

⑤④ MECANISME DE CHANGEMENT DE PAS AVEC DISPOSITIF DE VERROUILLAGE DE PAS
COMPRENANT UNE VIS A ROULEAUX SATELLITES.

②② Date de dépôt : 22.06.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 29.12.23 Bulletin 23/52.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 17.05.24 Bulletin 24/20.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : RODA Jean Charles Olivier, MACE
Jérôme Paul Marceau et PERDRIGEON Christophe
Marcel Lucien.

⑦③ Titulaire(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS).

⑦④ Mandataire(s) : REGIMBEAU.



Description

Titre de l'invention : MECANISME DE CHANGEMENT DE PAS AVEC DISPOSITIF DE VERROUILLAGE DE PAS COMPRENANT UNE VIS A ROULEAUX SATELLITES

Domaine de l'invention

- [0001] La présente invention concerne le domaine général des turbomachines équipées d'au moins une soufflante dotée d'aubes à calage variable, et plus particulièrement à la commande de l'orientation des pales de soufflante de ces turbomachines.
- [0002] Un domaine privilégié d'application de l'invention est celui des turboréacteurs à soufflante non carénée (mieux connus sous les appellations anglaises « propfan », « open rotor » et « unducted single fan »). Toutefois, l'invention s'applique également aux turbopropulseurs à une ou plusieurs hélices propulsives.

Arrière-plan technologique

- [0003] Une des voies actuellement explorées pour améliorer la consommation spécifique des moteurs d'avions civils est constituée par la mise au point de turboréacteurs à soufflante non carénée, tels que celui décrit dans le document FR 2 941 493. Ces turboréacteurs comportent un générateur de gaz de turbomoteur classique, dont un ou plusieurs étages de turbine entraînent une ou plusieurs soufflante(s) non carénée(s) s'étendant à l'extérieur de la nacelle du moteur.
- [0004] Les aubes de cette ou de ces soufflante(s) sont, comme dans le cas des turbopropulseurs classiques, à calage variable, c'est à dire que la position angulaire de ces aubes (appelée angle de calage) peut être modifiée au cours du vol. Pour rappel, l'angle de calage d'une aube correspond à l'angle, dans un plan orthogonal à l'axe de pivotement de l'aube, entre l'axe de rotation de la soufflante et la corde de l'aube à 75% du rayon de la soufflante. Il peut varier d'une valeur égale à 90°, correspondant à une position dite « voile » ou « à plat » de l'aube, à une valeur égale à 0°, correspondant à une position dite « drapeau » de l'aube.
- [0005] Comme il est connu, cette modification de l'angle de calage au cours du vol permet de faire évoluer la poussée du moteur et optimiser le rendement de la soufflante en fonction de la vitesse de l'aéronef. En effet, le régime des soufflantes est quasiment constant sur toutes les phases de fonctionnement, et c'est le calage des aubes qui fait varier la poussée. Ainsi, en phase de vol de croisière, les aubes sont orientées de sorte à ajuster la poussée en minimisant la puissance prélevée sur l'arbre de turbine et la consommation et en optimisant le rendement. A l'inverse, au décollage, les aubes sont orientées de sorte à maximiser la poussée afin d'accélérer puis de faire décoller l'avion.
- [0006] Une difficulté rencontrée avec les aubes à calage variable est que, en cas de dysfonc-

tionnement des systèmes pilotant leur orientation, lesdites aubes ont tendance, sous leur propre effet centrifuge, à se mettre en position voile. Or, une aube bloquée dans cette position génère peu de couple résistif et risque de faire partir le moteur en survitesse, avec des risques de dégradation potentiels du moteur. Au surplus, une aube bloquée dans cette position risque également de générer une traînée excessive et inacceptable pour la contrôlabilité de l'avion et/ou son rayon d'action dans le cas d'une mission de diversion.

[0007] Pour remédier à cette difficulté, il est connu de recourir à des systèmes de sécurité aptes à s'opposer au déplacement des aubes à calage variable vers les petits pas (c'est-à-dire vers la position voile) en cas de défaillance du système de commande de l'orientation des pales. De tels systèmes sont par exemple connus de EP 1 832 509 et de EP 3 400 169.

[0008] Le système de sécurité décrit dans EP 1 832 509 emploie un système vis-écrou du type vis à billes couplé à un écrou de verrouillage. En fonctionnement normal, l'écrou du système vis-écrou suit les déplacements du vérin commandant l'orientation des aubes, entraînant ainsi la rotation de la vis autour de son axe, pendant que l'écrou de verrouillage suit le filetage de la vis sans jamais la toucher (le taraudage de l'écrou de verrouillage est conçu de sorte à ménager un léger jeu avec le filetage de la vis). En cas de dysfonctionnement du système de commande de l'orientation des pales, la vis du système vis-écrou est immobilisée (sa rotation est bloquée) et l'écrou de verrouillage vient en prise avec ladite vis, empêchant ainsi le pivotement des aubes vers les petits pas.

[0009] Ce système de sécurité ne donne cependant pas entière satisfaction. En effet, il nécessite, pour un bon fonctionnement, une gestion précise et complexe des jeux entre l'écrou de verrouillage et le filetage de la vis. Il est en outre lourd et encombrant.

Exposé de l'invention

[0010] Un objectif de l'invention est de proposer un système simple apte à s'opposer au déplacement d'une aube à calage variable vers les petits pas. D'autres objectifs sont que ce système soit fiable, précis, léger et d'un coût raisonnable.

[0011] A cet effet, l'invention a pour objet, selon un premier aspect, un mécanisme de changement de pas pour ajuster une position angulaire d'au moins une aube à calage variable autour d'un axe de pivotement de l'aube, ledit mécanisme de changement de pas comprenant :

- [0012] – un bâti fixe relativement à l'axe de pivotement,
- un vérin de commande comportant un piston mobile en translation suivant un axe longitudinal relativement au bâti entre une position rétractée et une position déployée,

- un système de liaison reliant le piston à l'aube à calage variable de sorte à convertir la translation du piston suivant l'axe longitudinal en une rotation de l'aube à calage variable autour de l'axe de pivotement, et
 - un dispositif de verrouillage de pas propre à bloquer la translation du piston relativement au bâti dans au moins un sens,
- [0013] le dispositif de verrouillage de pas comprenant :
- [0014] – un organe de support, mobile en translation relativement au bâti suivant l'axe longitudinal entre une position de fonctionnement et une position de verrouillage,
- un dispositif de rappel sollicitant l'organe de support vers sa position de verrouillage,
 - un dispositif de maintien pour maintenir l'organe de support dans sa position de fonctionnement en conditions normales de fonctionnement, et
 - un système vis-écrou avec :
 - une vis solidaire en translation de l'organe de support et montée mobile en rotation autour de l'axe longitudinal relativement à l'organe de support, la vis présentant une surface de butée qui est à distance du bâti lorsque l'organe de support est en position de fonctionnement et en appui contre le bâti lorsque l'organe de support est en position de verrouillage, et
 - un écrou solidaire du piston et coaxial à la vis, l'écrou coopérant avec la vis de sorte qu'une translation de l'écrou suivant l'axe longitudinal entraîne la rotation de la vis autour de l'axe longitudinal,
- [0015] dans lequel le système vis-écrou est formé par un système de vis à rouleaux satellites.
- [0016] Selon des modes de réalisation particuliers de l'invention, le mécanisme de changement de pas présente également une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :
- [0017] – le système de liaison comprend une première articulation solidaire du piston, une deuxième articulation solidaire de l'aube à calage variable, à l'écart de l'axe de pivotement, et une bielle reliant la première articulation à la deuxième articulation ;
- l'axe longitudinal est sensiblement orthogonal à l'axe de pivotement ;
 - le système de vis à rouleaux satellites est réversible ;
 - le vérin de commande comprend une première chambre contenant un fluide de commande à une première pression et une deuxième chambre contenant le fluide de commande à une deuxième pression, le mécanisme de changement de pas comprend un générateur de pression pour porter le fluide de commande à une troisième pression supérieure aux première et deuxième pression et une

unité de contrôle de pression pour ajuster les première et deuxième pressions au moyen de la troisième pression, et le dispositif de maintien comprend un vérin de contrebalancement comportant une chambre alimentée en fluide de commande à la troisième pression pour contrebalancer la sollicitation du dispositif de rappel ;

- le bâti comprend un butoir contre lequel la surface de butée de la vis vient en appui lorsque l'organe de support est en position de verrouillage, l'aube à calage variable est déplaçable autour de son axe de pivotement entre une position voile et une position drapeau, et le système de liaison est configuré pour qu'un déplacement du piston vers le butoir entraîne une rotation de l'aube à calage variable vers la position voile ;
- le système de vis à rouleaux satellites comprend une pluralité de rouleaux interposés entre la vis et l'écrou, chaque rouleau étant en prise avec un filetage externe de la vis et un taraudage interne de l'écrou ;
- chaque rouleau est solidaire en translation de l'écrou ou de la vis ; et
- le système de vis à rouleaux satellites est constitué par un système de vis à rouleaux satellites recirculés ou par un système de vis à rouleaux satellites à roulement.

[0018] L'invention a également pour objet, selon un deuxième aspect, un rotor de soufflante pour turbomachine comprenant un moyeu et une pluralité d'aubes à calage variable chacune pivotable relativement au moyeu autour d'un axe de pivotement propre, le rotor comprenant en outre un mécanisme de changement de pas selon le premier aspect pour ajuster une position angulaire de chacune des aubes à calage variable autour de son axe de pivotement respectif.

[0019] Selon des modes de réalisation particulier de l'invention, le rotor de soufflante présente également une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- [0020] – le système de liaison du mécanisme de changement de pas comprend, pour chacune des aubes à calage variable, une première articulation solidaire du piston, une deuxième articulation solidaire de l'aube à calage variable, à l'écart de l'axe de pivotement, et une bielle reliant la première articulation à la deuxième articulation ; et
- l'axe longitudinal constitue un axe de rotation du rotor.

[0021] L'invention a encore pour objet, selon un troisième aspect, une turbomachine comprenant un rotor de soufflante selon le deuxième aspect.

[0022] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la turbomachine présente également la caractéristique suivante :

- [0023] – l'axe longitudinal constitue un axe d'élongation de la turbomachine.

[0024] Enfin, l'invention a pour objet, selon un quatrième aspect, un aéronef comprenant une turbomachine selon le troisième aspect.

Brève description des Figures

[0025] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- [0026] – la [Fig.1] est une vue de dessus d'un aéronef selon un exemple de réalisation de l'invention,
- la [Fig.2] est une vue simplifiée en coupe longitudinale partielle d'une turbomachine de l'aéronef de la [Fig.1],
- la [Fig.3] est une vue simplifiée en coupe longitudinale d'une partie d'un mécanisme de changement de pas de la turbomachine de la [Fig.2], et
- la [Fig.4] est une vue en perspective et en coupe partielle d'une vis à rouleaux satellites du mécanisme de changement de pas de la [Fig.3].

Description détaillée d'un exemple de réalisation

[0027] L'aéronef 10 représenté sur la [Fig.1] comprend des turbomachines 12 pour le propulser.

[0028] Dans l'exemple représenté, l'aéronef 10 est un avion. Celui-ci comprend, de manière classique, un fuselage 14, un empennage 16 et deux ailes 18. Les turbomachines 12 sont ici au nombre de deux et sont chacune logées sous une aile 18 respective. En variante (non représentée), les turbomachines 12 sont disposées le long du fuselage 14, par exemple à proximité de l'empennage 16. En variante encore (également non représentée), l'aéronef 10 comprend une seule turbomachine 12 ou au moins trois turbomachines 12.

[0029] L'une des turbomachines 12 est représentée sur la [Fig.2].

[0030] Comme visible sur cette Figure, la turbomachine 12 est allongée suivant un axe longitudinal X. Elle présente typiquement une symétrie angulaire autour dudit axe longitudinal X, c'est-à-dire qu'il existe au moins un angle pour lequel la turbomachine est invariante par rotation autour de l'axe longitudinal X.

[0031] Ici et dans la suite, les termes « intérieur » et « extérieur », « interne » et « externe », ainsi que leurs déclinaisons, s'entendent en référence à l'axe X, un élément qualifié de « intérieur » ou « interne » étant orienté vers l'axe X alors qu'un élément « extérieur » ou « externe » est orienté à l'opposé de l'axe X.

[0032] La turbomachine 12 comprend, de manière classique, une nacelle 20, une veine interne 22 de circulation d'un flux d'air à travers la nacelle 20, une chambre de combustion 24 logée dans la veine 22, un corps moteur 26 et une tuyère d'échappement des gaz 28.

- [0033] Dans la suite, les termes « amont » et « aval » s'entendent en référence à un sens d'écoulement d'un flux d'air à travers la veine 22.
- [0034] Le corps moteur 26 comprend un compresseur 30, une turbine 32 et un arbre de transmission 34 couplant la turbine 32 au compresseur 30 pour l'entraînement du compresseur 30 par la turbine 32. Le compresseur 30 est disposé en amont de la chambre de combustion 24 et alimente la chambre de combustion 24 en air comprimé. La turbine 32 est disposée en aval de la chambre de combustion 24 et reçoit les gaz d'échappement sortant de la chambre de combustion 24.
- [0035] L'arbre de transmission 34 a pour axe de rotation l'axe longitudinal X.
- [0036] L'arbre de transmission 34 est guidé en rotation par rapport à la nacelle 20 par le biais de paliers (non représentés).
- [0037] Dans l'exemple représenté, la turbomachine 12 est une turbomachine à multiples corps, en particulier à double corps, comprenant un corps basse pression 40 en plus du corps moteur 26. Le corps moteur 26 constitue alors un corps haute pression, le compresseur 30 étant un compresseur haute pression, la turbine 32 étant une turbine haute pression et l'arbre de transmission 34 étant un arbre haute pression.
- [0038] Le corps basse pression 40 comprend un compresseur basse pression 42, une turbine basse pression 44 et un arbre basse pression 46 couplant la turbine basse pression 44 au compresseur basse pression 42 pour l'entraînement du compresseur basse pression 42 par la turbine basse pression 44.
- [0039] Le compresseur basse pression 42 est disposé en amont du compresseur haute pression 30 et alimente ce dernier en air comprimé. La turbine basse pression 44 est disposée en aval de la turbine haute pression 32 et reçoit les gaz d'échappement sortant de cette dernière.
- [0040] L'arbre basse pression 46 est guidé en rotation par rapport à la nacelle 20 par le biais de paliers (non représentés).
- [0041] L'arbre basse pression 46 est coaxial à l'arbre haute pression 34. Il a donc également pour axe de rotation l'axe longitudinal X. En particulier, l'arbre basse pression 46 s'étend à l'intérieur de l'arbre haute pression 34.
- [0042] La turbomachine 12 comprend également une soufflante 50 pour entraîner le flux d'air dans une veine de circulation externe 52 entourant la nacelle 20. On distingue ainsi un flux d'air primaire A (chaud), constitué par la portion du flux d'air entraînée dans la veine de circulation interne 22, et un flux d'air secondaire B (froid), constitué par la portion du flux d'air entraînée dans la veine de circulation externe 52.
- [0043] La soufflante 50 comprend un rotor de soufflante 54. Ce rotor de soufflante 54 est monté rotatif relativement à la nacelle 20 autour de l'axe longitudinal X. Il comprend un moyeu 55 ([Fig.3]) pourvu d'aubes de soufflante 56 s'étendant sensiblement radialement vers l'extérieur depuis le moyeu 55. Ces aubes 56, lorsqu'elles sont mises en

rotation, entraînent le flux d'air dans la veine de circulation externe 52.

- [0044] Le rotor de soufflante 54 est entraîné en rotation par la turbine basse pression 44, par l'intermédiaire de l'arbre basse pression 46. Dans l'exemple représenté, cet entraînement est direct, c'est-à-dire que le rotor de soufflante 54 est solidaire en rotation de l'arbre basse pression 46. En variante (non représentée), cet entraînement se fait par l'intermédiaire d'un réducteur permettant au rotor de soufflante 54 de tourner à une vitesse inférieure à celle de l'arbre basse pression 46.
- [0045] Dans l'exemple représenté, la soufflante 50 comprend également un stator de soufflante 58 comprenant des aubes fixes 59 agencées à la périphérie de la nacelle 20, dans la veine de circulation externe 52, suivant un plan orthogonal à l'axe longitudinal X. Ce stator de soufflante 58 est ici agencé en aval du rotor de soufflante 54. En variante (non représentée), la soufflante 50 comprend, à la place du stator de soufflante 58, un rotor de soufflante contrarotatif.
- [0046] Avantagusement, la soufflante 50 est, comme représenté, non carénée, c'est-à-dire que la veine de circulation externe 52 n'a aucune délimitation périphérique. La turbomachine 12 est alors constituée, comme représenté, par un turboréacteur à soufflante non carénée ou, en variante, par un turbopropulseur. En variante (non représentée), la veine de circulation externe 52 est définie entre la nacelle 20 et un carter de soufflante entourant la soufflante 50 ; la turbomachine 12 est alors typiquement constituée par un turboréacteur à fort taux de dilution (en anglais « bypass ratio »), le taux de dilution étant défini comme le rapport du débit du flux secondaire B (froid) sur le débit du flux primaire A (chaud).
- [0047] Dans l'exemple représenté, la turbomachine 12 est en particulier du type « puller », c'est-à-dire que la soufflante 50 est disposée en amont de la veine de circulation interne 22 et entraîne également le flux d'air dans cette dernière. En variante (non représentée), la turbomachine est du type « pusher », c'est-à-dire que la soufflante 50 est placée autour de la moitié aval de la nacelle 20.
- [0048] Les aubes 56 du rotor de soufflante 54 sont à calage variable, c'est-à-dire que chaque aube 56 est montée pivotante relativement au moyeu 55 autour d'un axe de pivotement P propre. Cet axe de pivotement P s'étend suivant la direction d'élongation de l'aube 56. Il est orthogonal à l'axe longitudinal X.
- [0049] Chaque aube 56 est en particulier apte à pivoter autour de l'axe P relativement au moyeu 55 entre une position dite drapeau, dans laquelle la corde de l'aube 56 est sensiblement parallèle à l'axe longitudinal X, et une position dite voile, dans laquelle la corde de l'aube 56 est sensiblement orthogonale à l'axe longitudinal X. Pour rappel, la corde d'une aube est constituée par la droite reliant le bord d'attaque au bord de fuite. Les aubes 56 étant le plus souvent vrillées, la corde prise comme référence pour la mesure de l'angle de calage est, par convention, constituée par la corde de l'aube à

75% du rayon du rotor de soufflante 54.

- [0050] A cet effet, chaque aube 56 est solidaire, comme visible sur la [Fig.3], d'une pièce d'attache 60 disposée en pied d'aube. Cette pièce d'attache 60 est montée rotative par rapport au moyeu 55 autour de l'axe de pivotement P-P'. Plus précisément, la pièce d'attache 60 est montée rotative à l'intérieur d'un logement 62 ménagé dans le moyeu 55 par l'intermédiaire de billes 64 ou d'autres éléments roulants.
- [0051] La soufflante 50 comprend en outre un mécanisme de changement de pas 70 pour ajuster l'angle de calage de chaque aube 56 autour de son axe de pivotement P de sorte à adapter les performances de la turbomachine 12 aux différentes phases de vol.
- [0052] En référence à la [Fig.3], ce mécanisme de changement de pas 70 comprend un bâti 72, un vérin de commande 74, un système 76 de pilotage du vérin 74 et un système de liaison 78.
- [0053] Le bâti 72 est solidaire du moyeu 55 et est typiquement constitué par une partie du moyeu 55. Il est ainsi fixe relativement aux axes de pivotement P.
- [0054] Dans l'exemple représenté, le bâti 72 comprend un ensemble amont 80 et un ensemble aval 82 espacés l'un de l'autre suivant l'axe longitudinal X. Chacun de ces ensembles 80, 82 est centré sur l'axe longitudinal X et s'étend depuis l'axe longitudinal X jusqu'au logement 62, l'ensemble amont 80 étant disposé en amont du logement 62 et l'ensemble aval 82 étant disposé en aval du logement 62.
- [0055] L'ensemble amont 80 est en particulier formé par un flasque amont 84 en forme générale de dôme logeant en son centre un cylindre borgne 86. Le cylindre borgne 86 est fermé à son extrémité amont 88 et ouvert à son extrémité aval 89. Il fait saillie vers l'amont relativement au flasque 84.
- [0056] L'ensemble amont 80 présente en son centre un orifice 90 débouchant vers l'aval. Cet orifice 90 est en particulier ménagé dans l'extrémité amont 88 du cylindre borgne 86. L'ensemble amont 80 présente également un butoir 91 orienté vers l'aval. Ce butoir 91 est ici formé dans la face aval de l'extrémité amont 88 du cylindre borgne 86. Il s'étend sensiblement radialement et est en particulier agencé autour de l'orifice 90.
- [0057] Ici, l'ensemble aval 82 comprend un flasque aval 92 logeant en son centre deux cylindres concentriques 94, 96 : un cylindre central 94, fermé à son extrémité amont 98, et un cylindre périphérique 96 entourant le cylindre central 94 et délimitant avec le cylindre central 94 une cavité périphérique 100 fermée à son extrémité aval 102. Le cylindre central 94 définit un logement 104 dans lequel est reçu un palier de transfert d'huile 106.
- [0058] Le vérin de commande 74 comporte un piston de commande 110 mobile en translation suivant l'axe longitudinal X relativement au bâti 72 entre une position rétractée, représentée sur la [Fig.3], et une position déployée (non représentée). Optionnellement, le piston de commande 110 est également mobile en rotation autour de

l'axe longitudinal X sur un angle restreint, par exemple de l'ordre de 5°.

- [0059] Le vérin de commande 74 comprend également une première chambre fluide 112 et une deuxième chambre fluide 114 chacune délimitée entre le piston de commande 110 et le bâti 72. Lesdites chambres fluides 112, 114 contiennent chacune un fluide de commande, typiquement constitué par une huile, qui est à une première pression dans la première chambre fluide 112 et à une deuxième pression dans la deuxième chambre fluide 114. Les première et deuxième chambres fluides 112, 114 sont agencées de sorte que l'augmentation relative de la première pression (c'est-à-dire relativement à la deuxième pression) entraîne le déplacement du piston 110 vers sa position déployée, l'augmentation relative de la deuxième pression (c'est-à-dire relativement à la première pression) entraînant le déplacement du piston 110 vers sa position rétractée.
- [0060] Dans l'exemple représenté, le piston 110 comprend une bague d'étanchéité et de guidage aval 116, une bague d'étanchéité et de guidage amont 118 et un corps cylindrique 120 s'étendant de la bague d'étanchéité et de guidage aval 116 à la bague d'étanchéité et de guidage amont 118. La bague d'étanchéité et de guidage aval 116 est logée dans la cavité périphérique 100 et s'étend depuis le cylindre central 94 jusqu'au cylindre périphérique 96 en formant une étanchéité avec chacun de ces cylindres 94, 96. La bague d'étanchéité et de guidage amont 118 est logée dans le cylindre borgne 86 et forme une étanchéité avec la paroi périphérique 122 du cylindre borgne 86. La première chambre fluide 112 est ainsi constituée par la portion de la cavité périphérique 100 comprise entre la bague d'étanchéité et de guidage aval 116 et l'extrémité aval 102 de ladite cavité périphérique 100. La deuxième chambre fluide 114, quant à elle, est délimitée à son extrémité aval par la bague d'étanchéité et de guidage aval 116, à son extrémité amont par l'extrémité amont 88 du cylindre borgne 86, et à sa périphérie par le corps 120 du piston 110 et par la paroi périphérique 122 du cylindre borgne 86.
- [0061] Le système de pilotage 76 comprend un générateur de pression 130 pour porter le fluide de commande à une troisième pression supérieure aux première et deuxième pressions, une unité de contrôle de pression 132 pour ajuster la pression du fluide de commande dans les première et deuxième chambres fluides 112, 114 au moyen de la troisième pression, et une ligne de retour 136 pour évacuer le fluide de commande dépressurisé. Le système de pilotage 76 comprend également un réservoir principal 133, un circuit de secours 134 et un module de commande 135.
- [0062] Le générateur de pression 130 comprend par exemple une pompe apte à pomper le fluide pour le porter à la troisième pression, par exemple 100 bars. Une soupape de surpression principale 139A permet d'évacuer une partie du fluide de commande vers la ligne de retour 136 lorsque la pression du fluide de commande en aval du générateur

de pression 130 excède la troisième pression.

- [0063] L'unité de contrôle de pression 132 est alimentée en fluide de commande à la troisième pression par le générateur de pression 130. Elle est raccordée fluidiquement à la première chambre fluidique 112 et à la deuxième chambre fluidique 114 via le palier de transfert d'huile 106. Elle est apte à répartir le fluide de commande entre la première chambre fluidique 112 et la deuxième chambre fluidique 114 de manière à ajuster la pression de fluide à l'intérieur de chacune de ces chambres 112, 114 et, ainsi, ajuster la position du piston 110 entre ses positions rétractée et déployée. Elle est également apte à évacuer du fluide de commande provenant des première et deuxième chambres fluidiques 112, 114 dans la ligne de retour 136.
- [0064] Le réservoir principal 133 est configuré pour collecter du fluide de commande dépressurisé provenant de la ligne de retour 136. Il alimente le générateur de pression 130.
- [0065] Le circuit de secours 134 est apte à alimenter la deuxième chambre fluidique 114 en fluide de commande de manière à déplacer le piston 110 vers sa position rétractée en cas de défaillance du générateur de pression 130. A cet effet, le circuit de secours 134 comprend un réservoir auxiliaire 137 et une pompe auxiliaire 138. Dans l'exemple représenté il comprend également une soupape de surpression auxiliaire 139B.
- [0066] Le réservoir auxiliaire 137 est configuré pour collecter du fluide de commande dépressurisé provenant de la ligne de retour 136. Il alimente la pompe auxiliaire 138. Dans l'exemple représenté, il alimente également le réservoir principal 133, le fluide de commande dépressurisé provenant de la ligne de retour 136 transitant par le réservoir auxiliaire 137 avant d'atteindre le réservoir principal 133.
- [0067] La pompe auxiliaire 138 est apte à pomper le fluide de commande dans le réservoir auxiliaire 137 pour le porter à la troisième pression. Elle est raccordée fluidiquement à l'unité de contrôle de pression 132 de manière à l'alimenter en fluide de commande à la troisième pression, l'unité de contrôle de pression 132 étant configurée pour rediriger l'intégralité du fluide de commande provenant de la pompe auxiliaire 138 vers la deuxième chambre fluidique 114.
- [0068] La soupape de surpression 139B est apte à évacuer une partie du fluide de commande vers la ligne de retour 136 lorsque la pression du fluide de commande en aval de la pompe auxiliaire 138 excède la troisième pression.
- [0069] Le module de commande 135 est configuré pour recevoir une instruction de calage (non représentée) et en déduire un signal de commande transmis à l'unité de contrôle de pression 132. En particulier, le module de commande 135 est configuré pour transmettre à l'unité de contrôle de pression 132 un signal de commande destiné à augmenter la pression de fluide dans la deuxième chambre 114 lorsque l'instruction de calage vise à faire augmenter le pas des aubes 56, et pour transmettre à l'unité de

contrôle de pression 132 un signal de commande destiné à augmenter la pression de fluide dans la première chambre 112 lorsque l'instruction de calage vise à faire réduire le pas des aubes 56.

- [0070] Le module de commande 135 est également configuré pour transmettre au circuit de secours 134, plus particulièrement à sa pompe auxiliaire 138, une instruction de démarrage en cas de défaillance du générateur de pression 130.
- [0071] Le système de liaison 78 relie le piston 110 à chaque aube 56 de sorte à convertir la translation du piston 110 suivant l'axe longitudinal X et, le cas échéant, la rotation du piston 110 autour de l'axe longitudinal X en une rotation de chaque aube 56 autour de son axe de pivotement P.
- [0072] A cet effet, le système de liaison 78 comprend une couronne de synchronisation 140 solidaire du piston 110 et, pour chacune des aubes 56, un mécanisme 142 de liaison de l'aube 56 à la couronne de synchronisation 140.
- [0073] La couronne de synchronisation 140 s'étend dans un plan radial autour du piston 110.
- [0074] Chaque mécanisme de liaison 142 comprend une première articulation 144 solidaire du piston 110, une deuxième articulation 146 solidaire de l'aube 56, à l'écart de l'axe de pivotement P de ladite aube 56, et une bielle 148 reliant la première articulation 144 à la deuxième articulation 146.
- [0075] La première articulation 144 est portée par la couronne de synchronisation 140. Elle est ici constituée par une liaison rotule.
- [0076] La deuxième articulation 146 est également constituée par une liaison rotule. Elle est excentrée relativement à l'axe de pivotement P.
- [0077] La bielle 148 présente une première extrémité 150 articulée à la première articulation 144 et une deuxième extrémité 152 articulée à la deuxième articulation 146. Avantageusement la bielle 148 est de longueur réglable, c'est-à-dire que la distance entre les première et deuxième extrémités 150, 152 peut être modifiée, ce qui permet d'ajuster précisément le pilotage de l'angle de calage de chaque aube 56 par le mécanisme de changement de pas 70.
- [0078] Dans l'exemple représenté chaque mécanisme de liaison 142 comprend également une pièce à excentrique 154 reliant la pièce d'attache 60 à la deuxième articulation 146.
- [0079] Le système de liaison 78 est agencé de sorte que le déplacement du piston 110 vers le butoir 91, c'est-à-dire vers sa position déployée, entraîne une rotation de chaque aube 56 vers sa position voile, et que le déplacement du piston 110 à l'écart du butoir 91, c'est à dire vers sa position rétractée, entraîne une rotation de chaque aube 56 vers sa position drapeau.
- [0080] Le mécanisme de changement de pas 70 comprend encore un dispositif de verrouillage de pas 160 propre à bloquer la translation du piston 110 relativement au bâti

72 vers sa position déployée.

- [0081] Ce dispositif de verrouillage 160 comprend un organe de support 162 et un système vis-écrou 164.
- [0082] L'organe de support 162 est mobile en translation relativement au bâti 72 suivant l'axe longitudinal X entre une position de fonctionnement, représentée sur la [Fig.3], et une position de verrouillage (non représentée).
- [0083] L'organe de support 162 comprend un corps 166 allongé suivant l'axe longitudinal X et centré sur l'axe longitudinal X. Ledit corps 166 présente une première extrémité longitudinale 168, en particulier une extrémité longitudinale amont, engagée à travers l'orifice 90 du bâti 72, et une deuxième extrémité longitudinale 172 libre. Par ailleurs, dans l'exemple représenté le corps 166 est creux et est ouvert à ses deux extrémités longitudinales 168, 172.
- [0084] L'organe de support 162 comprend également une jupe 174 solidaire du corps 166 et agencée autour de la deuxième extrémité longitudinale 172 du corps 166.
- [0085] Le système vis-écrou 164 comprend une vis 176 et un écrou 178.
- [0086] La vis 176 s'étend autour du corps 166 de l'organe de support 162 et est coaxiale audit corps 166. Elle est solidaire en translation de l'organe de support 162 et montée mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X relativement à l'organe de support 162. A cet effet, la vis 176 est assemblée à l'organe de support 162 par l'intermédiaire d'un palier 180. Ce palier 180 est ici interposé entre la jupe 174 de l'organe de support 162 et une portion d'extrémité 182 de la vis 176, logée entre le corps 166 et la jupe 174.
- [0087] La vis 176 présente une deuxième portion d'extrémité longitudinale 184 opposée à la portion d'extrémité 182. Cette deuxième portion d'extrémité longitudinale 184 définit une surface de butée 186 radiale. Cette surface de butée 186 est à distance du bâti 72 lorsque l'organe de support 162 est en position de fonctionnement et en appui contre le butoir 91 du bâti 72 lorsque l'organe de support 162 est en position de verrouillage.
- [0088] Ici, la deuxième portion d'extrémité longitudinale 184 s'évase depuis un corps fileté 190 de la vis 176 jusqu'à la surface de butée 186. Ainsi, la surface de contact entre la surface de butée 186 et le butoir 91 est augmentée, ce qui accroît les forces de frottement entre la surface de butée 186 et le butoir 91 et permet une meilleure transmission des efforts de freinage et de blocage.
- [0089] La surface de butée 186 et le butoir 91 sont ici chacun lisses. En variante (non représentée), la surface de butée 186 et/ou le butoir 91 présente(nt) des aspérités, de manière à accroître encore davantage les forces de frottement entre la surface de butée 186 et le butoir 91 et permettre une transmission des efforts encore accrue.
- [0090] Le corps fileté 190 s'étend de l'une à l'autre des portions d'extrémité 182, 184. Il présente un filetage externe 192 à sa périphérie.

- [0091] L'écrou 178 est solidaire du piston 110 et coaxial à la vis 176. Il coopère avec la vis 176 de sorte qu'une translation de l'écrou 178 suivant l'axe longitudinal X relativement à la vis 176 entraîne la rotation de la vis 176 autour de l'axe longitudinal X relativement à l'organe de support 162.
- [0092] L'écrou 178 présente un taraudage interne 194.
- [0093] Le système vis-écrou 164 est en particulier formé par un système de vis à rouleaux satellites 195 réversible. De manière classique, ce système de vis à rouleaux satellites 195 comprend, outre la vis 176 et l'écrou 178, une pluralité de rouleaux 196 interposés entre la vis 176 et l'écrou 178, chaque rouleau 196 étant allongé parallèlement à l'axe longitudinal X.
- [0094] Comme visible sur la [Fig.4], chaque rouleau 196 présente un filetage 198 en prise avec le filetage externe 192 de la vis 176 et le taraudage interne 194 de l'écrou 176. Il comprend en outre des dentures externes 199 situées à ses extrémités et prolongées de tourillons lisses 200.
- [0095] Le système de vis à rouleaux satellites 195 présente également, de manière toujours classique, un dispositif 202 de guidage et de maintien des rouleaux 196. Ce dispositif de guidage et de maintien 202 comprend des porte-rouleaux 204 (également appelés bagues d'espacement) qui sont montés coaxialement à la vis 176, entre celle-ci et l'écrou 178, avec des encoches 206 accueillant les tourillons 200 des rouleaux 196. Il comprend également une denture de synchronisation 210 dans laquelle s'engrènent les dentures externes 198 situées aux extrémités respectives des rouleaux 196. Cet engrenage des dentures externes 198 dans la denture de synchronisation 210 forme un train planétaire dont le rôle est d'assurer une synchronisation du mouvement satellitaire, encore dit planétaire ou épicycloïdal, des rouleaux 196, fluidifiant ainsi le mouvement des rouleaux 196 en les aidant à rouler aisément, avec le moins de glissement possible, sur le filetage 192 de la vis 176 et le taraudage 194 de l'écrou 178.
- [0096] Dans l'exemple représenté, le système de vis à rouleaux satellites 195 est du type standard, les rouleaux 196 étant solidaires en translation de l'écrou 178. La denture de synchronisation 210 est constituée par la denture interne de couronnes 208 solidaires de l'écrou 178 et montées respectivement à chaque extrémité longitudinale de l'écrou 178, ce dernier ayant une extension longitudinale sensiblement égale à celle de la portion filetée des rouleaux 196 et inférieure à celle du corps fileté 190 de la vis 176.
- [0097] En variante (non représentée), le système de vis à rouleaux satellites 195 est du type inversé, les rouleaux 196 étant solidaires en translation de la vis 176. La denture de synchronisation 210 est alors constituée par deux dentures externes de la vis 176 à chaque extrémité longitudinale du corps fileté 190, ce dernier ayant une extension longitudinale sensiblement égale à celle de la portion filetée des rouleaux 196 et inférieure à celle de l'écrou 178.

- [0098] En variante encore, le système de vis à rouleaux satellites 195 est constitué par un système de vis à rouleaux satellites recirculés tel que par exemple celui décrit dans le document EP 275 504 A2, ou par un système de vis à rouleaux à roulement tel que par exemple celui décrit dans le document EP 168 942 A1 ou celui décrit dans le document EP 671 070 A1.
- [0099] Cette caractéristique permet une bonne transmission des efforts de l'écrou 178 à la vis 176 par le système vis-écrou 164, tout en conservant un petit pas dans la liaison hélicoïdale du système vis-écrou 164. En particulier, en cas de blocage de la rotation de la vis 176, elle permet d'immobiliser l'écrou 178 relativement à la vis 176 même en l'absence d'écrou de verrouillage distinct. Il est ainsi possible de s'affranchir de l'usage d'un écrou de verrouillage distinct, ce qui simplifie la fabrication et réduit les coûts du mécanisme, tout en augmentant sa fiabilité et minimisant sa masse.
- [0100] Le dispositif de verrouillage 160 comprend également un dispositif de rappel 220 sollicitant l'organe de support 162 vers sa position de verrouillage et un dispositif de maintien 222 pour maintenir l'organe de support 162 dans sa position de fonctionnement lorsque le mécanisme de changement de pas 70 est en conditions normales de fonctionnement.
- [0101] Le dispositif de rappel 220 est ici constitué par un ressort de compression comprimé entre le bâti 72 et un épaulement 224 solidaire de l'organe de support 162.
- [0102] Le dispositif de maintien 222 comprend un vérin de contrebalancement 230 comportant un piston de contrebalancement 232 et une chambre de contrebalancement 234.
- [0103] Le piston de contrebalancement 232 est solidaire de l'organe de support 162. Il est monté mobile en translation suivant l'axe longitudinal X relativement au bâti 72. Il est en particulier coaxial à l'organe de support 162. Dans l'exemple représenté, il est agencé dans le prolongement longitudinal de l'organe de support 162.
- [0104] Le piston de contrebalancement 232 et le bâti 72 délimitent ensemble la chambre 234.
- [0105] La chambre de contrebalancement 234 est raccordée fluidiquement au générateur de pression 130 par un circuit de connexion fluide 236 de sorte à être alimentée en fluide de commande à la troisième pression. Elle est destinée à contrebalancer la sollicitation du dispositif de rappel 200 lorsque cette alimentation est active.
- [0106] A cet effet, le vérin de contrebalancement 230 est agencé de sorte que la pression exercée sur le piston 232 par le fluide contenu dans la chambre 234 soit orientée dans une direction opposée à celle de la sollicitation du dispositif de rappel 220 : dans l'exemple représenté, le piston de contrebalancement 232 est interposé entre la chambre 234 et l'épaulement 224 et l'épaulement 224 est interposé entre le piston 232 et le dispositif de rappel 220. De plus, le piston de contrebalancement 232 et la

chambre de contrebalancement 234 sont dimensionnés de sorte que, lorsque la chambre 234 est alimentée en fluide de commande à la troisième pression, la force exercée par le fluide de commande sur le piston 232 soit supérieure à la sollicitation du dispositif de rappel 220.

- [0107] Ainsi, lorsque l'alimentation de la chambre 234 en fluide de commande à la troisième pression est active, la sollicitation du dispositif de rappel 220 est annulée et l'organe de support 162 maintenu en position de fonctionnement.
- [0108] Dans l'exemple représenté, l'unité de contrôle de pression 132 est interposée fluidiquement entre le générateur de pression 130 et le circuit de connexion fluidique 236. Elle présente une première configuration, dans laquelle elle isole le circuit de connexion fluidique 236 de la ligne de retour 136, et une deuxième configuration, dans laquelle elle raccorde fluidiquement le circuit de connexion fluidique 236 à la ligne de retour 136.
- [0109] L'unité de contrôle de pression 132 est configurée pour être normalement dans sa première configuration et pour basculer dans sa deuxième configuration sur réception d'une instruction de commande transmise par le module de commande 135.
- [0110] Un procédé de changement du pas des aubes 56, mis en œuvre par le mécanisme de changement de pas 70, va maintenant être décrit.
- [0111] Lors d'une première étape de ce procédé, le module de commande 135 reçoit tout d'abord une instruction de calage visant à faire augmenter le pas des aubes 56. Le module de commande 135 transmet alors à l'unité de contrôle de pression 132 un signal de commande destiné à augmenter la pression de fluide dans la deuxième chambre 114. La pression de fluide dans la deuxième chambre 114 augmentant, le piston de commande 110 se déplace vers sa position rétractée, ce qui, par l'intermédiaire du système de liaison 78, entraîne le pivotement des aubes 56 vers les grands pas (c'est-à-dire vers la position drapeau).
- [0112] Une fois le piston 110 arrivé dans une position d'équilibre, il se stabilise, les aubes 56 conservant une orientation fixe.
- [0113] Lors d'une deuxième étape du procédé de changement de pas, le module de commande 135 reçoit tout d'abord une instruction de calage visant à faire réduire le pas des aubes 56. Le module de commande 135 transmet alors à l'unité de contrôle de pression 132 un signal de commande destiné à augmenter la pression de fluide dans la première chambre 112. La pression de fluide dans la première chambre 112 augmentant, le piston de commande 110 se déplace vers sa position déployée, ce qui, par l'intermédiaire du système de liaison 78, entraîne le pivotement des aubes 56 vers les petits pas (c'est-à-dire vers la position voile).
- [0114] Une fois le piston 110 arrivé dans une position d'équilibre, il se stabilise, les aubes 56 conservant une orientation fixe.

- [0115] Optionnellement, le procédé de changement de pas comprend également, suite à la première ou à la deuxième étape, une étape de verrouillage commandé de l'orientation des aubes 56.
- [0116] Lors de cette étape, le module de commande 135 transmet à l'unité de contrôle de pression 132 une commande de verrouillage de pas. Sous l'effet de cette commande, l'unité de contrôle de pression 132 raccorde fluidiquement le circuit de connexion fluidique 236 à la ligne de retour 136, entraînant une baisse de la pression de fluide dans la chambre de contrebalancement 234. La pression de fluide dans ladite chambre 234 est alors insuffisante pour contrebalancer la sollicitation du dispositif de rappel 220, qui ainsi entraîne le déplacement de l'organe de support 162 vers sa position de verrouillage.
- [0117] Lors de ce déplacement, la vis 176 tourne autour de l'axe longitudinal X sous l'effet de la résistance imposée par l'ensemble de l'écrou 178 et des rouleaux 194 (lesquels sont maintenus immobiles en translation par le vérin de commande 74) jusqu'à ce que sa surface de butée 186 vienne en appui contre le butoir 91 du bâti 72, bloquant la rotation de la vis 176 autour de l'axe longitudinal X et sa translation suivant le même axe X.
- [0118] Les aubes 56 sont ainsi bloquées dans leur orientation même en cas de perte de pression fluidique dans la deuxième chambre 114.
- [0119] En cas de perte de pression dans la première chambre 112 uniquement, le piston 110 est déplacé vers sa position rétractée sous l'effet de la différence de pression entre les deux chambres 112, 114, entraînant avec lui la vis 176 et l'organe de support 162, qui retrouve sa position de fonctionnement. Le piston 110 n'est donc plus immobilisé et peut continuer de se déplacer vers sa position rétractée jusqu'à ce que les aubes 56 se retrouvent en position drapeau.
- [0120] En cas de dysfonctionnement du système de pilotage 76, typiquement en cas de panne du générateur de pression 130, le procédé de changement de pas comprend une étape supplémentaire de verrouillage non-commandé de l'orientation des aubes 56.
- [0121] Lors de cette étape, le dysfonctionnement du système de pilotage 76 entraîne une baisse de la pression de fluide dans la chambre de contrebalancement 234, typiquement parce que le générateur de pression 130 n'est plus en mesure de porter le fluide de commande à la troisième pression. La pression de fluide dans ladite chambre 234 est alors insuffisante pour contrebalancer la sollicitation du dispositif de rappel 220, qui ainsi entraîne le déplacement de l'organe de support 162 vers sa position de verrouillage.
- [0122] Lors de ce déplacement, la vis 176 entraîne avec elle l'écrou 178 et les rouleaux 194, lesquels ne sont plus maintenus immobiles en translation du fait de la perte d'alimentation du vérin de commande 74. Les aubes 56 pivotent donc légèrement vers

les petits pas, jusqu'à ce que la surface de butée 186 de la vis 176 vienne en appui contre le butoir 91 du bâti 72, bloquant la rotation de la vis 176 autour de l'axe longitudinal X et sa translation suivant le même axe X.

- [0123] Le pivotement des aubes 56 vers les petits pas est alors empêché par le dispositif de verrouillage 160.
- [0124] L'étape de verrouillage non-commandé est suivie d'une étape de mise en sécurité de la soufflante 50. Lors de cette étape, le circuit de secours 134 est activé et alimente la deuxième chambre fluide 114 en fluide de commande de manière augmenter la pression fluide dans cette chambre. Sous l'effet de cette augmentation de pression, le piston 110 se déplace vers sa position rétractée, entraînant avec lui la vis 176 et l'organe de support 162, qui retrouve sa position de fonctionnement. Le piston 110 n'est donc plus immobilisé et peut continuer de se déplacer vers l'aval jusqu'à ce que les aubes 56 se retrouvent en position drapeau.
- [0125] On notera que ces différentes étapes peuvent être mises en œuvre indépendamment les unes des autres.
- [0126] Grâce à l'exemple de réalisation décrit ci-dessus, il est possible de s'affranchir de l'utilisation d'un écrou de verrouillage distinct de l'écrou 178 du système vis-écrou 164. Il en résulte un dispositif de verrouillage 160 et, de ce fait, un mécanisme de changement de pas 70 dont la fabrication est simplifiée, les coûts réduits et la fiabilité augmentée.
- [0127] L'exemple de réalisation permet en outre une grande précision dans le pilotage de l'angle de calage des aubes 56, ce qui autorise sur le moyeu 55 l'implantation rapprochée d'aubes 56 de grande taille et à géométrie complexe, permettant ainsi d'augmenter l'efficacité de la turbomachine 12.

Revendications

[Revendication 1] Mécanisme de changement de pas (70) pour ajuster une position angulaire d'au moins une aube à calage variable (56) autour d'un axe (P) de pivotement de l'aube (56), ledit mécanisme de changement de pas (70) comprenant :

- un bâti (72) fixe relativement à l'axe de pivotement (P),
- un vérin de commande (74) comportant un piston (110) mobile en translation suivant un axe longitudinal (X) relativement au bâti (72) entre une position rétractée et une position déployée,
- un système de liaison (78) reliant le piston (110) à l'aube à calage variable (56) de sorte à convertir la translation du piston (110) suivant l'axe longitudinal (X) en une rotation de l'aube à calage variable (56) autour de l'axe de pivotement (P), et
- un dispositif de verrouillage de pas (160) propre à bloquer la translation du piston (110) relativement au bâti (72) dans au moins un sens,

le dispositif de verrouillage de pas (160) comprenant :

- un organe de support (162), mobile en translation relativement au bâti (72) suivant l'axe longitudinal (X) entre une position de fonctionnement et une position de verrouillage,
- un dispositif de rappel (200) sollicitant l'organe de support (162) vers sa position de verrouillage,
- un dispositif de maintien (202) pour maintenir l'organe de support (162) dans sa position de fonctionnement en conditions normales de fonctionnement, et
- un système vis-écrou (164) avec :
 - une vis (176) solidaire en translation de l'organe de support (162) et montée mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X) relativement à l'organe de support (162), la vis (176) présentant une surface de butée (186) qui est à distance du bâti (72) lorsque l'organe de support (162) est en position de fonctionnement et en appui contre le bâti (72) lorsque

l'organe de support (162) est en position de verrouillage, et

- un écrou (178) solidaire du piston (110) et coaxial à la vis (176), l'écrou (178) coopérant avec la vis (176) de sorte qu'une translation de l'écrou (178) suivant l'axe longitudinal (X) entraîne la rotation de la vis (176) autour de l'axe longitudinal (X),

dans lequel le système vis-écrou (164) est formé par un système de vis à rouleaux satellites (195).

[Revendication 2] Mécanisme de changement de pas (70) selon la revendication 1, dans lequel le système de liaison (78) comprend une première articulation (144) solidaire du piston (110), une deuxième articulation (146) solidaire de l'aube à calage variable (56), à l'écart de l'axe de pivotement (P), et une bielle (148) reliant la première articulation (144) à la deuxième articulation (146).

[Revendication 3] Mécanisme de changement de pas (70) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'axe longitudinal (X) est sensiblement orthogonal à l'axe de pivotement (P).

[Revendication 4] Mécanisme de changement de pas (70) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système de vis à rouleaux satellites (195) est réversible.

[Revendication 5] Mécanisme de changement de pas (70) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le vérin de commande (74) comprend une première chambre (112) contenant un fluide de commande à une première pression et une deuxième chambre (114) contenant le fluide de commande à une deuxième pression, le mécanisme de changement de pas (70) comprend un générateur de pression (130) pour porter le fluide de commande à une troisième pression supérieure aux première et deuxième pression et une unité de contrôle de pression (132) pour ajuster les première et deuxième pressions au moyen de la troisième pression, et le dispositif de maintien (202) comprend un vérin de contrebalancement (210) comportant une chambre (214) alimentée en fluide de commande à la troisième pression pour contrebalancer la sollicitation du dispositif de rappel (200).

[Revendication 6] Mécanisme de changement de pas (70) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le bâti (72) comprend un butoir

(91) contre lequel la surface de butée (186) de la vis (176) vient en appui lorsque l'organe de support (162) est en position de verrouillage, l'aube à calage variable (56) est déplaçable autour de son axe de pivotement (P) entre une position voile et une position drapeau, et le système de liaison (78) est configuré pour qu'un déplacement du piston (110) vers le butoir (91) entraîne une rotation de l'aube à calage variable (56) vers la position voile.

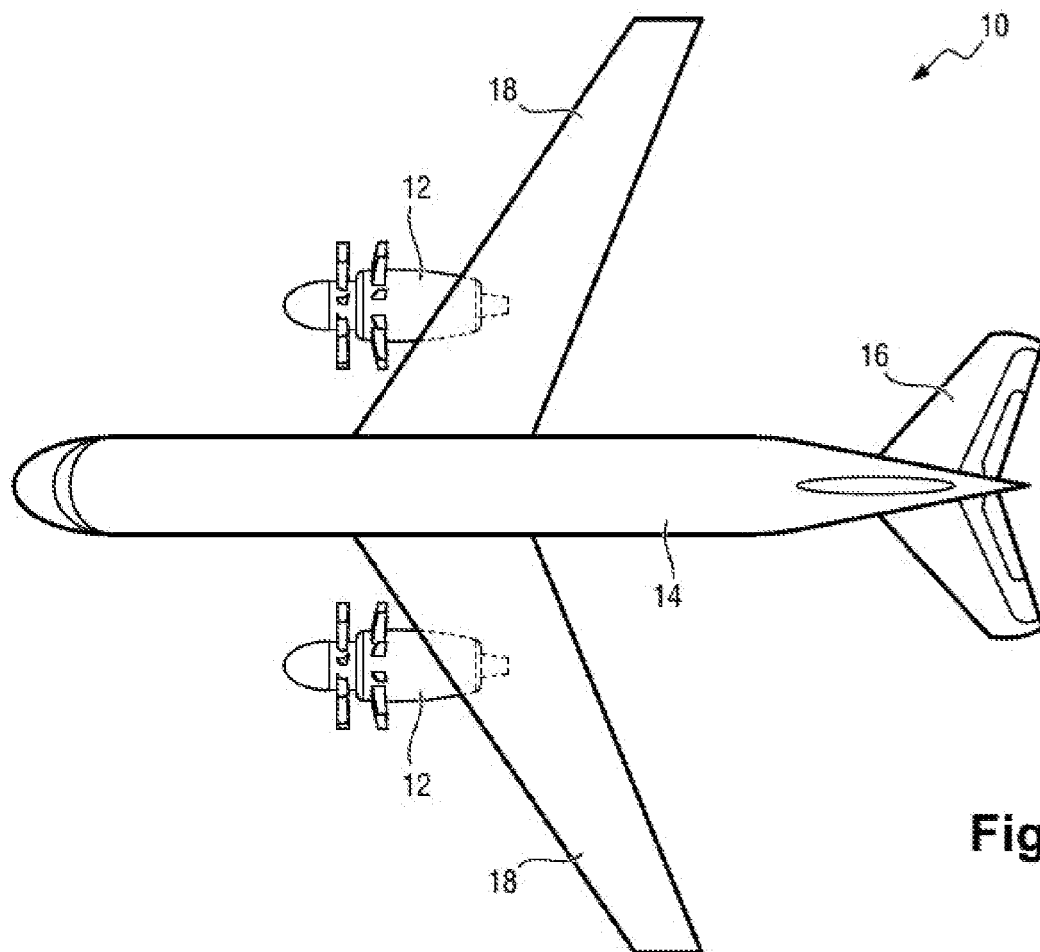
[Revendication 7] Rotor de soufflante (54) pour turbomachine comprenant un moyeu (55) et une pluralité d'aubes à calage variable (56) chacune pivotable relativement au moyeu (55) autour d'un axe de pivotement (P) propre, le rotor (54) comprenant en outre un mécanisme de changement de pas (70) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour ajuster une position angulaire de chacune des aubes à calage variable (56) autour de son axe de pivotement (P) respectif.

[Revendication 8] Rotor de soufflante (54) selon la revendication 7, dans lequel le système de liaison (78) du mécanisme de changement de pas (70) comprend, pour chacune des aubes à calage variable (56), une première articulation (144) solidaire du piston (110), une deuxième articulation (146) solidaire de l'aube à calage variable (56), à l'écart de l'axe de pivotement (P), et une bielle (148) reliant la première articulation (144) à la deuxième articulation (146).

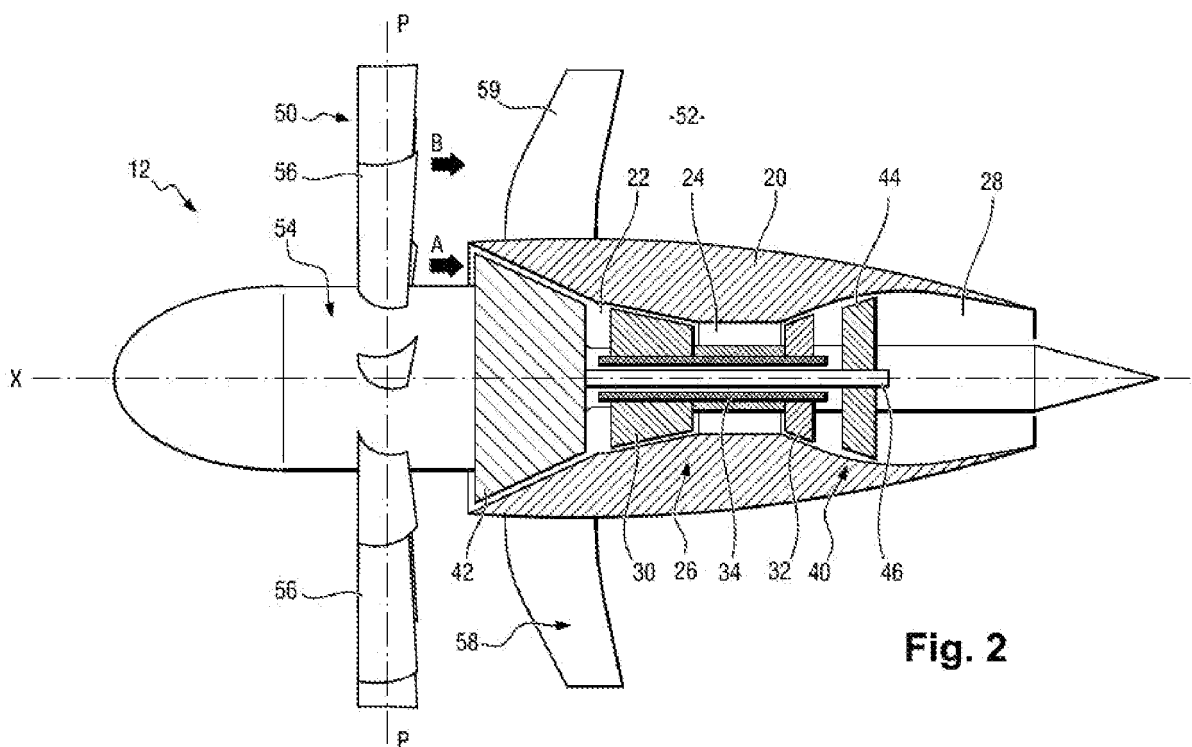
[Revendication 9] Turbomachine (12) comprenant un rotor de soufflante (54) selon la revendication 7 ou 8.

[Revendication 10] Aéronef (10) comprenant une turbomachine (12) selon la revendication 9.

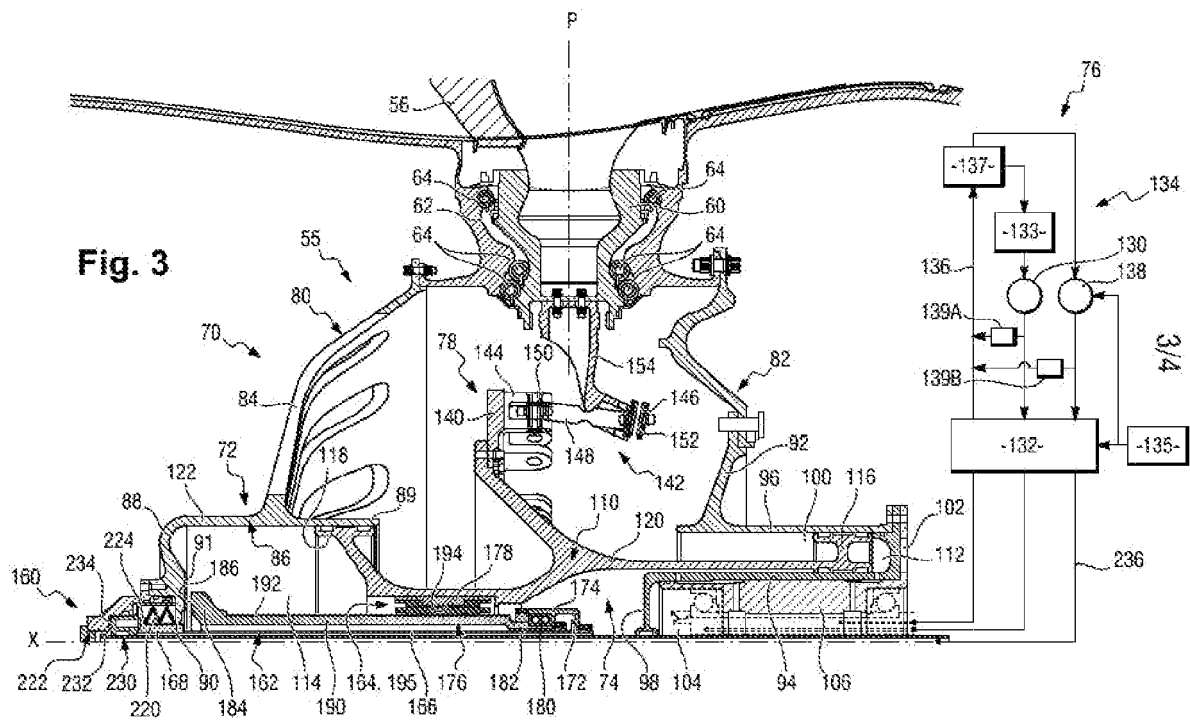
[Fig. 1]

**Fig. 1**

[Fig. 2]

**Fig. 2**

[Fig. 3]



[Fig. 4]

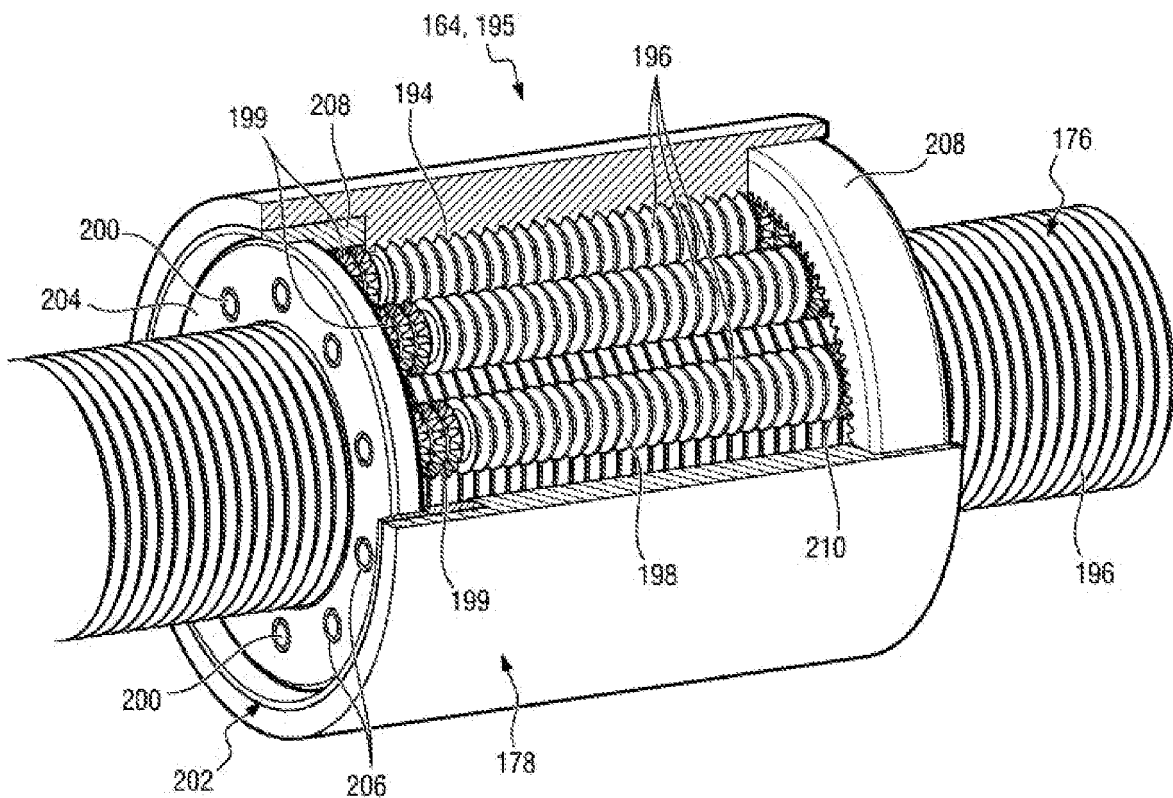


Fig. 4

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

FR 3 098 268 B1 (MAATEECS CONSULTING [FR])
3 décembre 2021 (2021-12-03)

EP 0 275 504 B1 (DURUISSEAU BERNARD)
7 mars 1990 (1990-03-07)

US 2010/150719 A1 (WAIDE WILLIAM MARTIN
[US] ET AL) 17 juin 2010 (2010-06-17)

EP 2 906 834 B1 (NOVOSCEN AB [SE])
18 décembre 2019 (2019-12-18)

US 4 753 572 A (KUSIAK EDWARD H [US])
28 juin 1988 (1988-06-28)

EP 1 832 509 B1 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP
[US]) 19 octobre 2011 (2011-10-19)

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

NEANT