 58 et donc sur la bague interne du palier 54 qui est intégrée au bol.
- [0173] Dans la [Fig.19], les jeux J3 entre l'élément de sécurité 110 et les orifices 126 du fût 28 sont inférieurs au jeu J1' entre l'élément de sécurité 110 et l'orifice 114 de l'excroissance, et sont de préférence identiques aux jeux J2 entre l'élément de sécurité 110 et les orifices 112 de la paroi de fond 58b du bol 58. Ceci permet à l'élément de sécurité 110 de coopérer en priorité avec le fût 28 plutôt que l'excroissance du pied 14 lors de la rétention de l'aube. Le fût 28 est en effet réalisé dans un matériau (métallique) qui est plus dur et plus résistant aux contraintes d'appui que le matériau

(composite) du pied. En cas de problème, la retenue du pied 14 de l'aube sera donc assurée par coopération du fût 26 avec l'élément de sécurité 110. L'excroissance du pied 14 ne sera alors pas sollicitée et ne risquera donc pas d'être endommagée en cas de défaillance de la bague d'immobilisation 52. Le fût 26 pourra dissiper de l'énergie par déformation plastique et soulager le corps du pied en composite.

- [0174] Dans la variante représentée à la [Fig.20], l'élément de sécurité 110' est une goupille comprenant un corps cylindrique 128 destinée à traverser les orifices précités. Le corps 128 comprend une extrémité longitudinale reliée à une tête 130 et une extrémité longitudinale opposée comportant un orifice transversal 132 de réception d'un verrou 134 du type fil frein ou analogue. Le corps 128 a par exemple un diamètre compris entre 1,27mm (1/2 pouce) et 0,95mm (3/8 pouce).
- [0175] L'invention propose également un procédé de montage du système 34, qui comprend les étapes suivantes :
- [0176] a) insertion du pied 14 de l'aube 10 à l'intérieur du bol 58 du système 34, par déplacement de l'aube 10 dans une direction parallèle à l'axe de calage A,
- [0177] b) engagement de l'extrémité libre 28 du pied 14 dans l'évidement 60 de la paroi de fond 58b du bol 58 de façon à solidariser en rotation le bol 58 avec le pied 14 de l'aube 10,
- [0178] c) engagement de la bague d'immobilisation 52, préalablement montée ou présente autour du pied 14 de l'aube 10, dans le bol 58 et montage de cette bague 52 dans le bol 58 et sur le pied 14 de l'aube 10 de façon à assurer la rétention axiale du pied 14 dans le bol 58, et
- [0179] d) engagement du ou des éléments de sécurité dans les orifices de la paroi de fond 58b du bol 58 et de l'extrémité libre 28 du pied 14.
- [0180] L'introduction de l'élément de sécurité a un impact sur la séquence de montage de l'aube 10 dans son logement. Initialement, le montage de l'aube 10 se faisait uniquement de l'extérieur. L'installation de l'élément de sécurité 110 impose un accès supplémentaire à la partie inférieure de l'aube, à l'intérieur de la cavité formée par le carter 74. Les capotages de cette cavité pourront en tenir compte pour simplifier cet accès.
- [0181] D'autres variantes de réalisation non représentées sont envisageables, parmi lesquelles :
- [0182] • les demi-coques 26a, 26b du fût 26 peuvent être rapportées sur le corps 24 par boulonnage, rivetage, soudure, etc. ;
- la colle de liaison du fût 26 au corps 24 peut être une colle époxy mais il peut également s'agir d'un élastomère ou d'une colle thermoplastique. Il est également possible d'utiliser un film antiadhésif pour laisser la possibilité d'un mouvement relatif en limitant l'usure par frottement ;

- toujours à propos de l'interface fût / corps, on peut aussi combiner plusieurs solutions techniques ensemble parmi celles proposées (collage, précontrainte par rondelles ou ressorts, précontrainte par la géométrie du fût) ; ces solutions sont combinables indépendamment de l'existence d'un jeu entre les deux parties du fût ;
- bien que cela soit moins avantageux, la position radiale du palier assurant la rétention au centrifuge de l'aube peut être inversée avec la position radiale du palier qui assure la reprise des moments de flexion issus des efforts aérodynamiques et centrifuges.

Revendications

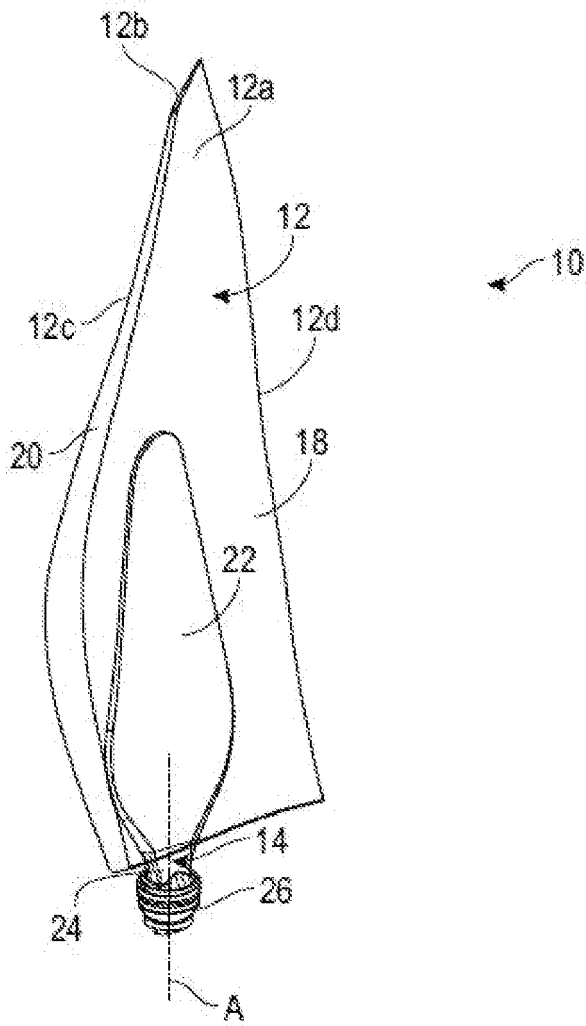
- [Revendication 1] Système (34) de commande du calage angulaire d'une aube (10) d'hélice, pour une turbomachine d'aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une aube (10) comportant une pale (12) reliée à un pied (14),
 - un bol (58) comportant une paroi annulaire (58a) s'étendant autour d'un axe (A) de calage de l'aube (10), cette paroi annulaire (58a) comportant une extrémité axiale inférieure fermée par une paroi de fond (58b), et une extrémité axiale supérieure ouverte et configurée pour autoriser le montage du pied (14) de l'aube (10) à l'intérieur du bol (58), la paroi de fond (58b) comprenant un évidement (60) ayant une section transversale non circulaire et configuré pour recevoir une extrémité libre (28) de forme complémentaire dudit pied (14) de façon à ce que le bol (58) soit solidarisé en rotation avec le pied (14) autour dudit axe (A), et
 - une bague d'immobilisation (52) qui s'étend autour dudit axe (A) et qui est montée autour du pied (14), cette bague d'immobilisation (52) étant montée à l'intérieur du bol (58) et coopérant respectivement avec le pied (14) et la paroi annulaire (58a) du bol (58) afin d'assurer la rétention axiale du pied (14) dans le bol (58),
- et en ce que le système (34) comprend en outre au moins un élément de sécurité (110, 110') qui assure la retenue du pied (14) vis-à-vis du bol (58), ledit au moins un élément de sécurité (110, 110') ayant une forme générale allongée et s'étendant transversalement par rapport audit axe (A), ledit au moins un élément de sécurité (110, 110') traversant des orifices (112, 114, 126) alignés de la paroi de fond (58b) du bol (58) ainsi que de l'extrémité libre (28) du pied (14).
- [Revendication 2] Système (34) selon la revendication 1, dans lequel ledit au moins un élément de sécurité (110) est un boulon comprenant une vis et un écrou (116), la vis comportant une tige filetée (118) qui traverse lesdits orifices (112, 114, 126) et une tête (120) qui est appliquée contre une face latérale (122) de la paroi de fond (58b), l'écrou (116) étant vissé sur la tige filetée (118) et prenant appui sur une face latérale (124) opposée de la paroi de fond (58b).
- [Revendication 3] Système (34) selon la revendication 1, dans lequel ledit au moins un élément de sécurité (110') est une goupille comprenant un corps cylindrique (128) traversant lesdits orifices (112, 114, 126).
- [Revendication 4] Système (34) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel

- ledit au moins un élément de sécurité (110, 110') traverse avec un jeu (J1, J1') prédéterminé l'orifice (114) de l'extrémité libre (28) du pied (14).
- [Revendication 5] Système (34) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un élément de sécurité (110) traverse avec un jeu (J2) prédéterminé les orifices (112) de la paroi de fond (58b) du bol (58).
- [Revendication 6] Système (34) selon l'ensemble des revendications 4 et 5, dans lequel lesdits jeux (J1, J2) sont identiques.
- [Revendication 7] Système (34) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le pied (14) de l'aube (10) comporte un corps (24) logé dans un fût annulaire (26) qui s'étend autour dudit axe (A) et qui est logé au moins en partie à l'intérieur dudit bol (58), ladite extrémité libre (28) du pied (14) étant formée par une excroissance dudit corps (24) et par un prolongement axial (26za) dudit fût (26) qui comprennent tous les deux des orifices (114, 126) de passage dudit au moins un élément de sécurité (110, 110').
- [Revendication 8] Système (34) selon la revendication précédente, en dépendance de l'ensemble des revendications 4 et 5, dans lequel les jeux (J3) entre ledit au moins un élément de sécurité (110, 110') et les orifices (126) du fût (26) sont inférieurs au jeu (J1') entre ledit au moins un élément de sécurité (110, 110') et l'orifice (114) de l'excroissance, et sont de préférence identiques aux jeux (J2) entre ledit au moins un élément de sécurité (110, 110') et les orifices (112) de la paroi de fond (58b) du bol (58).
- [Revendication 9] Turbomachine, en particulier d'aéronef, comportant au moins un système (34) selon l'une des revendications précédentes.
- [Revendication 10] Procédé de montage d'un système selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel il comprend les étapes de :
- a) insertion du pied (14) de l'aube (10) à l'intérieur du bol (58) du système (34), par déplacement de l'aube (10) dans une direction parallèle à l'axe de calage (A),
 - b) engagement de l'extrémité libre (28) du pied (14) dans l'évidement (60) de la paroi de fond (58b) du bol (58) de façon à solidariser en rotation le bol (58) avec le pied (14) de l'aube (10),
 - c) engagement de la bague d'immobilisation (52), préalablement montée ou présente autour du pied (14) de l'aube (10), dans le bol (58) et montage de cette bague (52) dans le bol (58) et sur le pied (14) de l'aube (10) de façon à assurer la rétention axiale du pied (14) dans le bol (58),

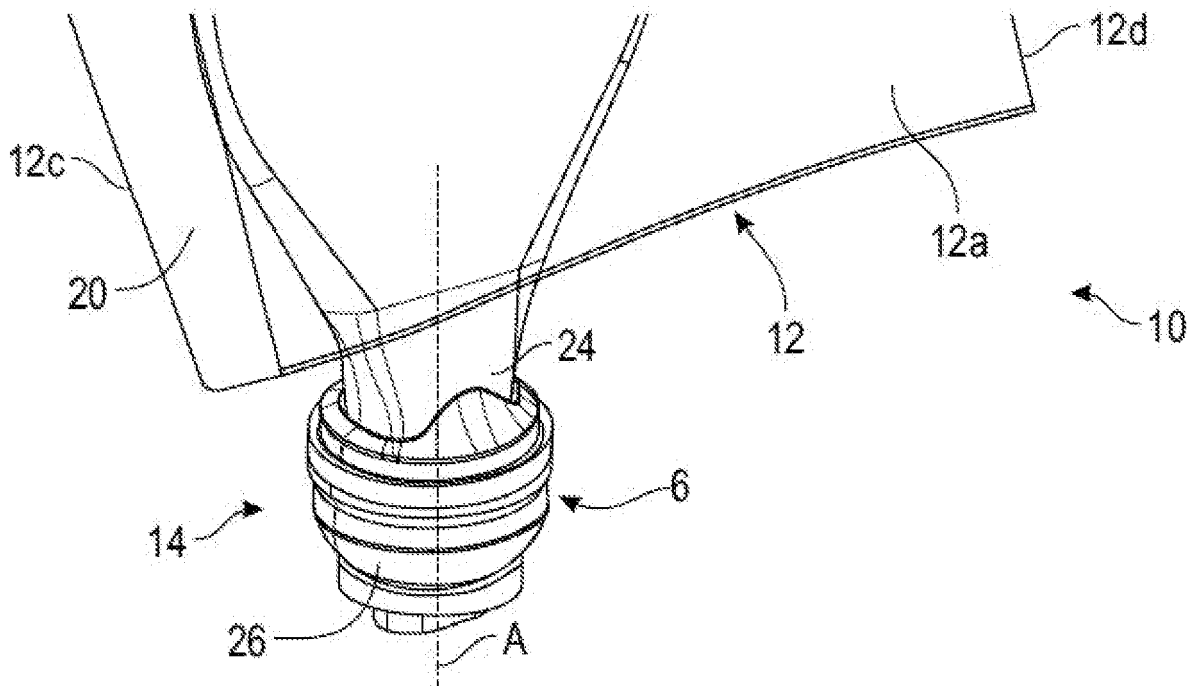
et

d) engagement dudit au moins un élément de sécurité (110, 110') dans les orifices (112, 114) de la paroi de fond (58b) du bol (58) et de l'extrémité libre (28) du pied (14).

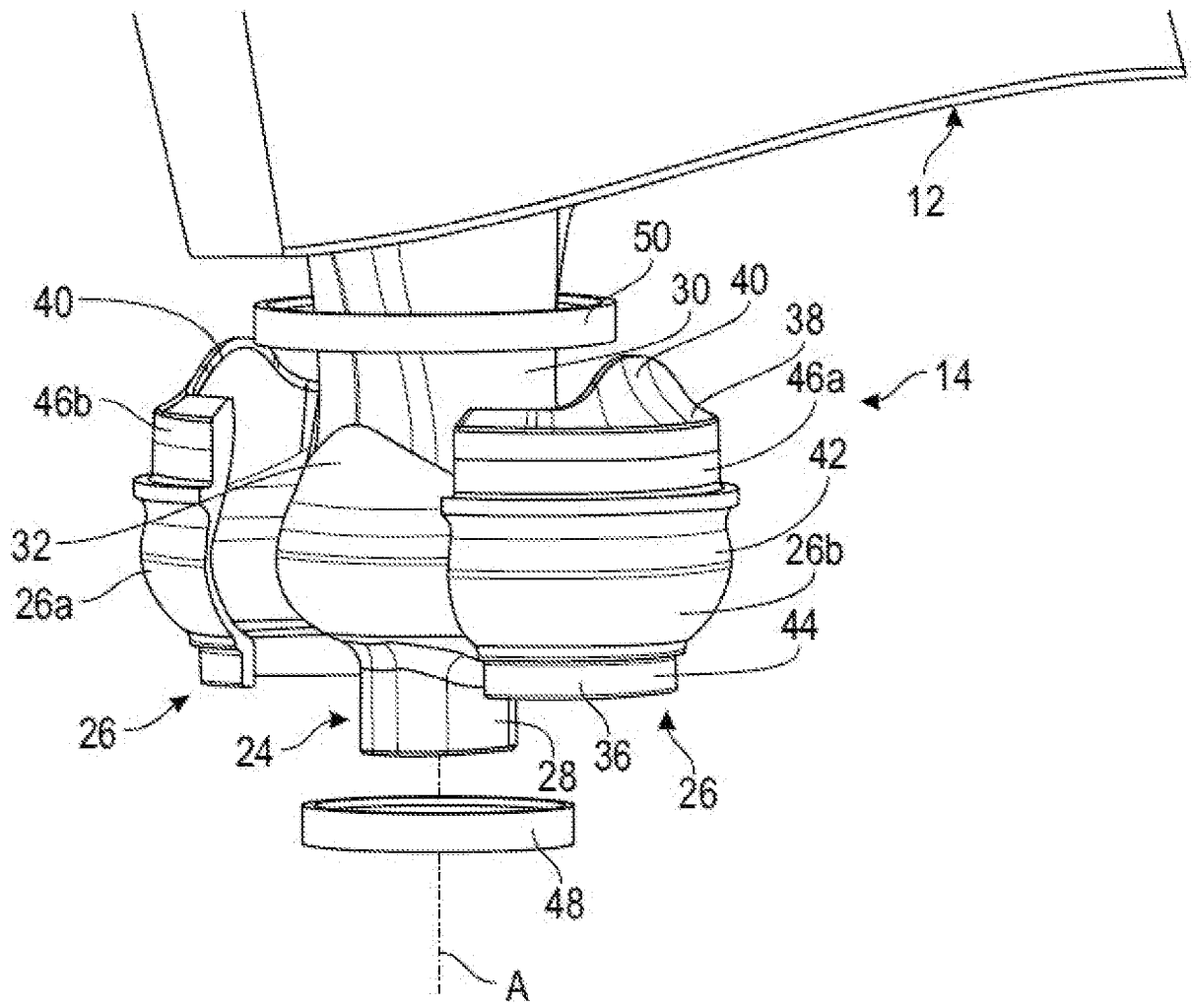
[Fig. 1]



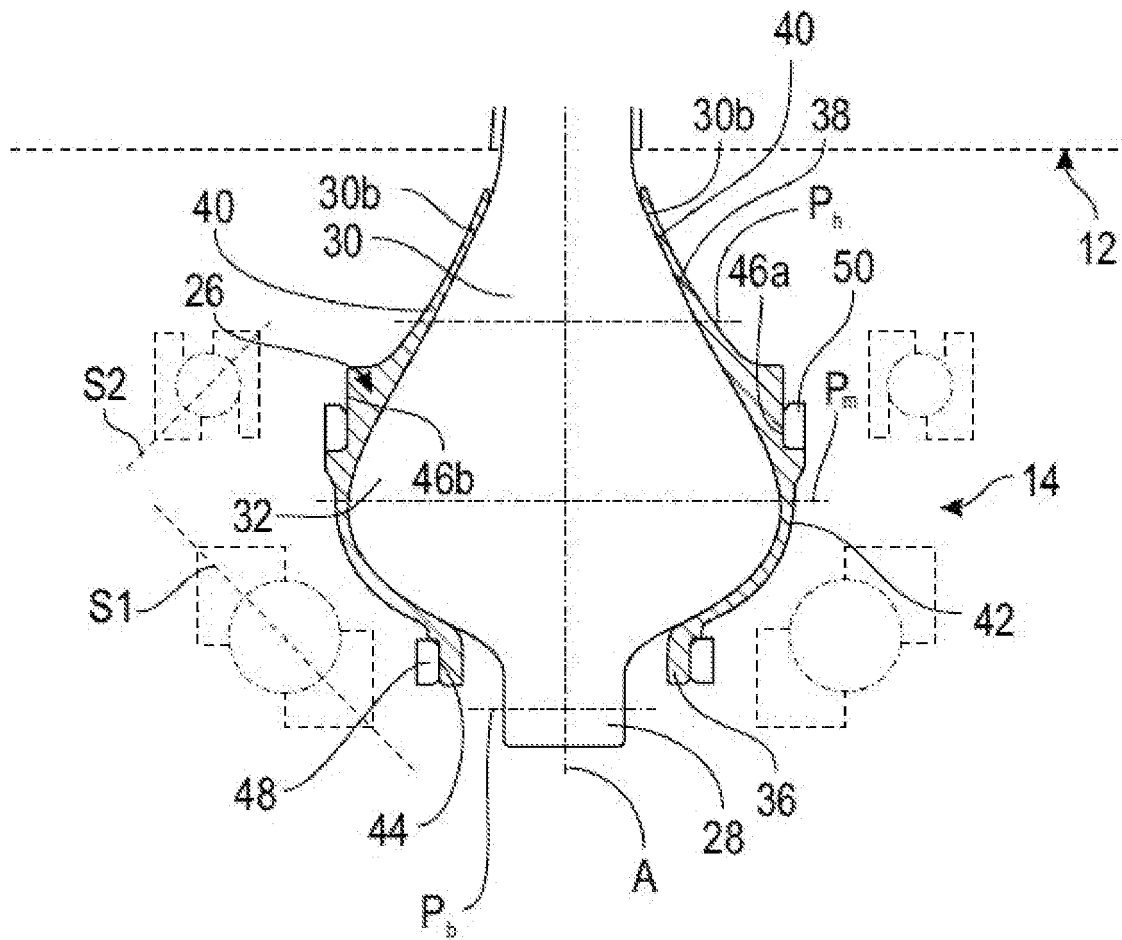
[Fig. 2]



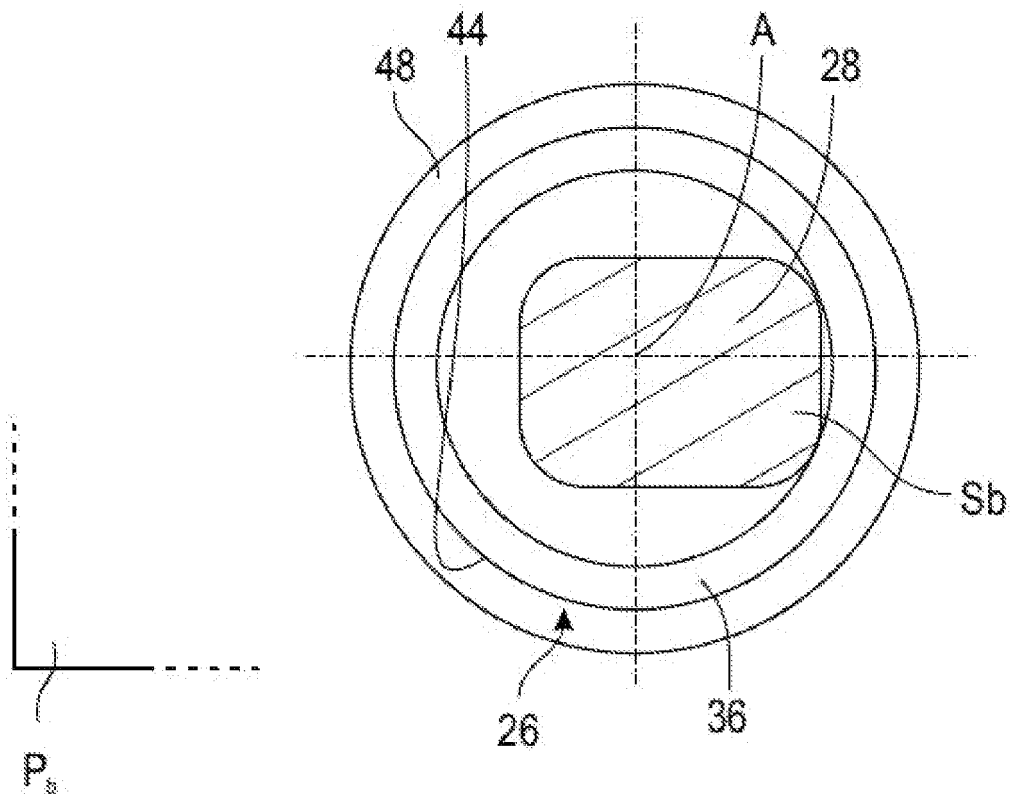
[Fig. 3]



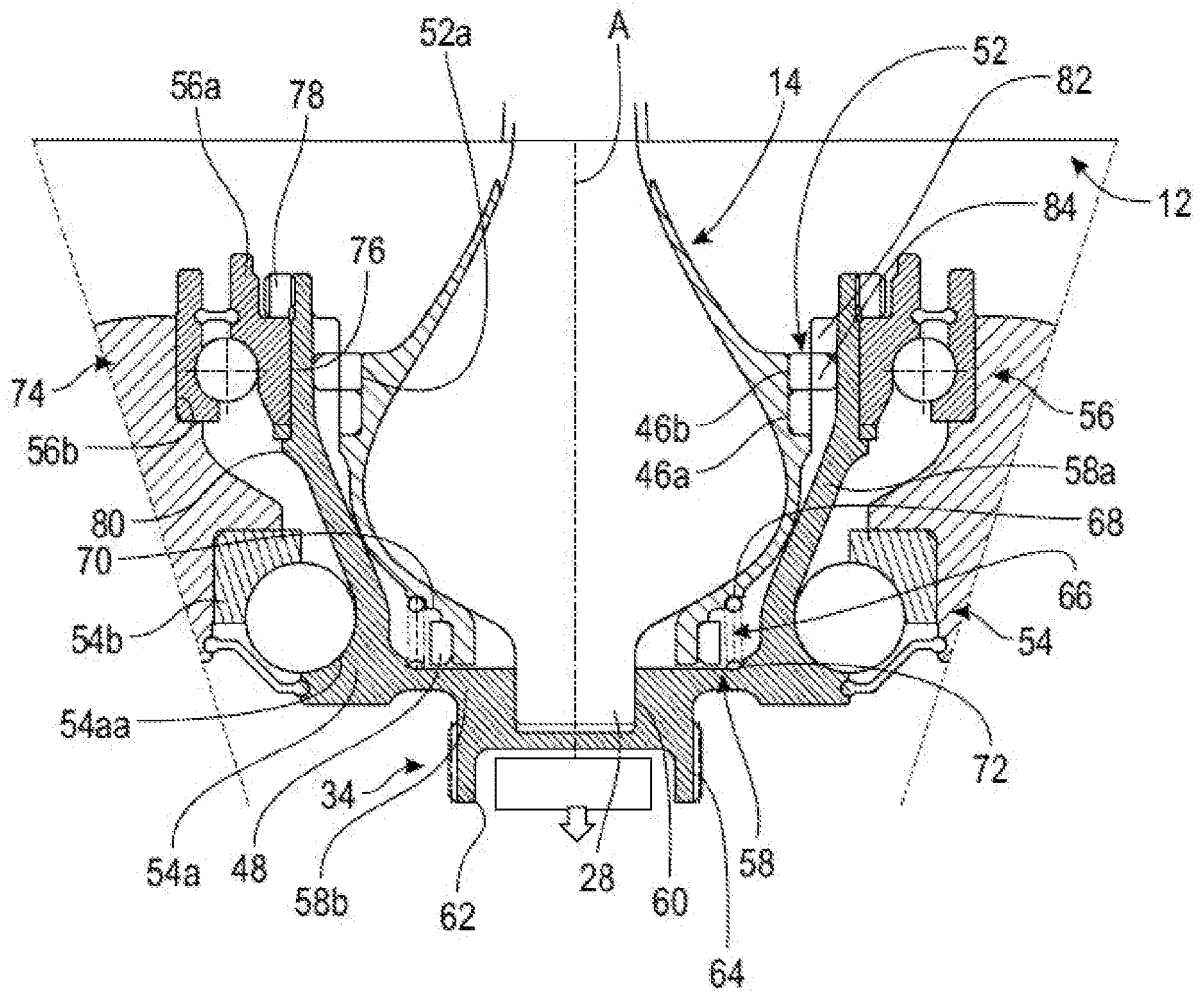
[Fig. 6]



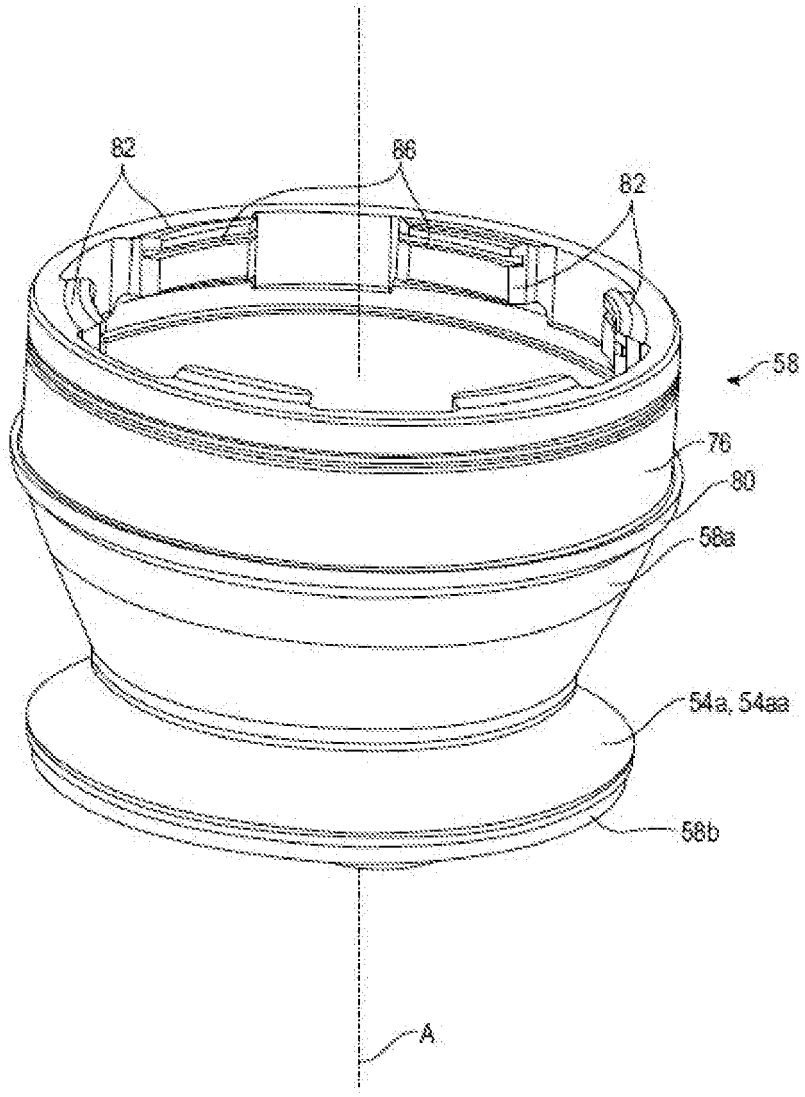
[Fig. 7]



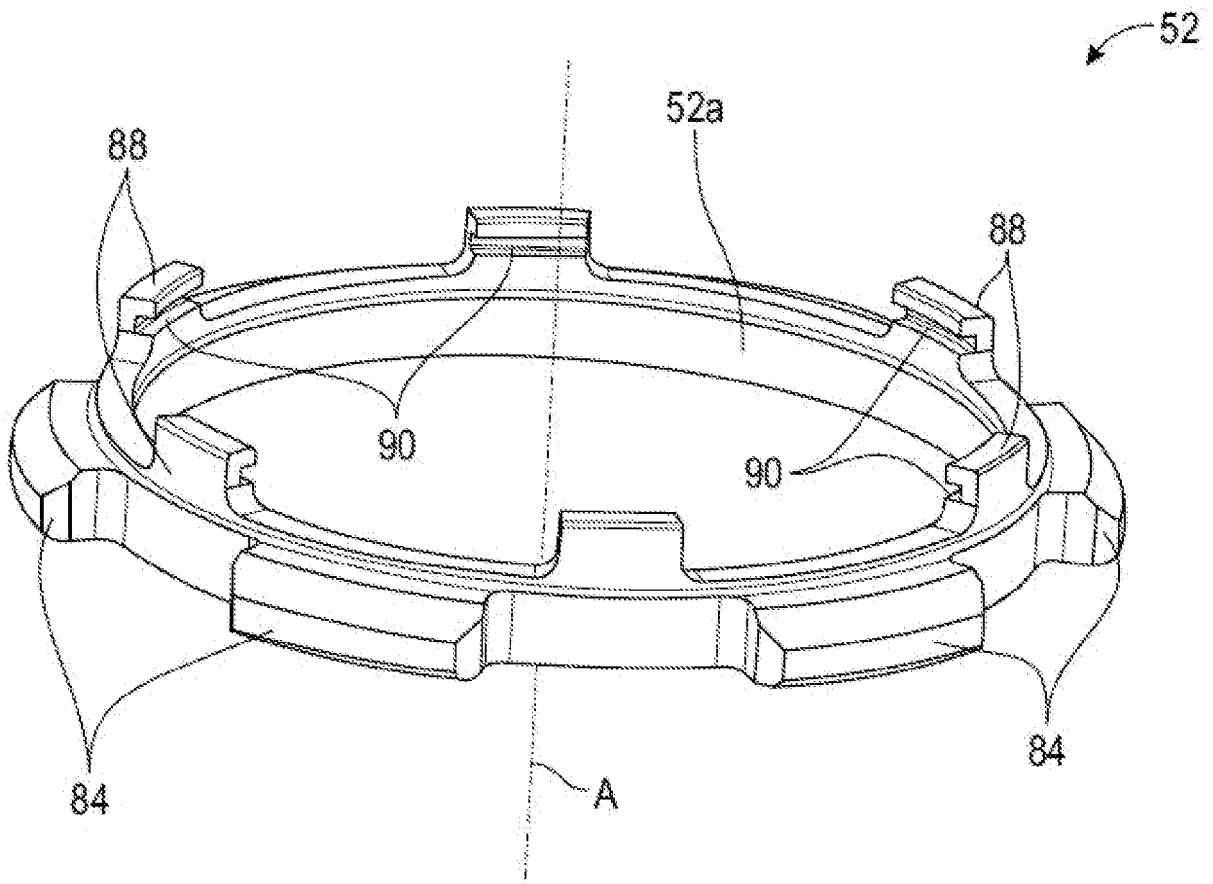
[Fig. 8]



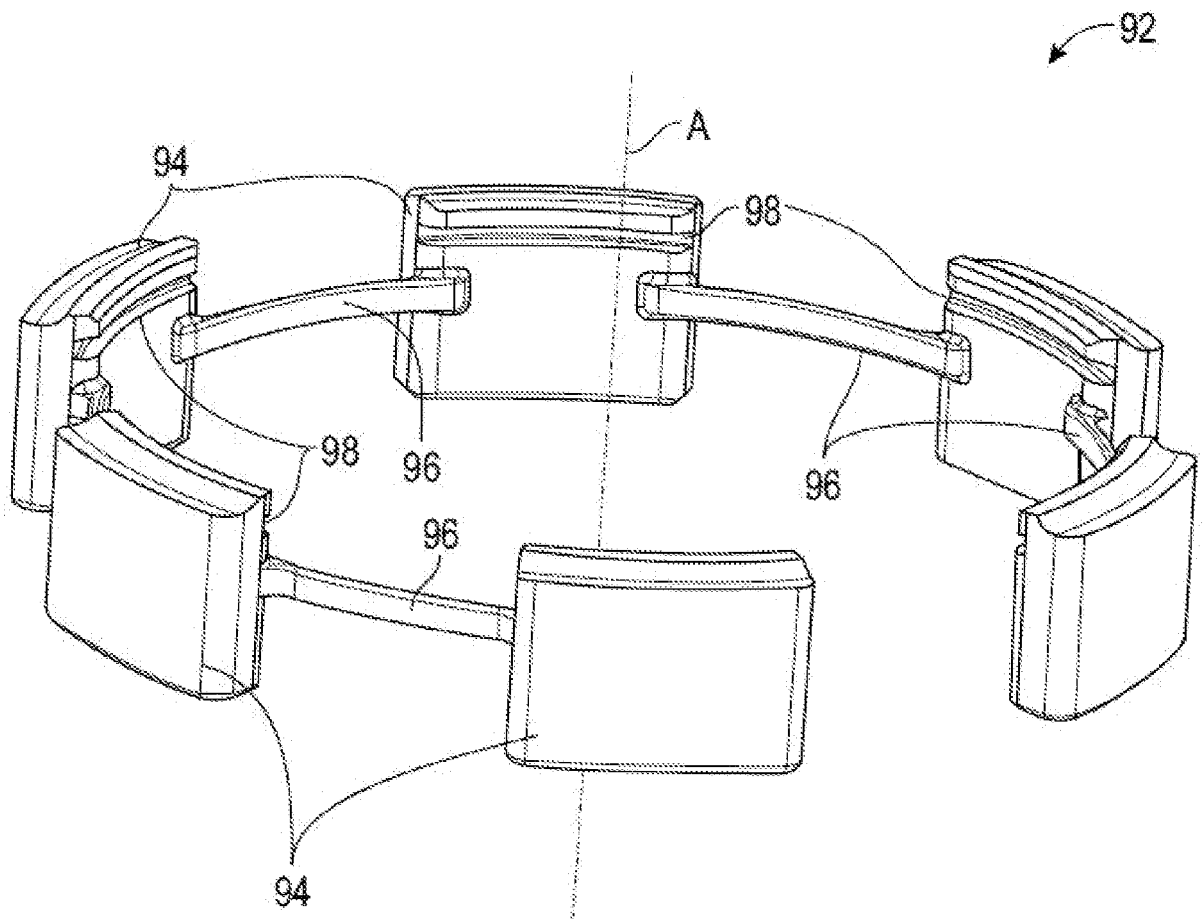
[Fig. 9]



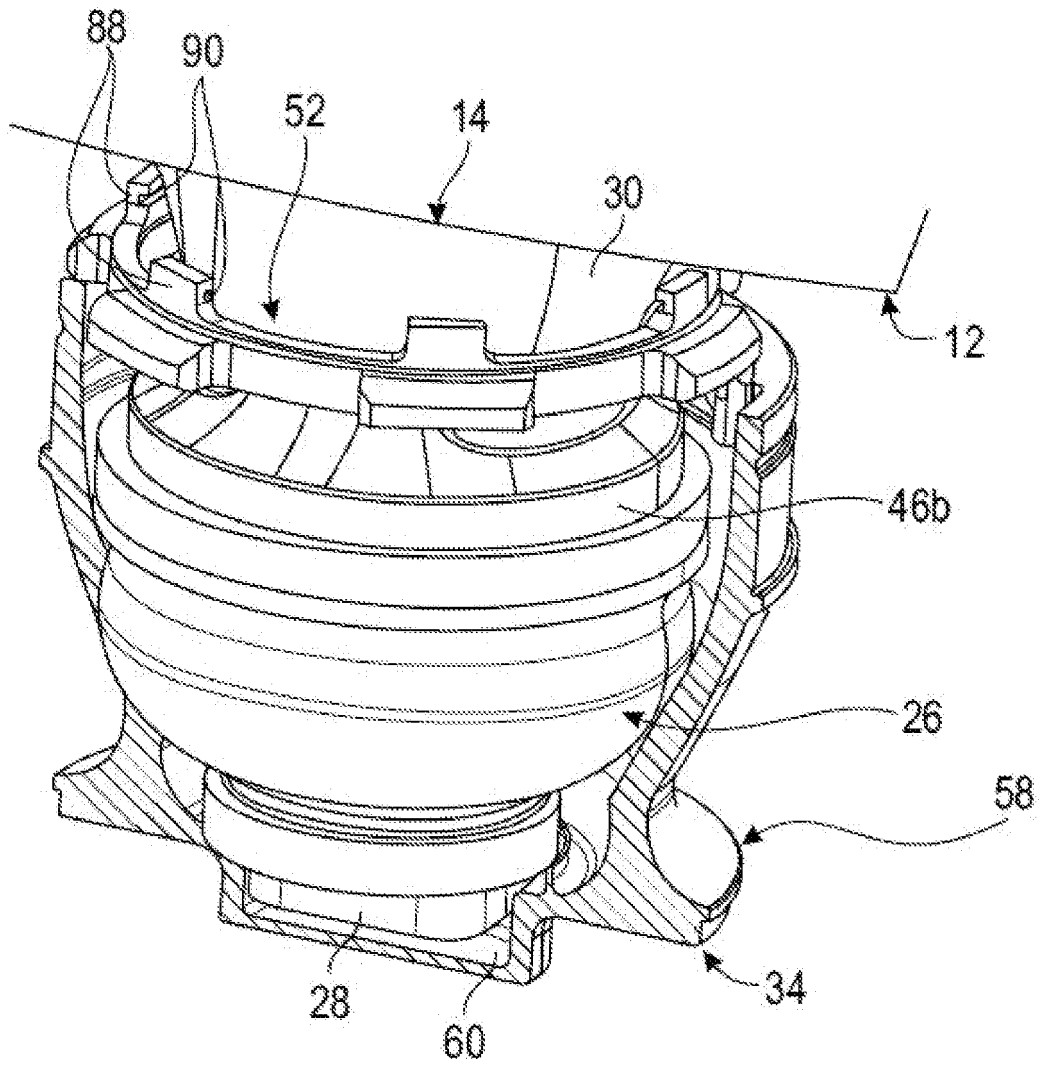
[Fig. 10]



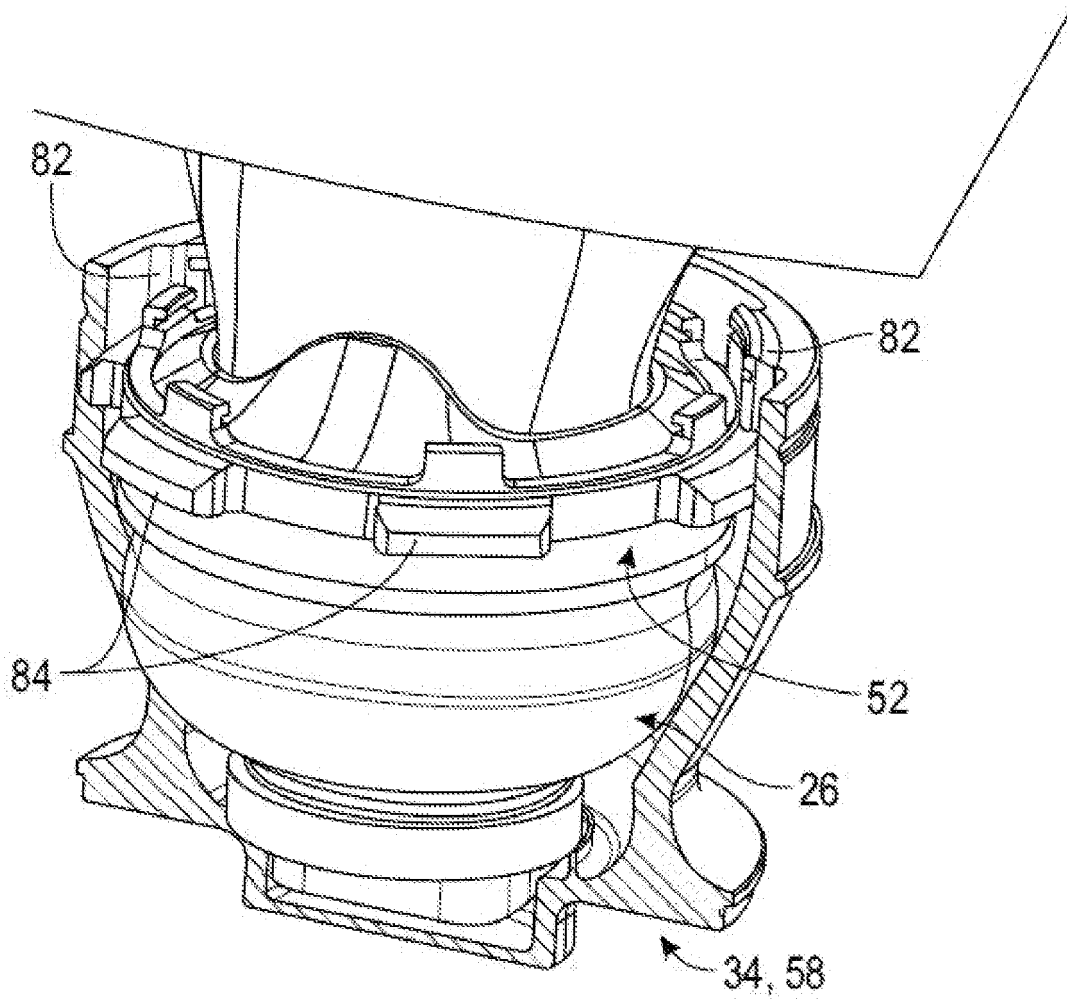
[Fig. 11]



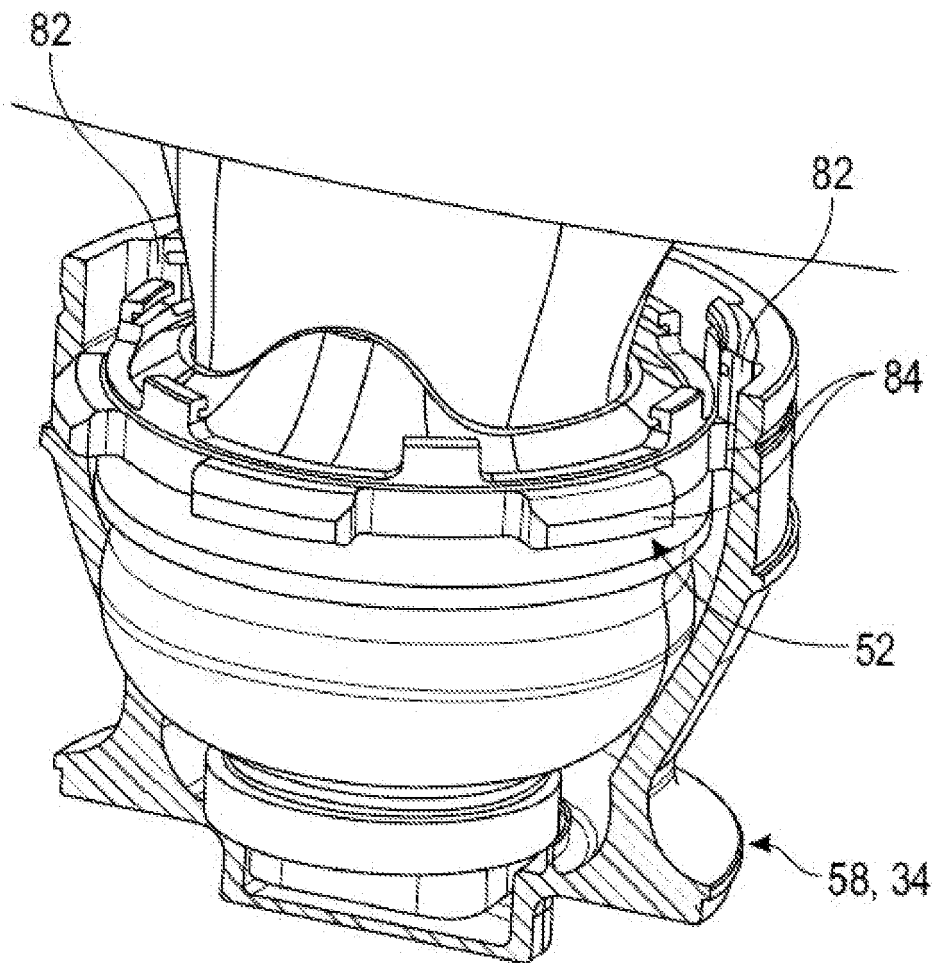
[Fig. 12]



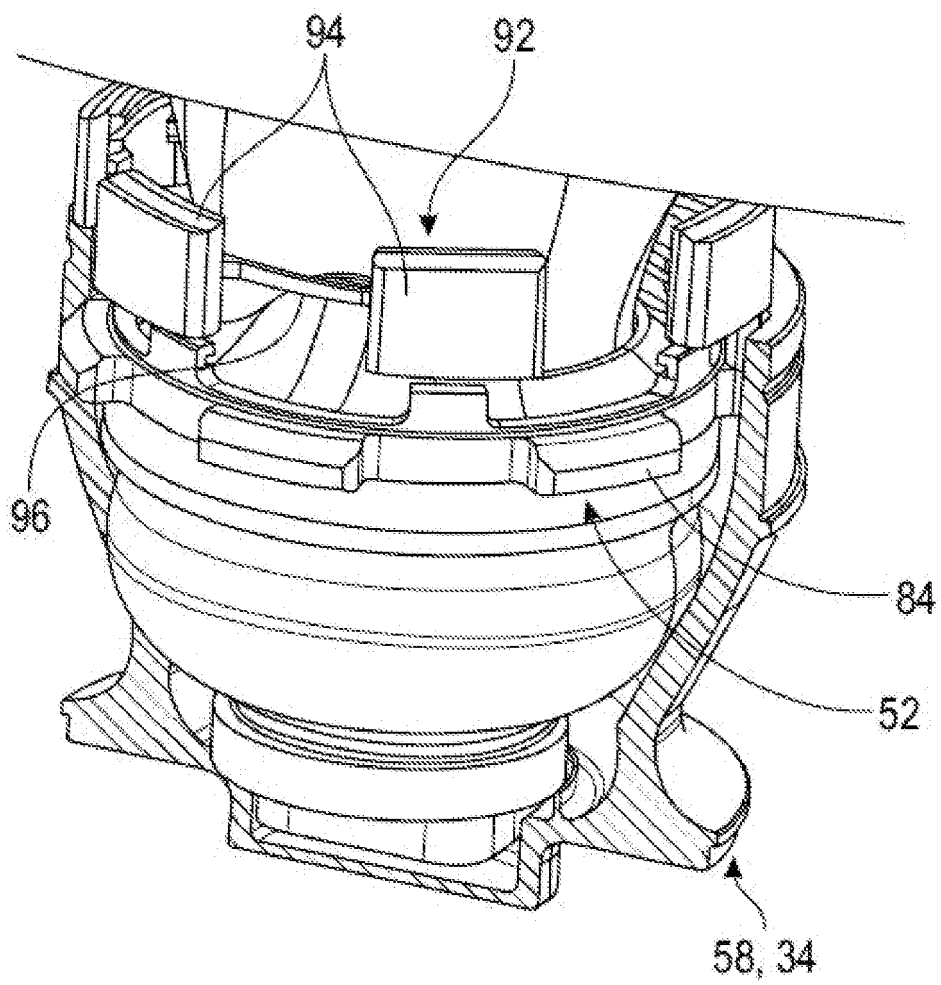
[Fig. 13]



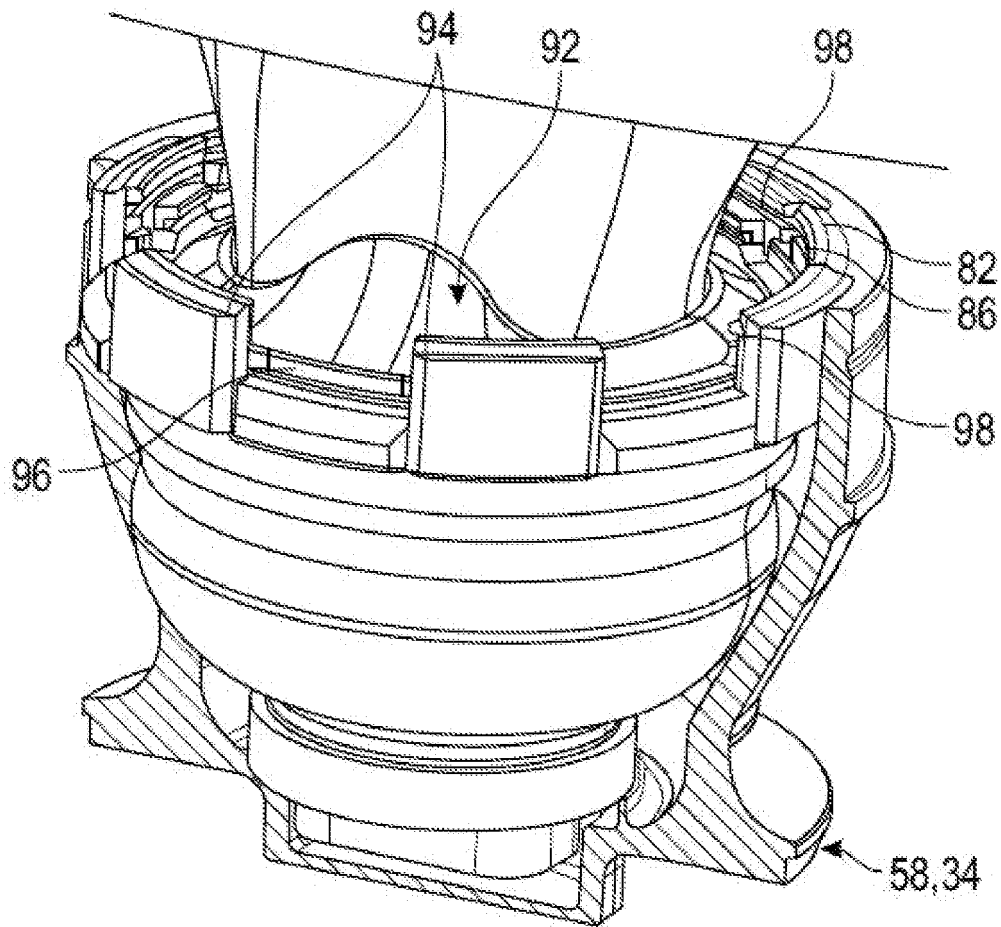
[Fig. 14]



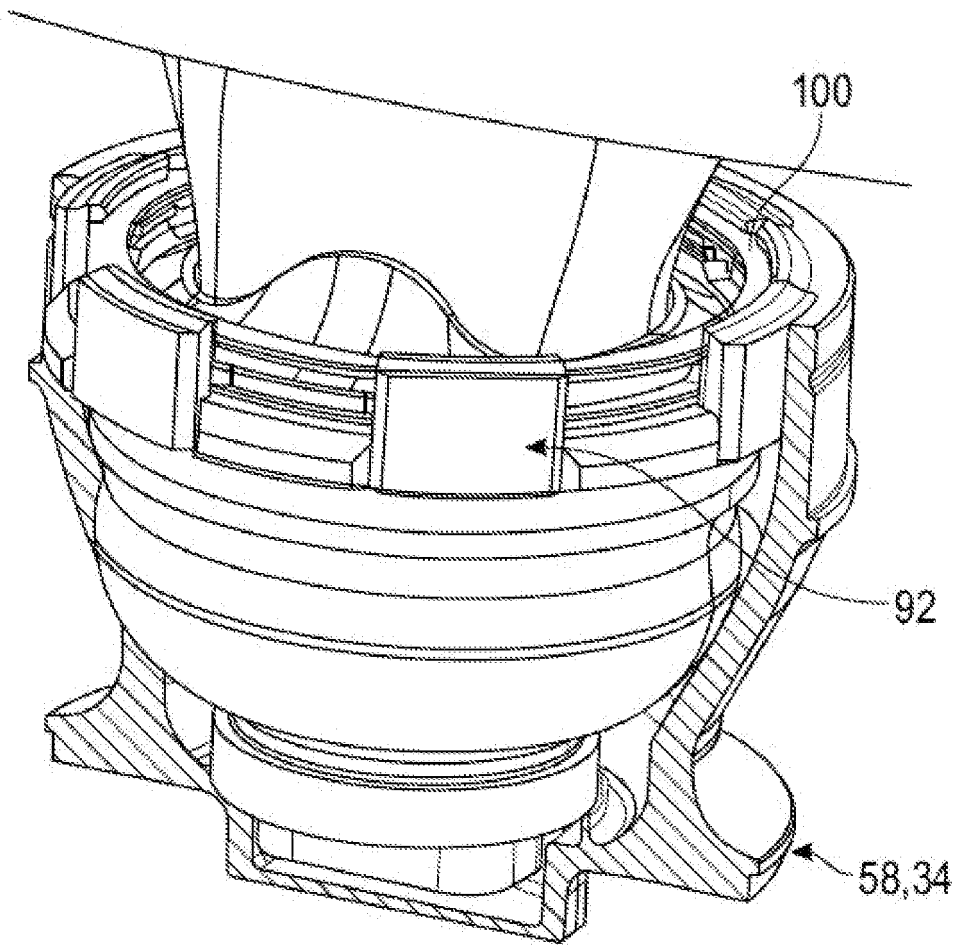
[Fig. 15]



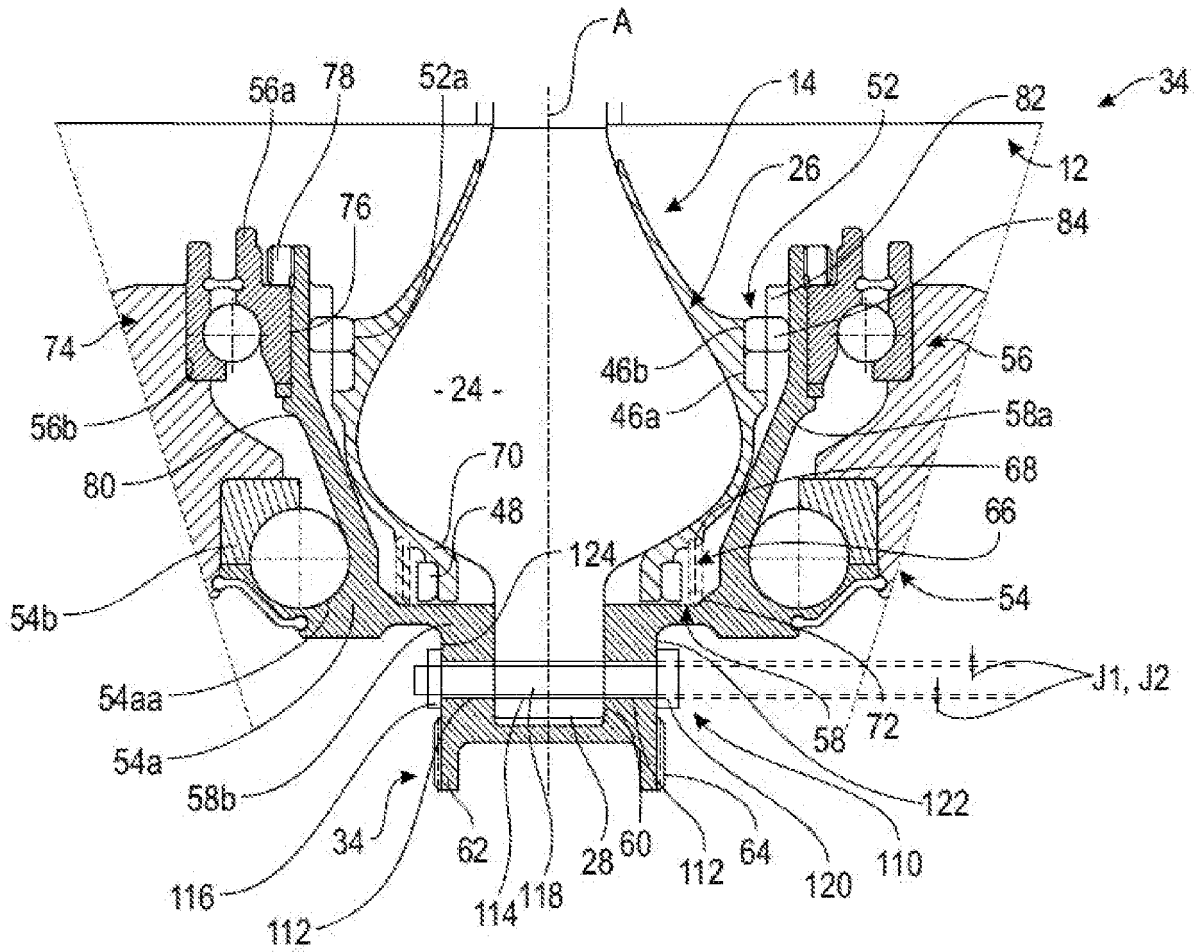
[Fig. 16]



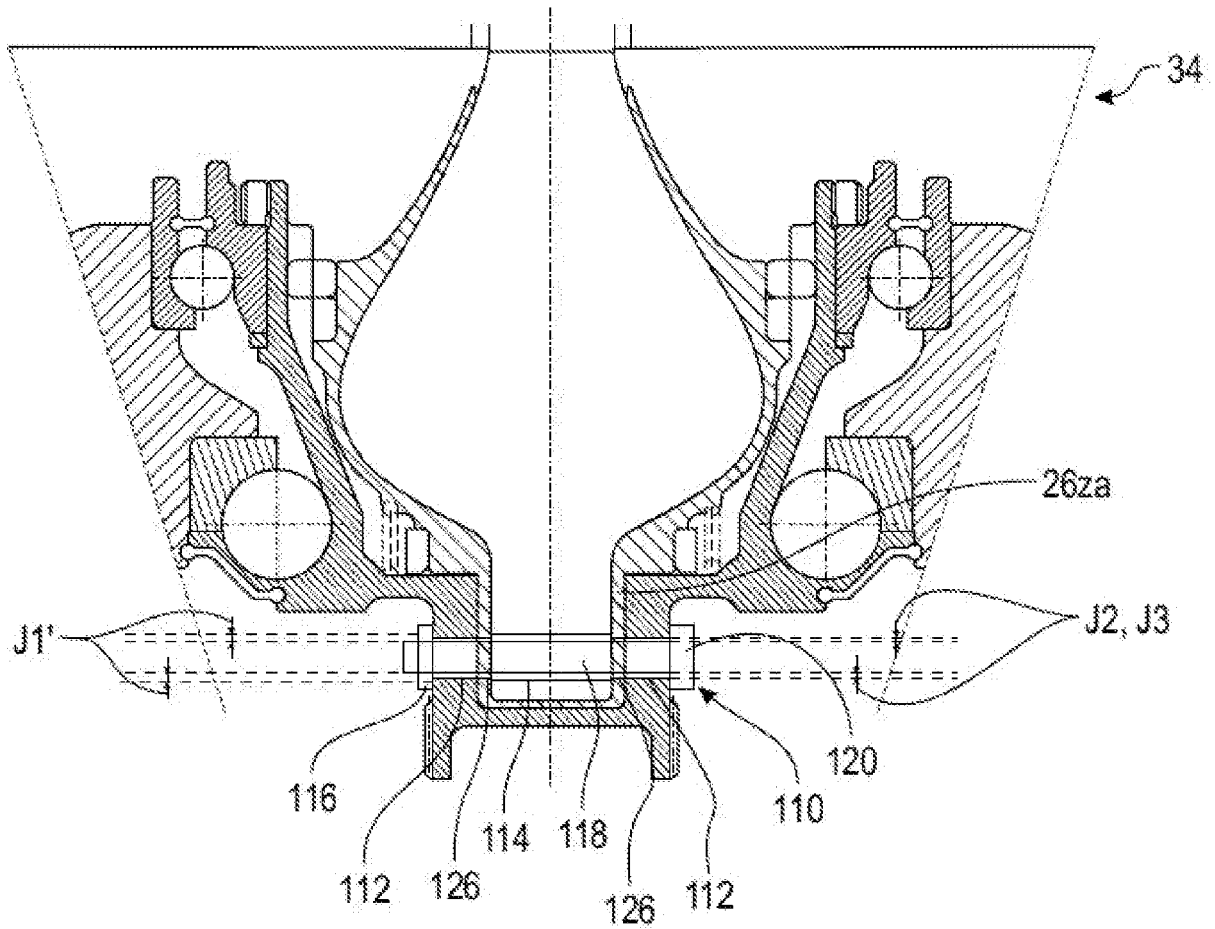
[Fig. 17]



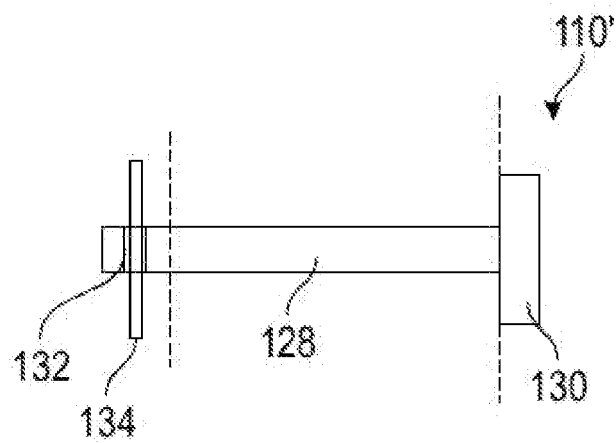
[Fig. 18]



[Fig. 19]



[Fig. 20]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 893553
FR 2105788

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		
A	DE 42 03 205 A1 (MUEHLBAUER LUFTFAHRTTECHN GMBH [DE]) 12 août 1993 (1993-08-12) * figures 1,2 * * colonne 1, ligne 65 - colonne 4, ligne 53 *	1-10	F04D29/56 F02K3/02 B29C65/56 F01D21/00 F04D29/36
A	US 1 573 000 A (SPENCER HEATH) 16 février 1926 (1926-02-16) * figures 1,2 * * page 1, ligne 35 - page 2, ligne 24 *	1-10	
A	US 2015/330233 A1 (PETELLAZ BRUNO [FR] ET AL) 19 novembre 2015 (2015-11-19) * figures 2,3 * * alinéas [0124] - [0147] *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B64C F04D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 novembre 2021		Ingelbrecht, Peter	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2105788 FA 893553**

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 **04-11-2021**
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
DE 4203205	A1	12-08-1993	AUCUN	

US 1573000	A	16-02-1926	AUCUN	

US 2015330233	A1	19-11-2015	FR 3021030 A1	20-11-2015
			US 2015330233 A1	19-11-2015
