

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

(11) Nº de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 134 599

(21) Nº d'enregistrement national :

22 03561

(51) Int Cl⁸ : F 04 D 29/36 (2022.01), F 01 D 7/02, F 02 K 3/02,
B 64 C 11/38

(12)

BREVET D'INVENTION

B1

(54) MODULE POUR UNE TURBOMACHINE D'AERONEF.

(22) Date de dépôt : 15.04.22.

(30) Priorité :

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

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

(43) Date de mise à la disposition du public
de la demande : 20.10.23 Bulletin 23/42.

(45) Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 02.05.25 Bulletin 25/18.

(72) Inventeur(s) : RODA, Jean Charles Olivier et
ESCURE, Didier René André.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

(73) Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

(74) Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

FR 3 134 599 - B1



Description

Titre de l'invention : MODULE POUR UNE TURBOMACHINE D'AERONEF

Domaine technique de l'invention

- [0001] L'invention concerne le domaine des modules pour les turbomachines d'aéronef. L'invention concerne plus particulièrement les modules comprenant un moyeu mobile en rotation et des aubes à calage variable portées par le moyeu, tels que les modules de soufflante ou d'hélice.

Arrière-plan technique

- [0002] Une turbomachine d'aéronef comprend de manière générale un module s'étendant autour d'un axe longitudinal et présentant un moyeu mobile en rotation autour de l'axe longitudinal et sur lequel sont montées des aubes. Le module est typiquement relié à un générateur de gaz. Le générateur de gaz comprend par exemple d'amont en aval un compresseur basse pression, un compresseur haute pression, une chambre de combustion, une turbine haute pression, une turbine basse pression et une tuyère d'échappement des gaz. Le rotor du compresseur haute pression est relié au rotor de la turbine haute pression par un arbre haute pression et le rotor du compresseur basse pression est relié au rotor de la turbine basse pression par un arbre basse pression. L'arbre basse pression est par ailleurs relié à un arbre d'entrainement du moyeu du module pour l'entraîner en rotation.
- [0003] Le module est par exemple une soufflante ou une hélice. Dans le cas d'une soufflante, les aubes sont entourées d'un carter externe fixé à une nacelle de l'aéronef. Dans le cas d'une hélice, les aubes de soufflante sont montées en dehors de la nacelle et ne sont donc pas entourées par un carter externe.
- [0004] Afin d'optimiser le fonctionnement du module et assurer son opérabilité selon les phases de vol de l'aéronef notamment en maintenant une marge au pompage suffisante, il est connu de modifier l'orientation des aubes au cours du vol de l'aéronef. A cet effet, les aubes sont mobiles autour d'un axe de calage qui s'étend perpendiculairement à l'axe longitudinal. Les aubes sont dites à calage ou à pas variable. Par exemple, les aubes à calage variable peuvent occuper une position dite d'inversion de poussée (connue sous le terme anglais « reverse ») dans laquelle celles-ci permettent de générer une contre poussée pour participer au ralentissement de l'aéronef et une position de mise en drapeau dans laquelle, en cas de défaillance ou de panne, celles-ci permettent de limiter leur résistance.
- [0005] Afin d'entraîner en rotation les aubes autour de leurs axes de calage, le module de la turbomachine comprend typiquement un dispositif de changement de calage des aubes.

Le document FR-A1-3 087 232 décrit une turbomachine comprenant un module de soufflante présentant un moyeu mobile autour d'un axe longitudinal et sur lequel sont montées des aubes à calage variable. Le module comprend un dispositif de changement de calage des aubes comprenant un actionneur hydraulique relié aux aubes et une pompe d'alimentation en fluide de l'actionneur hydraulique. Selon ce document, la pompe est solidaire en rotation du moyeu.

- [0006] Pour actionner la pompe et réguler son débit, le module comprend en outre un moteur électrique solidaire en rotation de la pompe.
- [0007] Une telle configuration ne donne pas entière satisfaction. En effet, le moteur électrique étant tournant et la source d'énergie alimentant le moteur étant dans un repère fixe, il est nécessaire de prévoir un transfert d'énergie d'un repère fixe vers un repère tournant. A cet effet, le module de l'art antérieur comprend en outre un transformateur électrique tournant permettant d'alimenter en énergie électrique le moteur à partir d'une source d'énergie électrique située dans un repère fixe de la turbomachine.
- [0008] Or, le module de la turbomachine présente un encombrement qui rend difficile l'ajout d'un transformateur électrique. L'ajout d'un transformateur implique d'augmenter la taille du module. Aussi, la masse et le coût du transformateur sont importants.
- [0009] Il existe donc un besoin de fournir un module de turbomachine pour un aéronef, comprenant un moyeu portant des aubes à calage variable, qui soit compact, léger, et peu coûteux.

Résumé de l'invention

- [0010] A cet effet, l'invention propose un module pour une turbomachine d'aéronef, le module comportant un axe longitudinal et comprenant :
- [0011] - un moyeu centré sur l'axe longitudinal et destiné à être mobile en rotation autour de l'axe longitudinal,
- [0012] - des aubes portées par le moyeu, chacune des aubes étant mobile autour d'un axe de calage s'étendant radialement par rapport à l'axe longitudinal,
- [0013] - un dispositif de changement de calage des aubes autour de leurs axes de calage, le dispositif comprenant :
- [0014] un actionneur hydraulique destiné à être mobile en rotation autour de l'axe longitudinal et configuré pour entraîner les aubes autour de leurs axes de calage, et
- [0015] une pompe d'alimentation en fluide de l'actionneur hydraulique comprenant des pistons axiaux destinés à être mobiles en rotation autour de l'axe longitudinal et configurés pour transférer le fluide à l'actionneur hydraulique, un plateau de liaison relié aux pistons axiaux et coopérant avec un plateau principal annulaire centré sur l'axe longitudinal, le plateau principal étant destiné à être fixe en rotation autour de l'axe longitudinal et est inclinable par rapport à l'axe longitudinal, le plateau de liaison

étant agencé entre le plateau principal et les pistons axiaux, les pistons axiaux étant mobiles en translation selon une direction parallèle à l'axe longitudinal, l'inclinaison du plateau principal entraînant un déplacement des pistons axiaux selon cette direction.

- [0016] Selon l'invention, le module comprend une pompe présentant des pistons axiaux reliés à un plateau de liaison et entraînés en translation par un plateau principal.
- [0017] La course des pistons varie selon l'inclinaison du plateau principal ce qui permet de faire varier le débit de la pompe. Selon le débit de la pompe, l'actionneur hydraulique peut faire varier le calage des aubes selon l'angle souhaité.
- [0018] La pompe étant à débit variable, il n'est plus nécessaire de prévoir un moteur électrique tournant pour réguler le débit de la pompe. Ceci permet de s'affranchir d'un transformateur électrique tournant pour alimenter en énergie électrique le moteur.
- [0019] Le module selon l'invention est donc plus compact, léger et faiblement consommateur d'énergie.
- [0020] Aussi, selon l'invention, le plateau principal est fixe en rotation. Ceci permet de simplifier la configuration de la pompe et du module.
- [0021] En outre, selon l'invention, les pistons axiaux sont tournants. Ceci permet de s'affranchir d'un transfert hydraulique tournant assurant le transfert de fluide entre la pompe et l'actionneur hydraulique limitant ainsi les fuites de fluide.
- [0022] L'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :
- [0023] - la pompe comprend une enveloppe montée autour du plateau principal et du plateau de liaison et destinée à être fixe en rotation autour de l'axe longitudinal,
- [0024] - le plateau principal est inclinable selon un angle d'inclinaison α compris entre -45° et 45° , un angle α de 0° correspondant à une position du plateau principal dans lequel il est perpendiculaire à l'axe longitudinal,
- [0025] - le dispositif comprend en outre un actionneur relié au plateau principal et configuré pour incliner le plateau principal par rapport à l'axe longitudinal,
- [0026] - le plateau de liaison est destiné à être mobile en rotation autour de l'axe longitudinal et est en appui plan sur le plateau principal,
- [0027] - les pistons axiaux sont reliés au plateau de liaison par une liaison rotule,
- [0028] - la pompe comprend un axe de transmission centré sur l'axe longitudinal, solidaire en rotation du plateau de liaison, et autour duquel est monté le plateau principal,
- [0029] - un arbre d'entrainement solidaire en rotation du moyeu et configuré pour entraîner en rotation l'axe de transmission autour de l'axe longitudinal,
- [0030] - le dispositif comprend en outre un actionneur auxiliaire relié au plateau de liaison et destiné à entraîner en rotation le plateau de liaison autour de l'axe longitudinal,
- [0031] - l'actionneur auxiliaire est relié au plateau de liaison par une liaison à cannelures ou une liaison à cardan ou une liaison à joint d'Oldham ou une liaison encastrement,

- [0032] -- l'actionneur hydraulique est un vérin solidaire en rotation de l'arbre d'entrainement, l'actionneur hydraulique comprenant un boîtier et une tige agencée à l'intérieur du boîtier, et une première et une seconde chambres reliées à la pompe définies dans le boîtier, la tige ou le boîtier étant mobile en translation et relié aux aubes,
- [0033] -- le boîtier ou la tige est solidaire en rotation de l'arbre d'entrainement.
- [0034] L'invention concerne également une turbomachine pour un aéronef comprenant un module selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes.

Brève description des figures

- [0035] 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 :
- [0036] la [Fig.1] est une représentation schématique en coupe axiale d'une demi-turbomachine d'aéronef ;
- [0037] la [Fig.2] est une représentation schématique en coupe axiale d'un module selon l'invention ;
- [0038] la [Fig.3a] est une représentation schématique fonctionnelle d'un module selon un exemple de réalisation de l'invention ;
- [0039] la [Fig.3b] est une représentation schématique fonctionnelle d'un module selon un autre exemple de réalisation de l'invention ;
- [0040] la [Fig.4a] est une représentation schématique du plateau de la pompe équipant le module, le plateau étant dans une première position ;
- [0041] la [Fig.4b] est représentation schématique du plateau de la pompe équipant le module, le plateau étant dans une seconde position ;
- [0042] la [Fig.5] est une représentation schématique d'un module selon un mode particulier de réalisation de l'invention ;
- [0043] la [Fig.6] est une représentation schématique d'un module selon un mode particulier de réalisation de l'invention.

Description détaillée de l'invention

- [0044] Un aéronef comprend un fuselage et au moins deux ailes s'étendant de part et d'autre du fuselage suivant l'axe du fuselage. Au moins une turbomachine 1 est montée sous chaque aile. La turbomachine 1 peut être un turboréacteur, par exemple une turbomachine équipée d'une soufflante carénée équipée d'aubes à calage variable, connue sous l'acronyme VPF pour « Variable Pitch Fan » en langue anglaise. Alternativement, la turbomachine 1 peut être un turbopropulseur, par exemple une turbomachine équipée d'une hélice non carénée (« open rotor », « USF » pour « Unducted Single Fan » ou « UDF » pour « Unducted Dual Fan »). Bien entendu l'invention s'applique à

d'autres types de turbomachine.

- [0045] Dans la présente invention, les termes « axial » et « axialement » sont définis par rapport à un axe longitudinal X de la turbomachine 1 ou d'un module 3 de la turbomachine 1. Les termes « amont », « aval », sont définis par rapport à la circulation des gaz dans la turbomachine 1 et ici suivant l'axe longitudinal X (et même de gauche à droite sur la [Fig.1]). De même, les termes « radial », « radialement », sont définis par rapport à un axe radial Z perpendiculaire à l'axe longitudinal X. Les termes « interne », « intérieur », « externe » et « extérieur » sont définis au regard de l'éloignement par rapport à l'axe longitudinal X le long de l'axe radial Z.
- [0046] La [Fig.1] illustre un exemple de la turbomachine 1. La turbomachine 1 comprend un générateur de gaz 2 et un module 3 selon l'invention.
- [0047] Le générateur de gaz 2 comprend d'amont en aval, un compresseur basse pression 4, un compresseur haute pression 5, une chambre de combustion 6, une turbine haute pression 7 et une turbine basse pression 8. Les rotors du compresseur basse pression 4 et de la turbine basse pression 8 sont reliés mécaniquement par un arbre basse pression 9 de manière à former un corps basse pression. Les rotors du compresseur haute pression 5 et de la turbine haute pression 7 sont reliés mécaniquement par un arbre haute pression 10 de manière à former un corps haute pression. L'arbre haute pression 10 s'étend radialement au moins en partie à l'extérieur de l'arbre basse pression 9. L'arbre basse pression 9 et l'arbre haute pression 10 sont coaxiaux. Le corps haute pression est guidé en rotation autour de l'axe longitudinal X par un premier palier 11 à roulements en amont et un deuxième palier 12 à roulements en aval. Le premier palier 11 est monté radialement entre un carter inter-compresseur 13 et une extrémité amont de l'arbre haute pression 10. Le carter inter compresseur 13 est agencé axialement entre les compresseurs basse et haute pression 4, 5. Le deuxième palier 12 est monté entre un carter inter-turbine 14 et une extrémité aval de l'arbre haute pression 10. Le carter inter-turbine 14 est agencé axialement entre les turbines basse et haute pression 8, 7. Le corps basse pression est guidé en rotation autour de l'axe longitudinal X via un troisième palier 15 à roulements et un quatrième palier 16 à roulements. Le quatrième palier 16 est par exemple un palier double. Le quatrième palier 16 est monté entre un carter d'échappement 17 et une extrémité aval de l'arbre basse pression 9. Le carter d'échappement 17 est situé en aval de la turbine basse pression 8. Le troisième palier 15 est monté entre un carter d'entrée 18 et une extrémité amont de l'arbre basse pression 9. Le carter d'entrée 18 est agencé en amont du compresseur basse pression 4. Plus particulièrement, le carter d'entrée 18 est agencé axialement entre le module 3 et le compresseur basse pression 4.
- [0048] Dans l'exemple de la [Fig.1], le module 3 est monté en amont du générateur de gaz 2. Avantageusement, selon cet exemple, un redresseur 20 est agencé en aval du module

3. Le redresseur 20 comprend par exemple des aubes 200 montées sur le carter d'entrée 18. De telles aubes 200 sont appelées OGV pour « Outlet Guide Vanes » en langue anglaise. Le redresseur 20 permet de redresser le flux en aval du module 3 pour optimiser le fonctionnement de la turbomachine 1.

- [0049] Selon un autre mode de réalisation non représenté, le module 3 est monté en aval du générateur de gaz 2.
- [0050] En outre, le module 3 selon l'invention comprend des aubes 30.
- [0051] Dans l'exemple de la [Fig.1], les aubes 30 sont entourées par un carter externe 19. Une nacelle (non représentée) est fixée au carter externe 19. Selon cet exemple, le module 3 est un module de soufflante.
- [0052] Selon un autre exemple non représenté, le module 3 est un module d'hélice. Les aubes 30 ne sont pas entourées par un carter externe et les aubes 30 sont, selon cet exemple, agencées autour de la nacelle.
- [0053] En référence à la [Fig.2], le module 3 selon l'invention comprend en outre un moyeu 43. Le moyeu 43 est annulaire et centré sur l'axe longitudinal X. Il comprend un espace interne 310. Le moyeu 43 est solidaire d'un cône centré sur l'axe longitudinal X. Le cône est agencé en amont du moyeu 43. Le cône forme un bec d'entrée d'air dans la turbomachine 1. Le moyeu 43 est par exemple relié au cône par un bras de fixation 43a s'étendant radialement par rapport à l'axe longitudinal X. Le bras de fixation 43a est relié au cône et au moyeu 43 par un ensemble de vis et d'écrous 43b par exemple. Le moyeu 43 comprend des logements internes répartis régulièrement autour de l'axe longitudinal X.
- [0054] Les aubes 30 sont portées par le moyeu 43 et régulièrement réparties sur le moyeu 43. Elles s'étendent radialement depuis le moyeu 43. Les aubes 30 sont entraînées en rotation autour de l'axe longitudinal X. Chaque aube 30 comprend un pied 41 et une pale 40 s'étendant radialement vers l'extérieur depuis le pied 41.
- [0055] Le pied 41 comprend par exemple un tenon monté dans un manchon. Le pied 41 est monté pivotant suivant un axe de calage C dans le logement interne du moyeu 43. Avantageusement, un pied 41 est monté par logement interne. Le manchon est centré sur l'axe de calage C et est logé dans le logement interne du moyeu 43.
- [0056] L'axe de calage C est parallèle à l'axe radial Z et s'étend donc radialement par rapport à l'axe longitudinal X. Le pied 41, via le manchon notamment, est monté pivotant dans le moyeu 43 grâce à deux paliers de guidage 44 montés dans chaque logement interne et de manière superposée suivant l'axe radial Z. Ces paliers 44 sont de préférence, mais non limitativement, des roulements à billes.
- [0057] Le moyeu 43 est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X. Pour entraîner le moyeu 43 en rotation autour de l'axe longitudinal X et partant, les aubes 30, le module 3 comprend un arbre d'entraînement 32. L'arbre d'entraînement 32 est agencé au

moins en partie dans l'espace interne 310. Il est centré sur l'axe longitudinal X. L'arbre d'entrainement 32 est guidé en rotation dans l'espace interne 310 par un premier palier de guidage 32a et un second palier de guidage 32b. Le premier palier de guidage 32a est par exemple un roulement à billes. Le second palier de guidage 32b est par exemple un roulement à rouleaux. Le premier palier de guidage 32a est agencé en aval du second palier de guidage 32b. Le premier palier de guidage 32a comprend des billes 320a agencées entre une bague externe 321a et une bague interne 322a. Le second palier de guidage 32b comprend des rouleaux 320b agencés par exemple entre la bague externe 321a et la bague interne 322a. La bague interne 322a est solidaire de l'arbre d'entrainement 32 et la bague externe 321a est portée par un support palier 34. Les premier et second palier de guidage 32a, 32b peuvent partager les mêmes bagues externes et internes ou être formées de bagues distinctes. Le support palier 34 est fixe. Il s'étend radialement entre une bride d'extrémité 34a reliée au carter d'entrée 18 et une semelle 34b qui coopère avec la bague externe 321a.

- [0058] L'arbre d'entrainement 32 comprend une extrémité amont sur laquelle est fixé un tourillon 53. Le tourillon 53 s'étend radialement vers l'extérieur. Le tourillon 53 est relié par exemple par une première bride 52 au moyeu 43 pour l'entrainer en rotation autour de l'axe longitudinal X.
- [0059] L'arbre d'entrainement 32 est entraîné en rotation par l'arbre basse pression 9 par exemple. Afin de réduire la vitesse de rotation de l'arbre d'entrainement 32 par rapport à l'arbre basse pression 9, le module 3 comprend avantageusement un réducteur de vitesse 33 mécanique reliant l'arbre basse pression 9 à l'arbre d'entrainement 32.
- [0060] En référence à la [Fig.1], le réducteur de vitesse 33 est agencé dans une enceinte de lubrification 35. L'enceinte de lubrification 35 est par exemple agencée axialement entre le troisième palier 15 et le second palier de guidage 32b, à l'intérieur du carter d'entrée 18.
- [0061] Le réducteur de vitesse 33 est par exemple un réducteur de vitesse 33 à train d'engrenage planétaire ou épicycloïdal. Le réducteur de vitesse 33 comprend un planétaire intérieur, également appelé solaire destiné à coopérer avec l'arbre basse pression 9, une couronne extérieure solidaire en rotation de l'arbre d'entrainement 32 ou relié à une structure fixe de la turbomachine 1 tel que le carter d'entrée 18 et un porte-satellites fixe en rotation, par exemple solidaire du carter d'entrée 18 ou solidaire en rotation de l'arbre d'entrainement 32. Le réducteur de vitesse 33 comprend en outre des satellites qui engrène avec le solaire et la couronne extérieure.
- [0062] Chaque aube 30 est mobile en rotation autour de l'axe de calage C. A cet effet, selon l'invention, le module 3 comprend un dispositif 45 de changement de calage des aubes 30 autour de leurs axes de calage C. Le dispositif 45 est avantageusement au moins en partie agencé dans l'espace interne 310 du moyeu 43. Ceci permet de faciliter la

maintenance du dispositif 45 car il est facilement accessible. Le dispositif 45 est agencé en amont du réducteur de vitesse 33. Le dispositif 45 comprend un actionneur hydraulique 46 mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X et configuré pour entraîner les aubes 30 autour de leurs axes de calage C. L'actionneur hydraulique 46 est par exemple un vérin hydraulique. Il est par exemple agencé dans l'espace interne 310. L'actionneur hydraulique 46 est solidaire en rotation de l'arbre d'entraînement 32. L'arbre d'entraînement 32 présente par exemple une virole 50 qui s'étend radialement vers l'intérieur à partir de l'arbre d'entraînement 32 et qui est relié à l'actionneur hydraulique 46.

- [0063] L'actionneur hydraulique 46 comprend un boîtier 48 et une tige 49. Le boîtier 48 est cylindrique, centré sur l'axe longitudinal X. Une telle configuration permet de limiter l'encombrement de l'actionneur hydraulique 46 dans le moyeu 43 tant axialement que radialement. Le boîtier 48 s'étend radialement autour de la tige 49.
- [0064] La tige 49 s'étend axialement entre une première extrémité 49a et une deuxième extrémité 49b.
- [0065] L'actionneur hydraulique 46 comprend en outre une première chambre 46a et une seconde chambre 46b. Les première et seconde chambres 46a, 46b sont définies à l'intérieur du boîtier 48 et sont délimitées axialement par une paroi annulaire 46c agencée dans le boîtier 48. La paroi annulaire 46c est par exemple solidaire de la deuxième extrémité 49b de la tige 49.
- [0066] Selon un premier exemple illustré sur la [Fig.3a], la tige 49 est mobile en translation dans le boîtier 48. La tige 49 se déplace en translation le long de l'axe longitudinal X dans le boîtier 48. Selon cet exemple, le boîtier 48 est solidaire de l'arbre d'entraînement 32. La virole 50 est reliée au boîtier 48.
- [0067] Selon un autre exemple illustré sur la [Fig.3b], le boîtier 48 est mobile en translation selon l'axe longitudinal X. Selon cet exemple, la tige 49 est solidaire en rotation de l'arbre d'entraînement 32. La virole 50 est reliée au à la tige 49.
- [0068] La tige 49 ou le boîtier 48 se déplace en translation sous l'effet de la pression d'un fluide circulant dans chaque chambre 46a, 46b.
- [0069] Le dispositif 45 comprend avantageusement un mécanisme de liaison 47 reliant les aubes 30 à l'actionneur hydraulique 46 et notamment à la tige 49 ou au boîtier 48 de l'actionneur hydraulique 46. Le mécanisme de liaison 47 permet de transformer le mouvement de translation de l'actionneur hydraulique 46 en un mouvement de rotation des aubes 30. Le mécanisme de liaison 47 comprend une pièce annulaire 47a, une biellette 47b et un excentrique 47c. La pièce annulaire 47a est fixée de manière amovible à la tige 49 telle qu'illustrée sur la [Fig.3a] et par exemple à la deuxième extrémité 49b ou au boîtier 48 telle qu'illustrée sur la [Fig.3b]. La pièce annulaire 47a est par ailleurs reliée de manière amovible à la biellette 47b. La biellette 47b coopère

avec l'excentrique 47c qui est solidaire de l'aube 30 et notamment relié au pied 41. La pièce annulaire 47a permet ainsi un démontage de l'actionneur hydraulique 46 lors d'opérations de maintenance par exemple sans intervenir sur les aubes 30 qui restent fixées aux biellettes 47b par l'intermédiaire de l'excentrique 47c.

- [0070] Afin d'entrainer en translation la tige 49 ou le boitier 48 pour entraîner les aubes 30 autour de leurs axes de calage C via le mécanisme de liaison 47, le dispositif 45 selon l'invention comprend en outre une pompe 54 d'alimentation en fluide de l'actionneur hydraulique 46. La pompe 54 est par exemple agencée en amont du réducteur 33. La pompe 54 est agencée à l'intérieur de l'arbre d'entraînement 32.
- [0071] La pompe 54 est une pompe hydraulique réversible à cylindrée variable et à pistons axiaux.
- [0072] La pompe 54 est reliée aux première et seconde chambres 46a, 46b de l'actionneur hydraulique 46.
- [0073] En référence aux figures 3a et 3b, la pompe 54 comprend un axe de transmission 54a autour duquel est monté un plateau principal 54e. L'axe de transmission 54a est centré sur l'axe longitudinal X et est entraîné en rotation par l'arbre d'entraînement 32 par l'intermédiaire par exemple d'une boîte d'accessoires (AGB pour « Accessory GearBox » en langue anglaise).
- [0074] Avantageusement, la pompe 54 comprend en outre une enveloppe 54b montée autour du plateau principal 54e. L'enveloppe 54b est par exemple annulaire et centré sur l'axe longitudinal X. L'enveloppe 54b est fixe en rotation par rapport à l'axe longitudinal X. Elle est reliée à une partie fixe du module 3 ou de la turbomachine 1 tel que le carter d'entrée 18.
- [0075] Selon l'invention, la pompe 54 comprend des pistons axiaux 54c configurés pour transférer le fluide à l'actionneur hydraulique 46. Les pistons axiaux 54c sont cylindriques ou sensiblement cylindriques et présentent un axe de révolution parallèle à l'axe longitudinal X. La pompe 54 comprend au moins deux pistons axiaux 54c qui sont avantageusement régulièrement répartis autour de l'axe longitudinal X. Les pistons axiaux 54c sont solidaires en rotation de l'axe de transmission 54a.
- [0076] Selon l'invention, les pistons axiaux 54c sont mobiles en translation selon une direction D parallèle à l'axe longitudinal X. Avantageusement, les pistons axiaux 54c sont mobiles en translation dans deux sens opposés selon la direction D, et par exemple d'amont en aval et d'aval en amont. Plus particulièrement, chaque piston axial 54c est mobile en translation dans une chambre de réception 54d du fluide ménagée par exemple dans un bâillet 54f opposé au plateau principal 54e. Il y a autant de chambre de réception 54d que de piston axial 54c. Selon un autre exemple non représenté, chaque chambre de réception 54d est ménagé dans un bâillet distinct, c'est-à-dire qu'il y autant de bâillet que de chambre de réception 54d. Chaque chambre de réception

54d est solidaire en rotation de l'axe de transmission 54a. Elles sont par exemple solidaires en rotation de l'actionneur hydraulique 46, en particulier du boitier 48.

- [0077] Le plateau principal 54e est annulaire et centré sur l'axe longitudinal X. Il s'étend en particulier dans un plan radial par rapport à l'axe longitudinal X et donc par rapport à l'axe de transmission 54a. Le plateau principal 54e est fixe en rotation autour de l'axe longitudinal X. Il n'est donc pas entraîné en rotation par l'axe de transmission 54a.
- [0078] Selon l'invention, le plateau principal 54e est inclinable par rapport à l'axe longitudinal X. Le plateau principal 54e est donc monté mobile en rotation autour d'un axe de rotation Y qui est perpendiculaire à l'axe longitudinal X et l'axe radial Z. Le plateau principal 54e est par exemple relié à l'axe de transmission 54a par une liaison pivot Y' présentant un axe parallèle à l'axe de rotation Y.
- [0079] Avantageusement, le plateau principal 54e est inclinable selon un angle d'inclinaison α compris entre -45° et 45° étant entendu que l'angle α de 0° correspond à une position du plateau principal 54e dans laquelle il est perpendiculaire à l'axe longitudinal X.
- [0080] Avantageusement, le dispositif 45 comprend en outre un actionneur 55 relié au plateau principal 54e. L'actionneur 55 est configuré pour incliner le plateau principal 54e par rapport à l'axe longitudinal X. L'actionneur 55 est par exemple de type électrique tel qu'un vérin électrique ou hydraulique tel qu'un vérin hydraulique. L'actionneur 55 est solidaire du plateau principal 54e et est donc fixe en rotation autour de l'axe longitudinal X. Il est par exemple relié au plateau principal 54e par une liaison rotule. Une telle configuration permet de faciliter l'inclinaison du plateau principal 54e par l'actionneur 55 sans complexifier la configuration du module 3. L'actionneur 55 peut par ailleurs être relié à un carter du module 3 ou de la turbomachine 1 par une liaison rotule également.
- [0081] Selon l'invention, la pompe 54 comprend un plateau de liaison 54g relié aux pistons axiaux 54c et agencé entre le plateau principal 54e et les pistons axiaux 54c. Le plateau de liaison 54g est monté autour de l'axe de transmission 54a. Le plateau de liaison 54g et le plateau principal 54e sont coaxiaux. Avantageusement, le plateau principal 54e présente un diamètre externe supérieur au diamètre externe du plateau de liaison 54g. Le plateau principal 54e coopère avec le plateau de liaison 54g. Avantageusement, le plateau de liaison 54g est solidaire en rotation du plateau principal 54e autour de l'axe de rotation Y. Le plateau de liaison 54g est ainsi inclinable de manière corrélée avec le plateau principal 54e. Le plateau de liaison 54g est préférentiellement inclinable selon un angle identique à l'angle d'inclinaison α du plateau principal 54e. Le plateau de liaison 54g est par exemple en appui plan sur le plateau principal 54e. Préférentiellement, le plateau de liaison 54g est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X. Il est solidaire en rotation de l'axe de transmission 54a.

- [0082] Les pistons axiaux 54c sont reliés au plateau de liaison 54g par une liaison rotule 54h.
- [0083] Les pistons axiaux 54c étant reliés au plateau de liaison 54g, l'inclinaison du plateau principal 54e entraîne l'inclinaison du plateau de liaison 54g et un déplacement des pistons axiaux 54c selon la direction D. La course des pistons axiaux 54c dans les chambres de réception 54d est alors variable selon l'inclinaison du plateau principal 54e. Ceci permet de réguler le débit de la pompe 54. Avantageusement, comme illustré sur la [Fig.4a], lorsque l'angle d'inclinaison α du plateau principal 54e est compris entre 0° et 45° , la pompe 54 est en mode refoulement tandis que lorsque l'angle d'inclinaison α du plateau principal 54e est compris entre -45° et 0° comme illustré sur la [Fig.4b], la pompe 54 est en mode admission.
- [0084] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention illustré sur la [Fig.5], le dispositif 45 comprend en outre un actionneur auxiliaire 56 relié au plateau de liaison 54g avantageusement par l'intermédiaire d'une liaison à cannelures telles que des cannelures courtes à dents bombées ou une liaison à cardan ou une liaison à joint d'Oldham ou une liaison encastrement. L'actionneur auxiliaire 56 est destiné à entraîner en rotation le plateau de liaison 54g. L'actionneur auxiliaire 56 est par exemple un moteur électrique comprenant un rotor relié au plateau de liaison 54g et un stator agencé autour du rotor de manière coaxiale. Le rotor est par exemple centré sur l'axe longitudinal X et le stator est relié à une structure fixe de la turbomachine 1 ou du module 3.
- [0085] Un tel actionneur auxiliaire 56 permet l'entraînement en rotation du plateau de liaison 54g autour de l'axe longitudinal X lorsque l'arbre d'entraînement 32 n'est pas actif. Typiquement, lors des phases de maintenance de la turbomachine 1, l'arbre d'entraînement 32 est fixe en rotation et n'entraîne donc pas en rotation autour de l'axe longitudinal X le plateau de liaison 54g via l'axe d'entraînement 54a de la pompe 54. Lors de ces phases, l'entraînement en rotation du plateau de liaison 54g est assuré par l'actionneur auxiliaire 56. L'actionneur auxiliaire 56 est par exemple accouplé à la pompe 54 par l'intermédiaire d'engrenages accouplés par des crabots permettant à l'actionneur auxiliaire 56 d'entraîner le plateau de liaison 54g uniquement lorsque l'arbre d'entraînement 32 n'est pas entraîné en rotation.
- [0086] La liaison à cannelures, à cardan, à joint d'Oldham ou encore à encastrement sont des liaisons préférées puisqu'elles sont compatibles avec l'angle d'inclinaison du plateau de liaison 54g.
- [0087] En référence à la [Fig.6], avantageusement, afin de piloter et réguler le régime de l'actionneur 55 et éventuellement de l'actionneur auxiliaire 56, le module 3 comprend en outre un boîtier de commande 57 et un circuit électronique de commande 58. Le boîtier de commande 57 est alimenté en énergie électrique par une source d'énergie électrique 59 située dans la turbomachine 1 par exemple. Le circuit électronique de

commande 58 est par exemple situé dans la turbomachine 1. Le circuit électronique de commande 58 est par exemple un calculateur numérique tel qu'un FADEC pour « Full Authority Digital Electronic Computer » en langue anglaise.

- [0088] Le module 3 comprend avantageusement un capteur 60. Le capteur 60 permet de mesurer une information I1 qui est transmise au circuit électronique de commande 58. L'information I1 est par exemple la position du boîtier 48 ou de la tige 49 de l'actionneur hydraulique 46. Le capteur 60 est par exemple un capteur linéaire de type LVDT pour « Linear Variable Differential Transformer » en langue anglaise. Le capteur 60 est configuré pour mesurer la position de la tige 49 ou du boîtier 48 de l'actionneur hydraulique 46. Il est par exemple agencé dans l'actionneur hydraulique 46. Selon un autre exemple non représenté, le capteur 60 est un capteur de position. Il permet de mesurer la position des aubes 30.
- [0089] Le capteur 60 fournit l'information I1 au circuit électronique de commande 58. Le circuit électronique de commande 58 va alors fournir un ordre au boîtier de commande 57 qui va déterminer la position de l'actionneur 55 et si nécessaire commander la rotation de l'actionneur auxiliaire 56 afin de réguler le débit de la pompe 54 via l'inclinaison du plateau auxiliaire 54g et modifier la position de la tige 49 ou du boîtier 48 de l'actionneur hydraulique 46 selon le calage des aubes 30 souhaité.
- [0090] Le circuit électronique de commande 58 reçoit également ou alternativement un signal S1 sur les conditions de vol de l'aéronef et/ou l'état de la turbomachine 1. Le signal S1 est également ou alternativement pris en compte pour fournir l'ordre O1 au boîtier de commande 57.
- [0091] La pompe 54 est fluidiquement raccordée à un circuit hydraulique C. Le circuit hydraulique d'alimentation C comprend par exemple un premier circuit C1 reliant au moins une des chambres de réception 54d de la pompe 54 à la première chambre 46a de l'actionneur hydraulique 46 et un second circuit C2 reliant la seconde chambre 46b de l'actionneur hydraulique 46 à au moins une des chambres de réception 54d de la pompe 54.
- [0092] Le circuit hydraulique d'alimentation C est un circuit fermé. Il est indépendant d'un circuit hydraulique de lubrification de la turbomachine 1 destiné par exemple à lubrifier le réducteur 33. Le fluide du circuit hydraulique d'alimentation C alimentant l'actionneur hydraulique 46 est par exemple un liquide hydraulique. Le liquide est par exemple de l'huile sous pression ou un ester phosphaté tel que le Skydrol. Le fluide est ainsi un fluide circulant en circuit fermé dans le circuit hydraulique d'alimentation C et est indépendant du circuit de lubrification de la turbomachine 1. Le fluide peut donc être différent de l'huile utilisée dans le circuit de lubrification de la turbomachine 1. Le fluide peut ainsi présenter un point de figeage plus bas ou encore des caractéristiques de viscosité plus adaptées aux conditions de la turbomachine 1, notamment lorsque les

températures d'opération de la turbomachine 1 sont basses. Par exemple, le fluide du circuit hydraulique d'alimentation C présente un point de figeage compris entre -70°C et -50°C, notamment compris entre -65°C et -60°C. Aussi, la pression du fluide dans le circuit hydraulique d'alimentation C est avantageusement supérieure à 100 bars, préférentiellement supérieure à 200 bars et encore plus préférentiellement comprise entre 250 bars et 350 bars. Le circuit hydraulique d'alimentation C étant fermé, il est non aéré et il est par conséquent possible de mettre en œuvre des pressions dans le circuit hydraulique élevées. Ceci permet de diminuer l'encombrement de l'actionneur hydraulique 46.

- [0093] En référence à la [Fig.6], avantageusement, le circuit hydraulique C comprend par exemple un accumulateur hydraulique 61 qui permet de compenser les variations de volume du fluide dues à sa compressibilité et sa dilatation. L'accumulateur hydraulique 61 est en communication fluidique avec la pompe 54. L'accumulateur hydraulique 61 peut être intégré à la pompe 54. L'accumulateur hydraulique 61 est solidaire en rotation de l'actionneur hydraulique 46 et est ainsi mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X.
- [0094] Les pistons axiaux 54c et l'accumulateur hydraulique 61 étant mobiles en rotation par rapport à l'axe longitudinal X, il est possible selon l'invention de s'affranchir d'un dispositif de transfert hydraulique tournant.
- [0095] Grâce à l'invention, l'inclinaison du plateau principal 54e entraîne en translation les pistons axiaux 54c. Ceci permet de faire varier la course des pistons axiaux 54c et donc le débit de la pompe 54. Le volume dans les première et deuxième chambres 46a, 46b de l'actionneur hydraulique 46 varie ce qui entraîne en translation la tige 49 ou le boîtier 48 de l'actionneur hydraulique 46 ayant pour conséquence l'entrainement en rotation des aubes 30 autour de leurs axes de calage C.
- [0096] Grâce à l'invention, on s'affranchit donc d'organes supplémentaires tels qu'un transformateur électrique tournant associé à un moteur électrique permettant de faire varier le débit de la pompe 54 ou d'un transfert d'huile tournant permettant le transfert d'huile entre la pompe 54 et l'actionneur hydraulique 46 réduisant également les fuites d'huile et la nécessité d'ajouter des pompes de récupération. En outre, la consommation électrique est faible puisqu'il n'y a pas de moteur électrique opérationnel lors des phases de vol de l'aéronef, l'entrainement de la pompe 54 étant assurée par l'arbre d'entrainement 32.
- [0097] Aussi, la pompe 54 étant avantageusement réversible, on s'affranchit d'une vanne d'inversion de débit et de circuit piloté durant les phases de vol de l'aéronef.

Revendications

[Revendication 1]

Module (3) pour une turbomachine (1) d'aéronef, le module (3) comportant un axe longitudinal (X) et comprenant :

- un moyeu (43) centré sur l'axe longitudinal (X) et destiné à être mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X),
- des aubes (30) portées par le moyeu (43), chacune des aubes (30) étant mobile autour d'un axe de calage (C) s'étendant radialement par rapport à l'axe longitudinal (X),
- un dispositif (45) de changement de calage des aubes (30) autour de leurs axes de calage (C), le dispositif (45) comprenant :
un actionneur hydraulique (46) destiné à être mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X) et configuré pour entraîner les aubes (30) autour de leurs axes de calage (C), et
une pompe (54) d'alimentation en fluide de l'actionneur hydraulique (46) comprenant :
des pistons axiaux (54c) destinés à être mobiles en rotation autour de l'axe longitudinal (X) et configurés pour transférer le fluide à l'actionneur hydraulique (46),
un plateau de liaison (54g) relié aux pistons axiaux (54c) et coopérant avec un plateau principal (54e) annulaire centré sur l'axe longitudinal (X), le plateau principal (54e) étant destiné à être fixe en rotation autour de l'axe longitudinal (X) et inclinable par rapport à l'axe longitudinal (X), le plateau de liaison (54g) étant agencé entre le plateau principal (54e) et les pistons axiaux (54c),
les pistons axiaux (54c) étant mobiles en translation selon une direction (D) parallèle à l'axe longitudinal (X), l'inclinaison du plateau principal (54e) entraînant un déplacement des pistons axiaux (54c) selon la direction (D),
le dispositif (45) comprenant en outre un actionneur auxiliaire (56) relié au plateau de liaison (54g) et destiné à entraîner en rotation le plateau de liaison (54g) autour de l'axe longitudinal (X).

[Revendication 2]

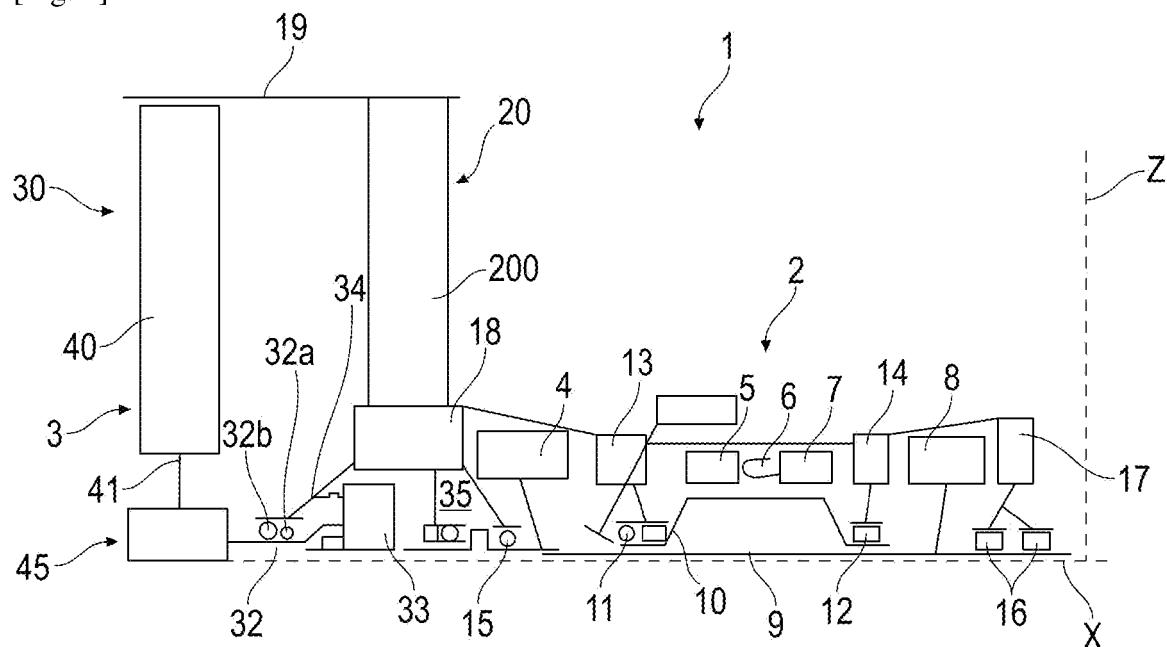
Module selon la revendication précédente, dans lequel la pompe (54) comprend une enveloppe (54b) montée autour du plateau principal (54e) et du plateau de liaison (54g) et destinée à être fixe en rotation autour de l'axe longitudinal (X).

[Revendication 3]

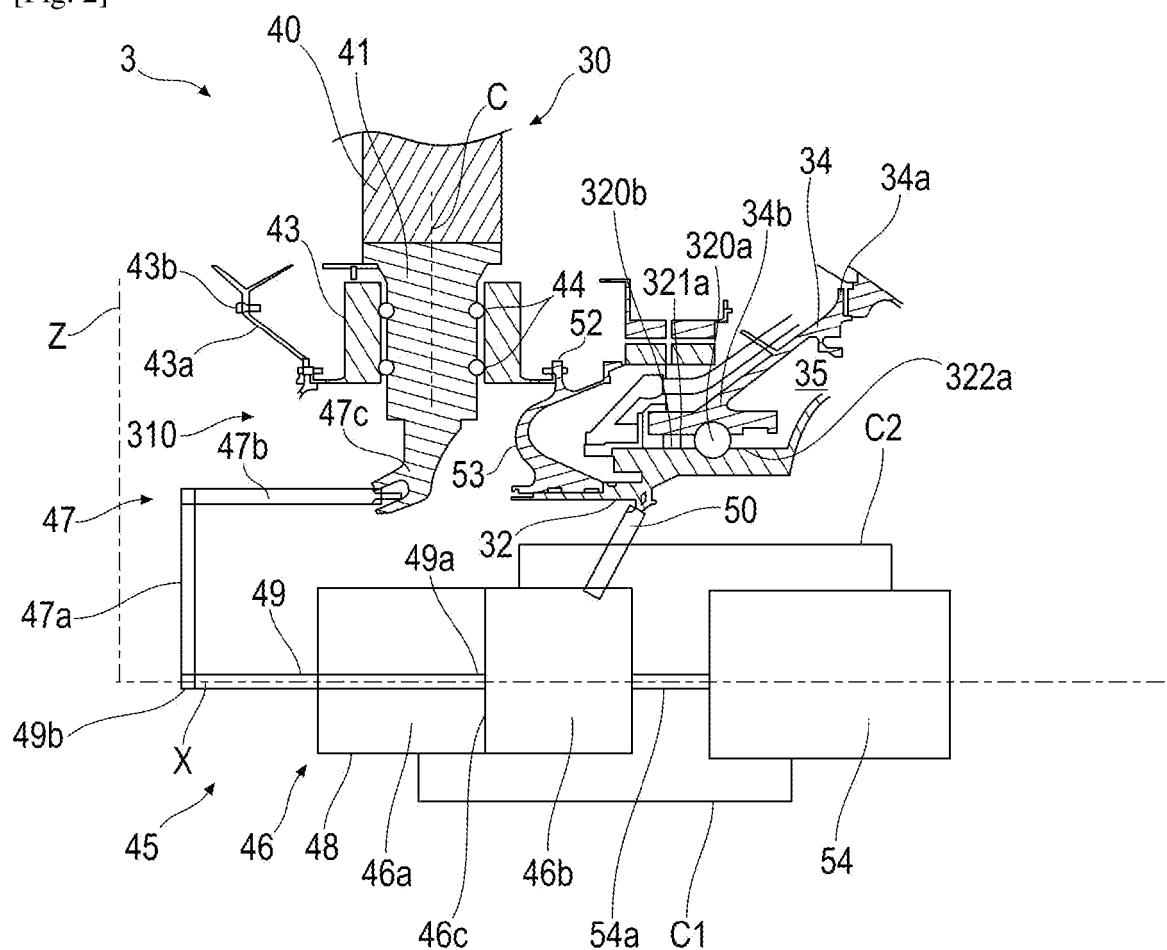
Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le plateau principal (54e) est inclinable selon un angle

- d'inclinaison α compris entre -45° et 45° , un angle α de 0° correspondant à une position du plateau principal (54e) dans lequel il est perpendiculaire à l'axe longitudinal (X).
- [Revendication 4] Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (45) comprend en outre un actionneur (55) relié au plateau principal (54e) et configuré pour incliner le plateau principal (54e) par rapport à l'axe longitudinal (X).
- [Revendication 5] Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le plateau de liaison (54g) est destiné à être mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X) et est en appui plan sur le plateau principal (54e).
- [Revendication 6] Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les pistons axiaux (54c) sont reliés au plateau de liaison (54g) par une liaison rotule (54h).
- [Revendication 7] Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la pompe (54) comprend un axe de transmission (54a) centré sur l'axe longitudinal (X), solidaire en rotation du plateau de liaison (54g), et autour duquel est monté le plateau principal (54e).
- [Revendication 8] Module selon la revendication précédente, comprenant en outre un arbre d'entrainement (32) solidaire en rotation du moyeu (43) et configuré pour entraîner en rotation l'axe de transmission (54a) autour de l'axe longitudinal (X).
- [Revendication 9] Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'actionneur auxiliaire (56) est relié au plateau de liaison (54g) par une liaison à cannelures ou une liaison à cardan ou une liaison à joint d'Oldham ou une liaison encastrement.
- [Revendication 10] Turbomachine (1) pour un aéronef comprenant un module (3) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

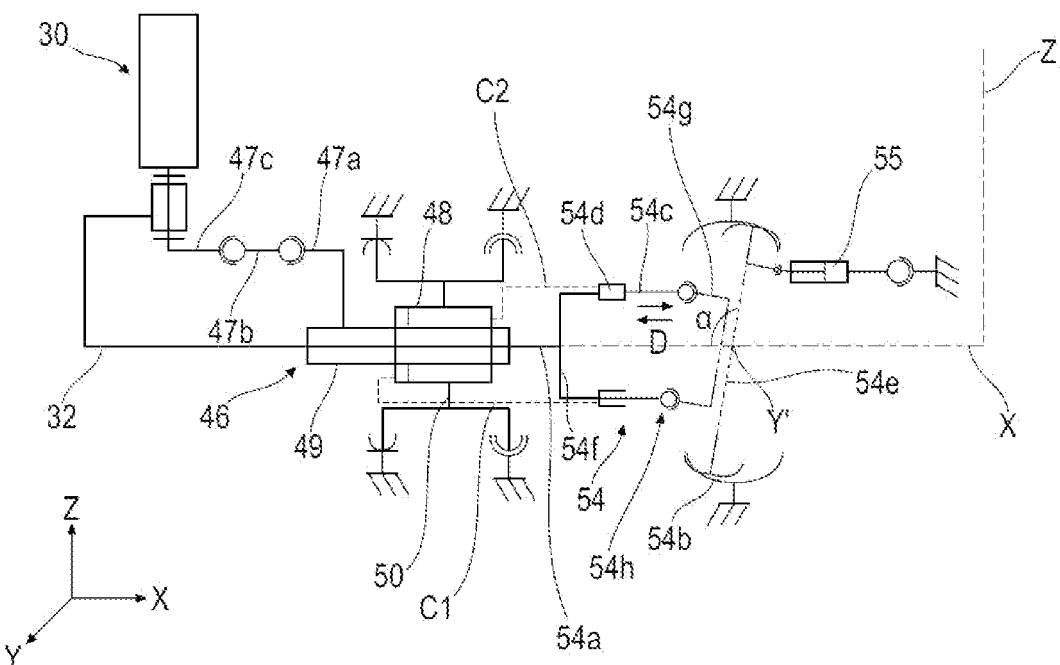
[Fig. 1]



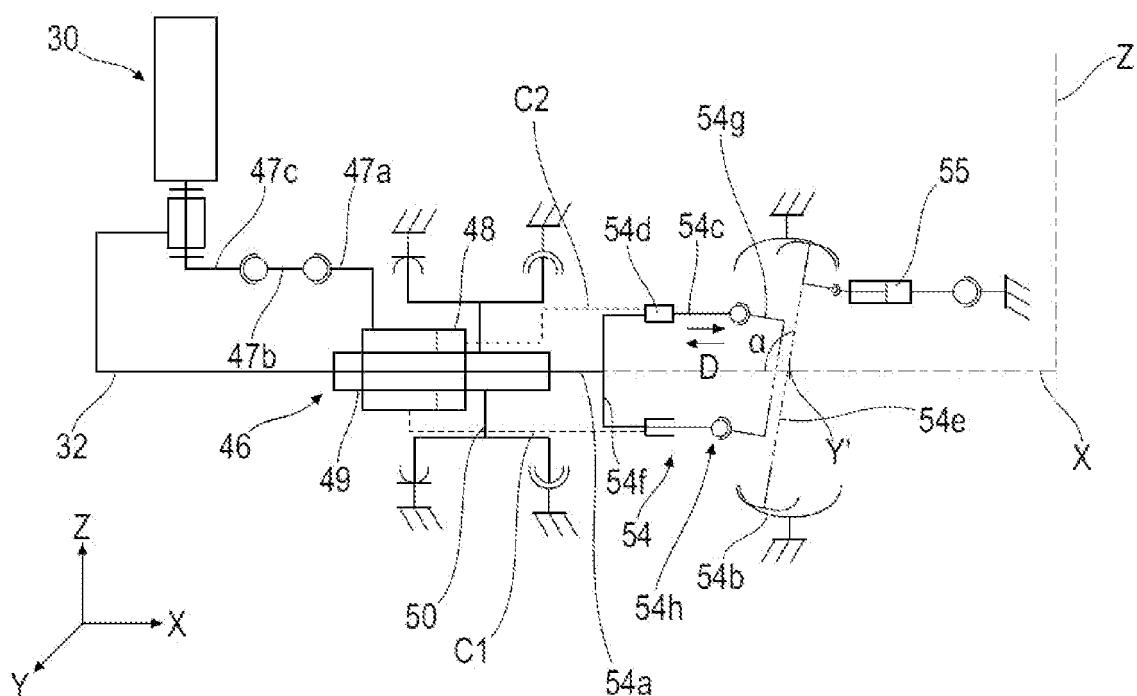
[Fig. 2]



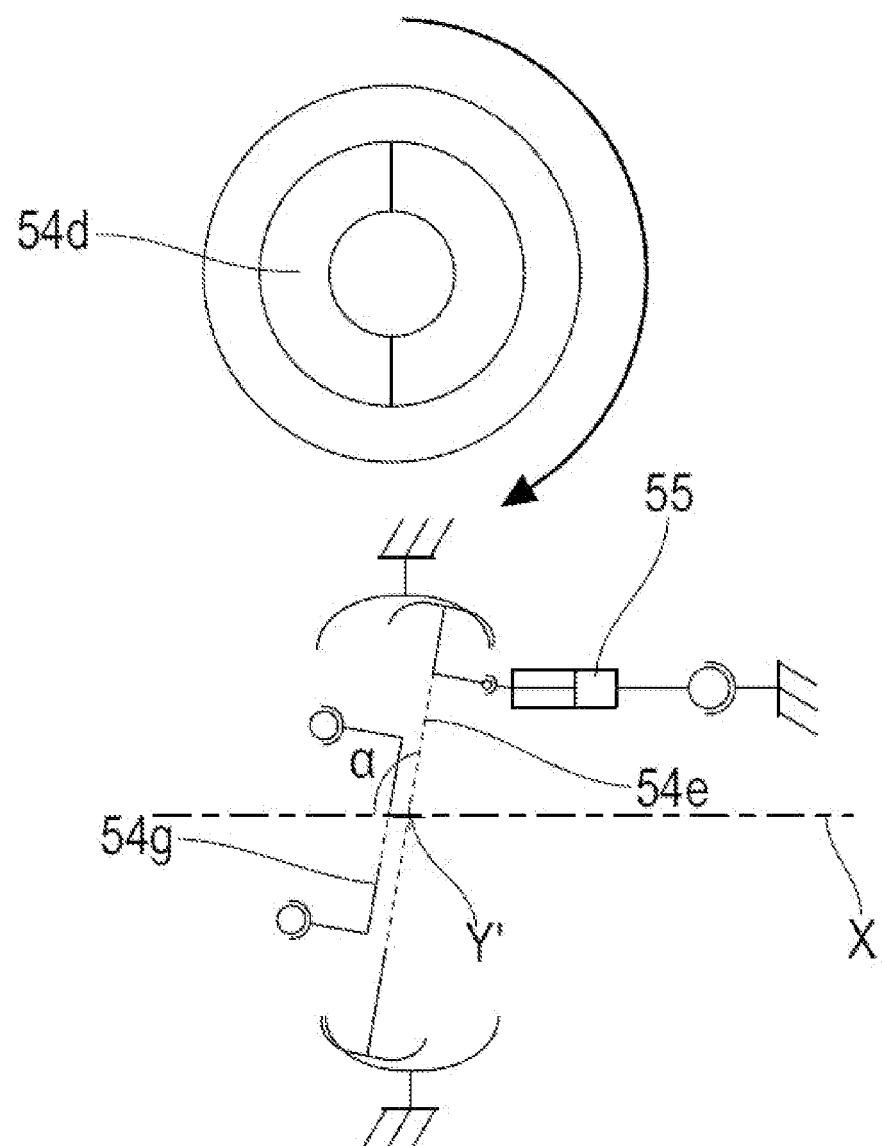
[Fig. 3a]



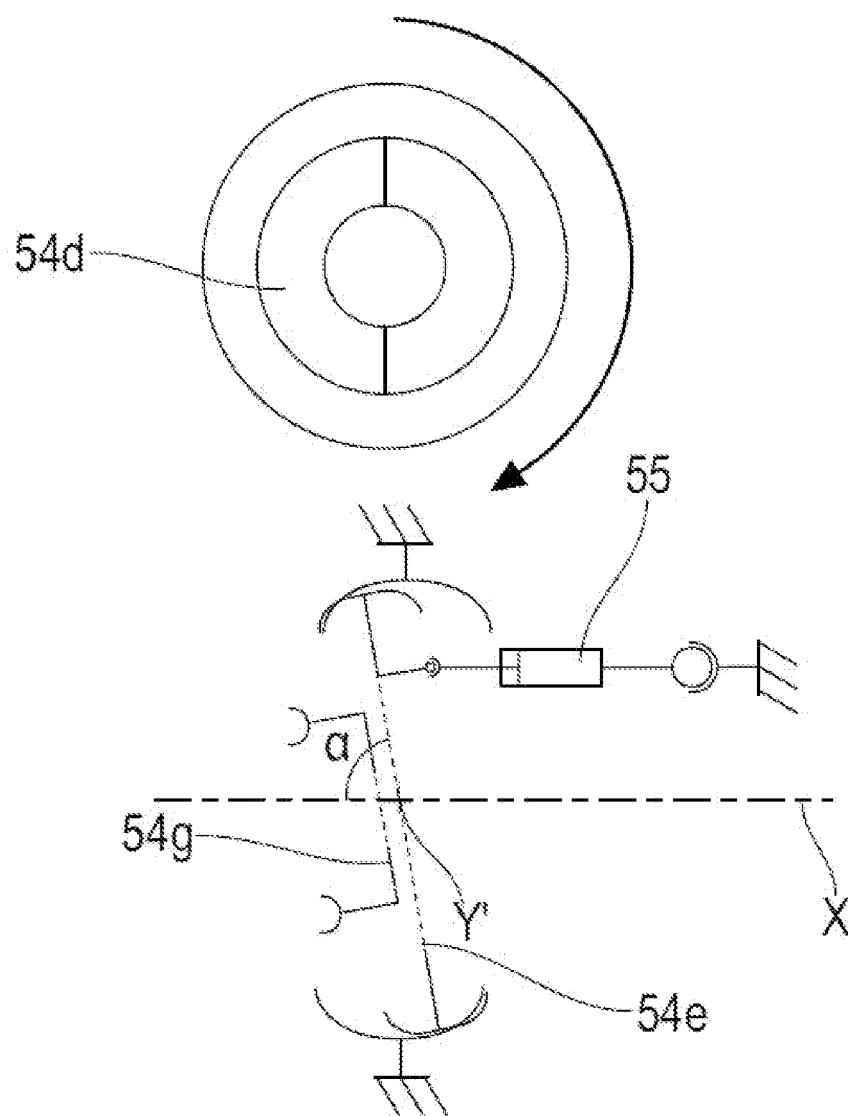
[Fig. 3b]



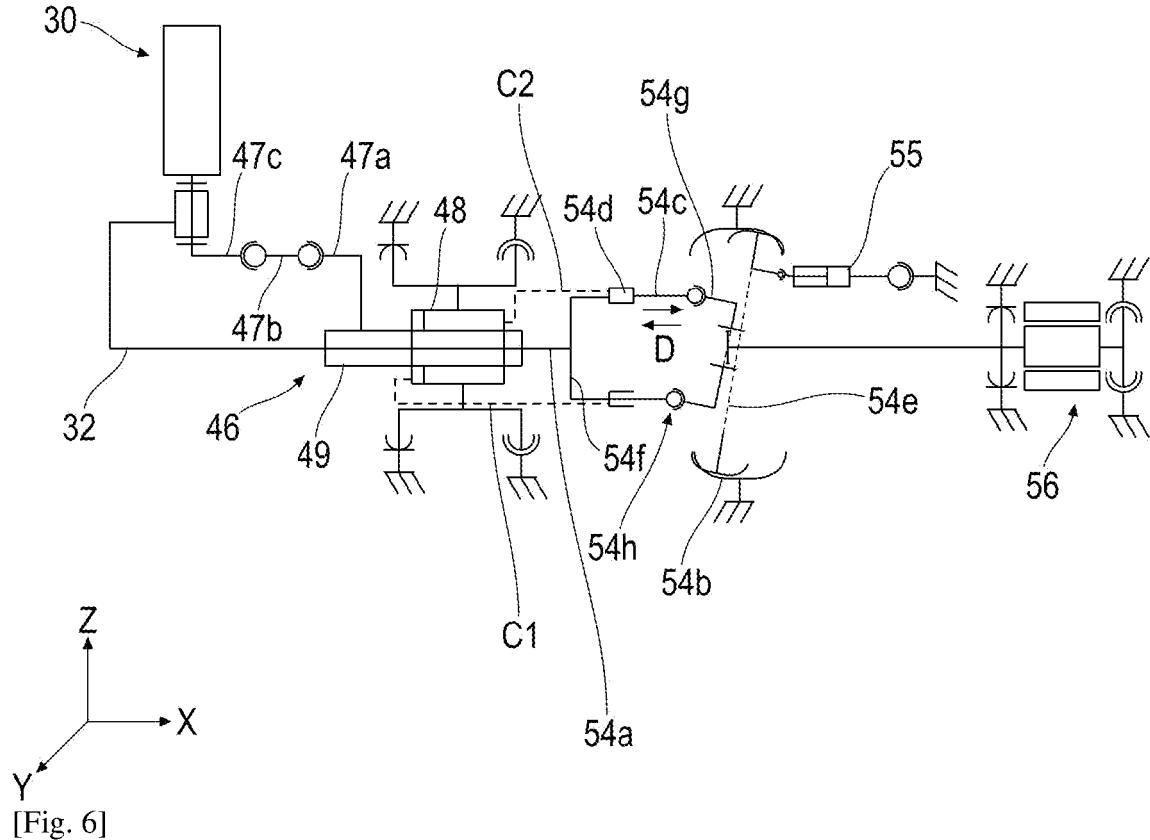
[Fig. 4a]



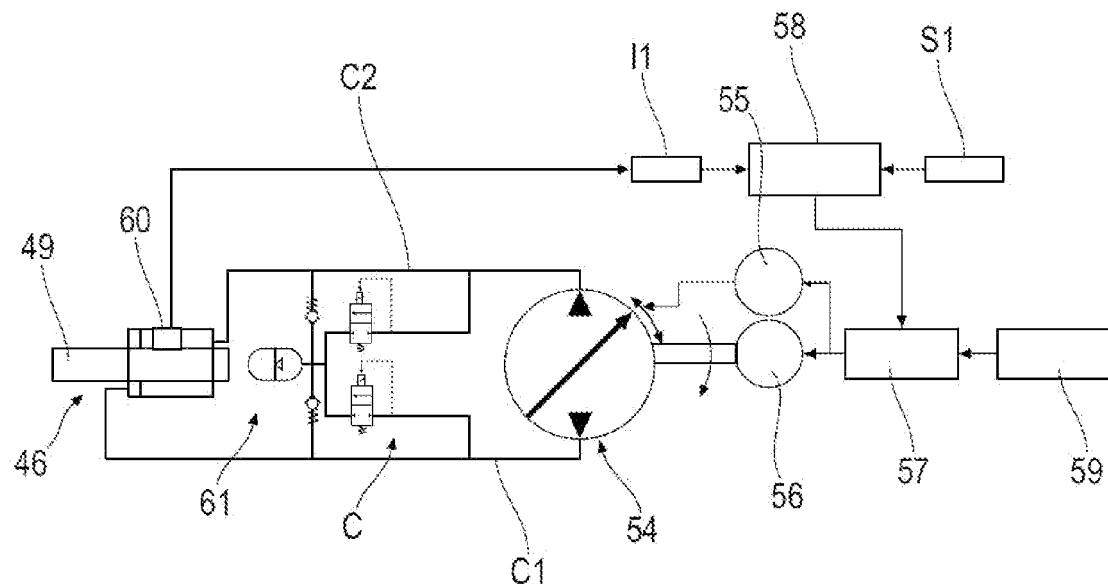
[Fig. 4b]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) 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

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

□ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] 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.

[x] 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**

FR 969 611 A (HERMANN OESTRICH)
22 décembre 1950 (1950-12-22)

CH 514 790 A (ROSTOCK DIESELMOTOREN [DE])
31 octobre 1971 (1971-10-31)

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

NEANT

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

NEANT