

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 22.11.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 24.05.24 Bulletin 24/21.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

72 Inventeur(s) : HOOLODOR, Emmanuel David
Urbain.

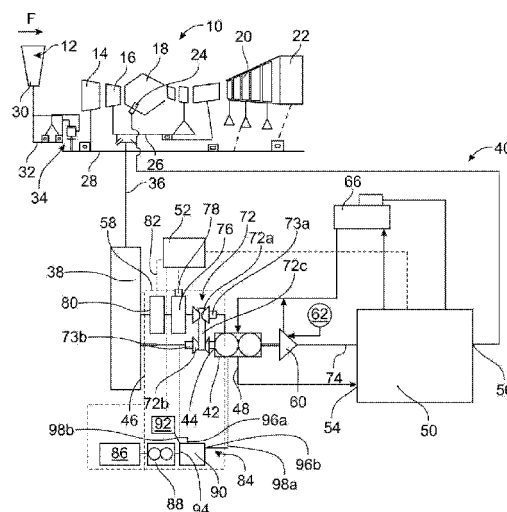
73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 TURBOMACHINE D'AERONEF COMPORTANT UN CIRCUIT DE CARBURANT OPTIMISE.

57 L'invention concerne une turbomachine un système
(40) d'alimentation en carburant comportant au moins une
pompe (42) à carburant comportant un arbre d'entrée (44)
entraîné par un arbre (46) dédié de la turbomachine (10), et
comportant au moins un mécanisme de variation de vitesse
ayant un rapport de multiplication/réduction variable, afin de
faire varier la vitesse de rotation d'un arbre d'entrée (44) de
ladite pompe à carburant (42), caractérisée en que ledit au
moins un mécanisme de variation de vitesse comporte au
moins une transmission à variation continue (72).

Figure pour l'abrégé : Figure 4.



Description

Titre de l'invention : TURBOMACHINE D'AERONEF COMPORTANT UN CIRCUIT DE CARBURANT OPTIMISE

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne une turbomachine d'aéronef comportant un système d'alimentation en carburant optimisé. Elle concerne plus particulièrement la régulation du débit de carburant dans ce système.

Arrière-plan technique

- [0002] Une turbomachine équipant un aéronef est équipée d'une chambre de combustion annulaire comportant au moins un injecteur et un système d'alimentation en carburant qui délivre le carburant à cet injecteur.
- [0003] Le débit de l'alimentation en carburant doit être régulé en fonction des besoins en carburant selon les conditions et selon les différentes phase de vol, en fonction de consignes émises par une unité de contrôle moteur.
- [0004] De manière connue un système d'alimentation en carburant comprend généralement au moins un réservoir de carburant alimentant une pompe à carburant haute pression de type volumétrique qui envoie le carburant vers un bloc hydromécanique avant l'injection vers l'injecteur de la chambre de combustion.
- [0005] La pompe comporte un arbre d'entrée, entraîné par un arbre dédié de la turbomachine, qui est généralement un arbre de sortie d'un boîtier d'accessoires qui est lui-même entraîné par un arbre moteur de la turbomachine, et au moins une sortie de carburant.
- [0006] Le bloc hydromécanique, appelé plus communément BHMPR (acronyme de Bloc Hydro Mécanique Principal) ou FMU (acronyme anglo-saxon de «Fuel Metering Unit») comporte une entrée de carburant reliée à une sortie de carburant de la pompe, au moins une sortie de carburant reliée audit au moins un injecteur, et au moins un élément mobile qui est configuré pour interrompre ou autoriser une liaison fluidique entre l'entrée et la sortie dudit bloc hydromécanique.
- [0007] Conventionnellement, il regroupe plusieurs fonctions.
- [0008] Il assure le dosage du carburant selon une consigne de débit émise par l'unité de contrôle moteur de l'aéronef en fonction de la phase de vol. Il permet aussi la coupure de carburant suite à une commande pilote transitant par l'unité de contrôle moteur, et la coupure et/ou la régulation du débit carburant dans les cas de détection de sur-vitesses détectées par des capteurs de régime de corps haute ou basse pression de la turbomachine. Enfin, il maintient un niveau de pression minimal dans le circuit carburant et permet la commande de géométries variables, comme par exemple

l'élément mobile, actionnées avec la puissance hydraulique disponible dans le circuit de carburant.

- [0009] L'ensemble est agencé pour assurer, en sortie de l'injecteur, un débit de carburant adapté aux besoins de la chambre de combustion.
- [0010] La pompe à carburant présente généralement une caractéristique linéaire entre le débit de carburant à sa sortie et la vitesse d'entraînement de son arbre d'entrée, vitesse qui dépend en particulier de sa cylindrée. La pompe doit être dimensionnée pour que sa cylindrée permette de délivrer les débits requis pour toutes les vitesses de l'arbre de sortie d'un boîtier d'accessoires, et donc pour tous les régimes de fonctionnement de la turbomachine, aussi bien à bas régime qu'à haut régime.
- [0011] Or, le besoin en carburant à l'injecteur varie de façon non linéaire en fonction du régime de la turbomachine. La vitesse de rotation de l'arbre moteur de la turbomachine varie entre une valeur minimale, pour le démarrage de la turbomachine, et une valeur maximale pour le décollage. Entre ces deux vitesses, la vitesse de rotation de l'arbre moteur correspond à un vol de croisière.
- [0012] La cylindrée de la pompe est prévue pour assurer un débit suffisant lors de toutes les conditions de vol. Or, dans certaines phases de vol, comme par exemple, lors du démarrage ou en vol de croisière, le débit en sortie de pompe peut être supérieur au besoin en débit carburant.
- [0013] Pour remédier à cela, selon un premier état de la technique, on a proposé que le bloc hydromécanique assure sélectivement une fonction de bypass en sortie de la pompe en déviant sélectivement une partie du carburant et en le renvoyant vers la pompe, par une boucle de recirculation.
- [0014] L'alimentation éventuelles de géométries variables de la turbomachine par le BHMPR crée en outre des variations de besoin en carburant dans le circuit qui doivent être prises en compte dans le dimensionnement de la pompe et dans les caractéristiques de la boucle de recirculation. Cette conception n'est pas satisfaisante car dans cette configuration, le surplus de débit injecté par la pompe induit un surplus de prélèvement de puissance sur l'arbre de sortie du boîtier d'accessoires par rapport aux besoins, ce qui est préjudiciable au rendement de la turbomachine. De plus, ce surplus de puissance mécanique se transforme en puissance thermique dissipée dans la boucle de recirculation qui doit alors être évacuée, par des échangeurs thermiques, qui ont ainsi un impact négatif sur la taille et la masse du système d'alimentation en carburant.
- [0015] Pour remédier à cela, on a proposé de modifier le principe de régulation du débit de carburant en sortie de la pompe à carburant en modulant la vitesse de son arbre d'entrée. Pour cela on a proposé dans le document FR-3.062.425-A1 d'interposer un mécanisme de variation de vitesse constitué d'un réducteur épicycloïdal entre l'arbre de sortie du boîtier d'accessoires et l'arbre d'entrée de la pompe. Ce réducteur

comporte au moins un planétaire, un porte satellites, et une couronne, un premier et un deuxième de ces éléments étant respectivement liés en rotation à l'arbre de sortie du boîtier d'accessoires et à l'arbre d'entrée de la pompe et le troisième de ces éléments est lié en rotation à une machine électrique qui est commandée par le BHMPR pour sélectivement modifier un rapport de multiplication/réduction de vitesse entre l'arbre de sortie du boîtier d'accessoires et l'arbre d'entrée de la pompe à carburant.

[0016] Or, on a constaté que l'utilisation d'une machine électrique posait un problème majeur quant à la gestion thermique de celle-ci. En effet, certains éléments des machines électriques, notamment des machines asynchrones et synchrones à aimants permanents, comme les bobines et les aimants ont des propriétés physiques qui limitent leur utilisation dans les gammes hautes de températures. En effet, la résistivité du cuivre augmente en fonction de la température et provoque ainsi l'apparition de pertes par effet joule qui augmentent encore la température. De plus, les aimants des rotors de ces machines tendent à se démagnétiser au-delà d'une certaine température.

[0017] L'invention a pour objectif de proposer une solution permettant de tirer parti de manière optimale d'un gain de puissance autorisé par l'adaptation du régime de la pompe au besoin en carburant de la turbomachine pour ses différents points de fonctionnement et de prélever sur l'arbre moteur une puissance correspondant au strict besoin des injecteurs, avec un mécanisme de variation de vitesse dont les performances ne sont pas affectées par l'élévation de la température.

Résumé de l'invention

[0018] L'invention remplit cet objectif en proposant un système d'alimentation en carburant comportant un mécanisme de variation de vitesse interposé entre l'arbre dédié et l'arbre d'entrée de la pompe à carburant qui n'est pas affecté par l'élévation de température, c'est-à-dire un mécanisme de variation de vitesse purement mécanique et hydraulique.

[0019] Dans ce but, l'invention propose une turbomachine, notamment d'aéronef, comportant :

[0020] - une chambre annulaire de combustion équipée d'au moins un injecteur,

[0021] - une unité de contrôle moteur, et

[0022] - un système d'alimentation en carburant dudit au moins un injecteur, ledit système d'alimentation en carburant comportant :

- au moins une pompe à carburant comportant un arbre d'entrée entraîné par un arbre dédié de la turbomachine, et au moins une sortie de carburant,
- un bloc hydromécanique qui est commandé par l'unité de contrôle moteur et qui comporte une entrée de carburant reliée à la sortie de carburant de ladite au moins une pompe, au moins une sortie de carburant reliée audit au moins

un injecteur, et au moins un élément mobile configuré pour interrompre ou autoriser une liaison fluide entre l'entrée et la sortie dudit bloc hydro-mécanique,

- des moyens de régulation du débit pompé par ladite au moins une pompe à carburant, commandés par l'unité de contrôle moteur,
- un dispositif de transmission de puissance, interposé entre l'arbre dédié et l'arbre d'entrée de ladite au moins une pompe à carburant, ce dispositif comportant au moins un mécanisme de variation de vitesse ayant un rapport de multiplication/réduction variable, afin de faire varier la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée de ladite pompe à carburant,

[0023] caractérisée en que ledit au moins un mécanisme de variation de vitesse comporte au moins une transmission à variation continue qui est commandée par l'unité de contrôle moteur et qui comporte une poulie primaire entraînée par l'arbre dédié, une poulie secondaire accouplée à l'arbre d'entrée de la pompe, et une courroie ou une chaîne reliant ces deux poulies.

[0024] L'adaptation de la vitesse de l'arbre d'entrée de la pompe à carburant est ici avantageusement réalisée par une transmission à variation continue CVT (acronyme anglo-saxon de *Continuously Variable Transmission*), ce qui permet d'ajuster le débit de sortie de la pompe de manière optimale pour l'adapter aux différents points de fonctionnement de la turbomachine, sans que les performances de cette transmission ne soient dégradées par l'élévation de la température.

[0025] Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

[0026] - le dispositif de transmission de puissance comporte en outre un réducteur épicycloïdal interposé entre l'arbre dédié et la poulie primaire,

[0027] - le dispositif de transmission de puissance comporte en outre un convertisseur de couple interposé entre l'arbre dédié et le réducteur épicycloïdal,

[0028] - le convertisseur de couple comporte un dispositif de blocage qui est commandé par l'unité de contrôle moteur et qui est apte à verrouiller sélectivement ledit convertisseur de couple,

[0029] - les poulies primaire et secondaire sont reliées par une courroie métallique ou une chaîne de transmission métallique,

[0030] - chacune desdites poulies primaire et secondaire comporte un plateau fixe et un plateau mobile mû par un actionneur hydraulique correspondant,

[0031] - l'unité de contrôle moteur est reliée à un ordinateur et le dispositif de transmission de puissance comporte un circuit hydraulique comportant successivement :

- un réservoir d'huile,
- une pompe hydraulique,
- un tiroir hydraulique, et

- les actionneurs hydrauliques,
- [0032] ledit tiroir hydraulique étant contrôlé par ledit calculateur et étant configuré pour orienter sélectivement l'envoi d'huile dans chacun des actionneurs hydrauliques de la transmission à variation continue,
- [0033] - le tiroir hydraulique comporte un orifice d'entrée alimenté par la pompe hydraulique et deux orifices de sortie, chacun de ces orifices de sortie étant relié à un des actionneurs hydrauliques, et il comporte des vannes internes actionnées par des solénoïdes internes à commande électrique qui sont contrôlés par le calculateur et qui sont aptes à orienter sélectivement l'huile vers chacun des orifices de sortie,
- [0034] - le réducteur épicycloïdal comporte au moins un planétaire, un porte satellites, et une couronne, un premier et un deuxième de ces éléments étant respectivement liés en rotation à l'arbre dédié et à la poulie primaire et le troisième de ces éléments étant lié en rotation à au moins un organe qui est commandé par le calculateur moteur et qui est configuré pour sélectivement entraîner ou immobiliser en rotation ledit troisième élément, pour sélectivement accoupler ou désaccoupler l'arbre dédié de la poulie primaire de la transmission à variation continue, ou inverser le sens de rotation entre l'arbre dédié et la poulie primaire de la transmission à variation continue, ou modifier un rapport multiplication/réduction de couple ou de réduction/multiplication de vitesse entre l'arbre dédié et la poulie primaire de la transmission à variation continue.
- [0035] - la turbomachine comporte un arbre moteur et un boîtier d'accessoires entraîné par ledit arbre moteur, et l'arbre dédié est un arbre de sortie dudit boîtier d'accessoires.
- [0036] L'invention concerne enfin un aéronef comportant une turbomachine du type décrit précédemment.

Brève description des figures

- [0037] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :
- [0038] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique d'une turbomachine avec un système d'alimentation en carburant selon un premier état de la technique ;
- [0039] [Fig.2] La [Fig.2] présente un diagramme en vitesse de rotation et débit montrant l'écart entre le débit fourni par la pompe de carburant et le besoin pour le système d'alimentation en carburant de la [Fig.1] ;
- [0040] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique d'une turbomachine avec un système d'alimentation en carburant selon un deuxième état de la technique ;
- [0041] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue schématique d'une turbomachine avec un système d'alimentation en carburant selon l'invention ;
- [0042] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue en perspective d'une transmission à variation continue

mise en œuvre dans le système d'alimentation en carburant selon l'invention ;

[0043] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue de détail en perspective d'une courroie pour la transmission à variation continue de la [Fig.5] ;

[0044] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue schématique d'une première position extrême de la transmission à variation continue de la [Fig.5] ;

[0045] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue schématique d'une seconde position extrême de la transmission à variation continue de la [Fig.5] ;

Description détaillée de l'invention

[0046] Dans la description qui va suivre, des chiffres de référence identiques désignent des pièces identiques ou ayant des fonctions similaires.

[0047] On a représenté à la [Fig.1] de manière très schématique une turbomachine 10 de type turboréacteur réalisée selon l'invention. Le type de cette turbomachine n'est pas limitatif de l'invention et trouverait à s'appliquer à tout type de turbomachine, qu'il s'agisse d'une turbomachine de type turboréacteur à simple ou double flux, d'un turbo-propulseur, etc.

[0048] Pour l'essentiel, la turbomachine 10 comporte, d'amont en aval selon le sens d'écoulement des flux de gaz F dans la turbomachine, une soufflante 12, un compresseur basse-pression 14, un compresseur haute-pression 16, une chambre annulaire de combustion 18, une turbine haute-pression 20 et une turbine basse-pression 22. La chambre de combustion 18 est annulaire et comporte au moins un injecteur 24.

[0049] Le rotor du compresseur haute-pression 16 et le rotor de la turbine haute-pression 20 sont reliés par un arbre haute-pression (HP) 26 et forment avec lui un corps haute-pression. Le rotor du compresseur basse-pression 14 et le rotor de la turbine basse-pression 22 sont reliés par un arbre basse-pression (BP) 28 et forment avec lui un corps basse-pression.

[0050] Dans la partie amont de la turbomachine 10, la soufflante 12 comporte des pales 30 qui sont reliées à un arbre de soufflante 32 qui, dans l'exemple représenté, est lié en rotation à l'arbre BP 28 par l'intermédiaire d'un réducteur 34. L'arbre HP 26 est accouplé à un arbre radial de renvoi 36 qui entraîne un boîtier d'accessoires 38.

[0051] La turbomachine 10 comprend un système d'alimentation en carburant 40 qui comprend généralement une pompe 42 principale haute pression de type volumétrique qui comporte un arbre d'entrée 44 entraîné par un arbre 46 dédié de la turbomachine, et au moins une sortie de carburant 48. L'arbre dédié 46 peut avantageusement être, comme c'est le cas ici, un arbre de sortie du boîtier d'accessoires 38.

[0052] La turbomachine 10 comporte un bloc hydromécanique 50 qui est commandé par une unité de contrôle moteur 52 de la turbomachine et qui comporte une entrée de carburant 54 reliée à la sortie de carburant 48 de la pompe 42, au moins une sortie de

carburant 56 reliée audit au moins un injecteur 24, et au moins un élément mobile (non représenté) qui est configuré pour interrompre ou autoriser une liaison fluidique entre l'entrée 54 et la sortie 56 du bloc hydromécanique 50.

- [0053] La turbomachine comporte un dispositif de transmission de puissance 58, interposé entre l'arbre dédié 46 et l'arbre d'entrée 44 de la pompe à carburant 42 qui présente un rapport de multiplication/réduction K fixe permettant d'adapter la plage de vitesses de rotation de l'arbre d'entrée 44 de la pompe à carburant à celle de l'arbre dédié 46, c'est-à-dire en l'occurrence ici à l'arbre de sortie du boîtier d'accessoires 38. Ce dispositif entraîne généralement aussi un moyen d'alimentation 60 du circuit à partir des réservoirs de carburant 62, tel qu'une pompe de gavage basse pression.
- [0054] La turbomachine comporte en outre des moyens de régulation du débit pompé par la pompe à carburant 42, commandés par l'unité de contrôle moteur 52.
- [0055] L'unité de contrôle moteur pilote ici généralement le bloc hydromécanique 50 pour qu'il adapte le débit envoyé par la pompe 42 aux besoins de la chambre de combustion 18 et de son ou ses injecteurs 24.
- [0056] Comme l'illustre la [Fig.2], la caractéristique linéaire $L(K)$ de la pompe 42 entre le débit de carburant et sa vitesse d'entraînement dépend de sa cylindrée et du rapport de multiplication/réduction K . La pompe 42 doit être dimensionnée de telle manière que cette cylindrée permette de délivrer les débits pour tous les régimes de fonctionnement de la turbomachine, donc de vitesse de l'arbre de sortie 46 du boîtier de relais d'accessoires 38, aussi bien à basse vitesse qu'à haute vitesse. Comme on peut le voir sur la [Fig.2], représentant les variations de débit F en fonction de la vitesse de rotation ω de l'axe moteur de la turbomachine, le besoin $F1$ de débit de carburant aux injecteurs 24 varie de façon non linéaire en fonction du régime de la turbomachine 10. La vitesse de rotation ω de l'axe moteur de la turbomachine varie entre une valeur minimale ω_{min} , pour l'allumage de la turbomachine, et une valeur maximale ω_{max} pour le décollage. Le régime correspondant à un vol de croisière se situe entre ces deux extrêmes. Suivant l'application, le point crucial correspondant au débit $F1$ à assurer est situé soit à l'allumage basse vitesse ω_{min} soit au décollage, à haute vitesse ω_{max} . Sur la [Fig.2], ce point crucial se situe par exemple au niveau de l'allumage, il faut choisir une cylindrée de la pompe de telle manière que sa caractéristique linéaire $L(K)$ corresponde au débit requis à l'allumage à la vitesse ω_{min} . Selon cette cylindrée et le rapport K considéré, le débit F de la pompe peut être significativement supérieur à la valeur minimale du débit $F1$ requis nécessaire dans des phases intermédiaires, ou lors du décollage à la vitesse ω_{min} . Suivant ce dimensionnement, le débit fourni par la pompe suit donc la droite $L(K)$ sur le diagramme débit/vitesse de rotation de la [Fig.2], et par conséquent, pendant une large phase de vitesse d'entraînement, notamment en vol de croisière, la pompe délivre donc un surplus $F2$ de débit carburant. Le bloc hy-

dromécanique 50 doit donc renvoyer vers la pompe, par une boucle de recirculation 64, le surplus de carburant F2 par rapport aux besoins.

- [0057] Ce problème de régulation du débit de carburant est encore accentué lorsque le circuit de carburant est utilisé, comme indiqué sur la [Fig.1], pour actionner des géométries variables 66 de la turbomachine en utilisant la pression du carburant pompé. L'actionnement des géométries variables 66 crée des variations de besoin en carburant dans le système 40 qui doivent être prises en compte dans le dimensionnement de la pompe 42, dans le fonctionnement du bloc hydromécanique 50, et dans les caractéristiques de la boucle de recirculation 64.
- [0058] Cette architecture du système d'alimentation en carburant 40 présente plusieurs inconvénients. Le surplus de débit F2 injecté par la pompe 42 induit un surplus de prélèvement de puissance sur le boîtier de relais d'accessoires 38 par rapport aux besoins, préjudiciable au rendement de la turbomachine. Le surplus de puissance mécanique se transforme en puissance thermique dissipée dans la boucle de recirculation 64 qui doit être évacuée. Cela a une influence négative sur la taille et la masse du circuit 40 de carburant et nécessite l'implantation d'échangeurs thermiques, non représentés, placés pour évacuer la chaleur dans le système 40.
- [0059] Pour remédier à cet inconvénient, on a donc souhaité adapter le débit de la pompe 42 aux différents points de fonctionnement de la turbomachine pour limiter la puissance prélevée sur le boîtier de relais d'accessoires 38, en faisant varier de manière adaptative la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée de la pompe 42 en fonction des besoins.
- [0060] Comme l'illustre la [Fig.3], on a donc proposé, selon un second état de la technique une turbomachine comportant un dispositif de transmission de puissance 58 comportant un mécanisme de variation de vitesse constitué d'un réducteur épicycloïdal 58 entre l'arbre de sortie du boîtier d'accessoires et l'arbre d'entrée de la pompe. Ce réducteur 58 comporte au moins un planétaire 58a, un porte satellites 58b, et une couronne 58c, un premier 58a et un deuxième 58b de ces éléments étant respectivement liés en rotation à l'arbre de sortie 46 du boîtier d'accessoires 38 et à l'arbre d'entrée 44 de la pompe 42 et le troisième de ces éléments 58c est lié en rotation à une machine électrique 68 qui est commandée par le BHMPR via une liaison 70 pour sélectivement modifier le rapport de multiplication/réduction de vitesse K entre l'arbre de sortie 46 du boîtier d'accessoires 38 et l'arbre d'entrée 44 de la pompe à carburant 42.
- [0061] Bien entendu, il sera compris que l'agencement des planétaire 58a, un porte satellites 58b, et couronne 58c et que la liaison de ces éléments aux arbres 44, 46 et à la machine électrique 68 n'a qu'un but purement illustratif.
- [0062] Selon cet état de la technique, comme l'illustre la [Fig.2], on peut obtenir des rapports de réduction variables $K1$ et $K2$ par exemple, qui sont associés à des caracté-

ristiques de pompe L(K1) et L(K2) que l'on peut faire coïncider avec la courbe F1 de débit requis aux différents points de fonctionnement, par exemple à celui associé au décollage à vitesse $\omega_{\max}$ ou en vol de croisière à vitesse ω_{int} .

- [0063] Toutefois, on a constaté que l'utilisation de la machine électrique 68 pose un problème majeur quant à la gestion thermique de celle-ci. En effet, certains éléments des telles machines électriques, notamment des machines asynchrones et synchrones à aimants permanents, comme les bobines et les aimants ont des propriétés physiques qui limitent leur utilisation dans les gammes hautes de températures. En effet, la résistivité du cuivre augmente en fonction de la température et provoque ainsi l'apparition de pertes par effet joule qui augmentent encore la température. De plus, les aimants des rotors de ces machines tendent à se démagnétiser au-delà d'une certaine température. La machine électrique 68 n'est alors plus capable de modifier le rapport de multiplication/réduction de vitesse K entre l'arbre de sortie 46 du boîtier d'accessoires 38 et l'arbre d'entrée 44 de la pompe à carburant 42 de manière prédictible et fiable.
- [0064] L'invention remédie à cet inconvénient en proposant une turbomachine 10 dans laquelle le dispositif de transmission de puissance 58 comporte un mécanisme de variation de vitesse interposé qui n'est pas affecté par l'élévation de température, car il est purement mécanique et hydraulique, à savoir une transmission 72 à variation continue CVT.
- [0065] La [Fig.4] représente une turbomachine 10 conforme à l'invention. Dans cette turbomachine, le dispositif 58 de transmission de puissance a été représenté en traits pointillés et est comme précédemment interposé entre l'arbre dédié 46 et l'arbre d'entrée 44 de la pompe à carburant 42. Le bloc hydromécanique 50 interrompt ou autorise une liaison fluidique entre l'entrée 54 et la sortie 56 du bloc hydromécanique 50. Il peut être entraîné par un arbre 74 lié à la pompe à carburant 42 pour assurer la gestion hydraulique des servitudes 66.
- [0066] Ce dispositif 58 comporte au moins un mécanisme de variation de vitesse qui est une transmission à variation continue 72 qui est commandée par l'unité de contrôle moteur 52 et qui comporte une poulie primaire 72a entraînée par l'arbre dédié 46, une poulie secondaire 72b accouplée à l'arbre d'entrée 44 de la pompe 42, et une courroie 72c ou une chaîne reliant ces deux poulie 72a, 72b. La transmission à variation continue présente donc un rapport de multiplication/réduction variable, afin de faire varier la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée 44 de ladite pompe 42 à carburant.
- [0067] Cette conception permet donc d'adapter le débit de la pompe à carburant 42 aux besoins de la chambre de combustion 18, de sorte qu'il n'est plus nécessaire de disposer d'une boucle de recirculation pour dévier le surplus de carburant pompé par la pompe 42, puisque ce surplus n'existe plus.
- [0068] En outre, l'adaptation du régime de rotation de la pompe à carburant 42 permet

d'éviter tout surplus de prélèvement de puissance sur l'arbre de sortie 46 du boîtier d'accessoires 38 par rapport aux besoins, et par conséquent d'éviter la transformation de ce surplus de puissance mécanique en puissance thermique dissipée. Il n'est donc plus besoin d'échangeurs de chaleur pour dissiper cette puissance thermique.

- [0069] Comme l'illustre la [Fig.6], les poulies primaire et secondaire sont reliées par une courroie métallique 72c ou une chaîne de transmission métallique. Dans le cas d'une courroie métallique 72c, celle-ci est constituée de différents bandes laminées en acier 72d sur lesquels sont fixés des éléments unitaires 72e. Le nombre d'éléments 72e est choisi en fonction du rapport de transmission nécessaire et le nombre de bandes laminées 72d est choisi en fonction des efforts axiaux que subit la courroie 72c.
- [0070] Avantageusement, le dispositif de transmission de puissance peut comporter un réducteur épicycloïdal 76 interposé entre l'arbre dédié 46 et la poulie primaire 72a. Le réducteur épicycloïdal comporte de manière connue au moins un planétaire, un porte satellites, et une couronne (non représentés).
- [0071] Un premier et un deuxième de ces éléments sont respectivement liés en rotation à l'arbre dédié 46 et à la poulie primaire 72a et le troisième de ces éléments est lié en rotation à au moins un organe 78 qui est commandé par le calculateur 92 et qui est configuré pour sélectivement interagir avec le troisième élément.
- [0072] L'organe 78 peut être un frein ou un moteur permettant d'entraîner ou immobiliser en rotation le troisième élément et donc le comportement du train épicycloïdal. Ainsi, le pilotage de l'organe 78 permet de sélectivement accoupler ou désaccoupler l'arbre dédié 46 de la poulie primaire 72a de la transmission à variation continue, ou inverser le sens de rotation entre l'arbre dédié 46 et la poulie 72a primaire de la transmission 72 à variation continue, ou modifier un rapport multiplication/réduction de couple ou de réduction/multiplication de vitesse entre l'arbre dédié 46 et la poulie primaire 72a de la transmission 72 à variation continue.
- [0073] Bien entendu, il sera compris que l'organe 72 sera choisi comme ayant un comportement étranger à l'élévation de température afin que son comportement soit prédictible. Il pourra s'agir par exemple d'un frein, d'un moteur hydraulique, d'un accouplement avec un autre arbre du boîtier d'accessoires 38, etc.
- [0074] Avantageusement le dispositif de transmission de puissance 58 peut comporter en outre un convertisseur de couple 80 interposé entre l'arbre dédié 46 et le réducteur épicycloïdal 76. Ce convertisseur 80 permet de modifier le couple fourni à la pompe 42 via le réducteur 76. Il comporte un dispositif de blocage interne (non représenté) via une liaison 82 qui est commandé par l'unité de contrôle moteur 52 et qui est apte à verrouiller sélectivement le convertisseur de couple, permettant ainsi d'avoir la même vitesse en entrée qu'en sortie du convertisseur 80.
- [0075] On décrit à présent le fonctionnement de la transmission à variation continue 72.

Comme l'illustre la [Fig.5], chacune des poulies primaire 72a et secondaire 72b comporte un plateau fixe 72a2, 72b2 respectif et un plateau mobile 72a1, 72b1 mû par un actionneur hydraulique 73a, 73b correspondant.

- [0076] Comme on peut le voir à la [Fig.7], le rapprochement des plateaux fixe 72a2 et mobile 72a1 de la poulie primaire 72a simultanément à l'écartement des plateaux fixe 72b2 et mobile 72b1 conduit la courroie 72c à être placée sur la poulie 72a suivant un diamètre D_{72a} qui est supérieur à un diamètre D_{72b} suivant lequel elle est placée sur la poulie 72b. On obtient alors un rapport de réduction/multiplication égal à D_{72a}/D_{72b} qui est supérieur à 1 et la transmission fonctionne en multiplicateur.
- [0077] Inversement, comme on peut le voir à la [Fig.8], l'écartement des plateaux fixe 72a2 et mobile 72a1 de la poulie primaire 72a simultanément au rapprochement des plateaux fixe 72b2 et mobile 72b1 conduit la courroie 72c à être placée sur la poulie 72b suivant un diamètre D_{72b} qui est supérieur au diamètre D_{72a} suivant lequel elle est placée sur la poulie 72a. On obtient alors un rapport de réduction/multiplication égal à D_{72a}/D_{72b} qui est inférieur à 1 et la transmission fonctionne en réducteur.
- [0078] Pour permettre l'actionnement des actionneurs hydrauliques 73a, 73b, le dispositif de transmission de puissance comporte un circuit hydraulique 84 comportant successivement un réservoir d'huile 86, une pompe hydraulique 88 alimentée par ce réservoir 84, un tiroir hydraulique 90 alimenté par la pompe 88, et les actionneurs hydrauliques 73a, 73b vers lesquels le tiroir 90 oriente sélectivement l'envoi d'huile, notamment sous une pression régulée, dans chacun des actionneurs hydrauliques 73a, 73b de la transmission à variation continue 72.
- [0079] Le tiroir hydraulique 90 est avantageusement contrôlé par un calculateur 92, qui est lui-même relié à l'unité de contrôle moteur 52 et commandée par celle-ci.
- [0080] Pour l'essentiel, et de manière schématique, le tiroir hydraulique 90 comporte un orifice d'entrée 94 alimenté par la pompe hydraulique 88 et deux orifices de sortie 96a, 96b, chacun de ces orifices de sortie étant relié à un des actionneurs hydrauliques 73a, 73b par des conduits 98a, 98b respectifs. Le tiroir hydraulique peut, de manière connue en soi, comporter des vannes internes (non représentées) mues par des solénoïdes internes à commande électrique qui sont contrôlés par le calculateur 92 et qui sont aptes à orienter sélectivement l'huile vers chacun des orifices 96a, 96b et conduits 98a, 98b de sortie.
- [0081] L'invention permet donc de piloter la vitesse de la pompe à carburant 42 et donc d'adapter son débit au débit requis par les besoins de la chambre de combustion 18, à l'aide d'un mécanisme de variation de vitesse simple, efficace et fiable.

Revendications

[Revendication 1]

Turbomachine (10), notamment d'aéronef, comportant :

- une chambre annulaire (18) de combustion équipée d'au moins un injecteur (24) ,

- une unité de contrôle moteur (52), et

- un système (40) d'alimentation en carburant dudit au moins un injecteur (24), ledit système (40) d'alimentation en carburant comportant :

- au moins une pompe (42) à carburant comportant un arbre d'entrée (44) entraîné par un arbre (46) dédié de la turbomachine (10), et au moins une sortie de carburant (48),
- un bloc hydromécanique (50) qui est commandé par l'unité de contrôle moteur (52) et qui comporte une entrée de carburant (54) reliée à la sortie de carburant (48) de ladite au moins une pompe (42), au moins une sortie de carburant (56) reliée audit au moins un injecteur (24), et au moins un élément mobile configuré pour interrompre ou autoriser une liaison fluide entre l'entrée (54) et la sortie (56) dudit bloc hydromécanique,
- des moyens de régulation du débit pompé par ladite au moins une pompe (42) à carburant, commandés par l'unité de contrôle moteur (52), et
- un dispositif de transmission de puissance (58), interposé entre l'arbre dédié (46) et l'arbre d'entrée (44) de ladite au moins une pompe (42) à carburant, ce dispositif (58) comportant au moins un mécanisme de variation de vitesse ayant un rapport de multiplication/réduction variable, afin de faire varier la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée (44) de ladite pompe à carburant (42),

caractérisée en que ledit au moins un mécanisme de variation de vitesse comporte au moins une transmission à variation continue (72) qui est commandée par l'unité de contrôle moteur (52) et qui comporte une poulie primaire (72a) entraînée par l'arbre dédié (46), une poulie secondaire (72b) accouplée à l'arbre d'entrée (44) de la pompe (42), et une courroie (72c) ou une chaîne reliant ces deux poulies.

- [Revendication 2] Turbomachine (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le dispositif de transmission de puissance (58) comporte en outre un réducteur épicycloïdal (76) interposé entre l'arbre dédié (46) et la poulie primaire (72a).
- [Revendication 3] Turbomachine (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le dispositif de transmission de puissance (58) comporte en outre un convertisseur de couple (80) interposé entre l'arbre dédié (46) et le réducteur épicycloïdal (76).
- [Revendication 4] Turbomachine (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le convertisseur de couple (80) comporte un dispositif de blocage qui est commandé par l'unité de contrôle moteur (52) et qui est apte à verrouiller sélectivement ledit convertisseur de couple (80).
- [Revendication 5] Turbomachine (10) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les poulies primaire (72a) et secondaire (72b) sont reliées par une courroie (72c) métallique ou une chaîne de transmission métallique.
- [Revendication 6] Turbomachine (10) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chacune desdites poulies primaire (72a) et secondaire (72b) comporte un plateau fixe (72a2, 72b2) et un plateau mobile (72a1, 72b1) mû par un actionneur hydraulique (73a, 73b) correspondant.
- [Revendication 7] Turbomachine (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'unité de contrôle moteur est relié à un calculateur (92), et le dispositif de transmission de puissance (58) comporte un circuit hydraulique (84) comportant successivement :
- un réservoir d'huile (86),
 - une pompe hydraulique (88),
 - un tiroir hydraulique (90), et
 - les actionneurs hydrauliques (73a, 73b),
- ledit tiroir hydraulique (90) étant contrôlé par ledit calculateur (92) et étant configuré pour orienter sélectivement l'envoi d'huile dans chacun des actionneurs (73a, 73b) hydrauliques de la transmission à variation continue.
- [Revendication 8] Turbomachine (10) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que tiroir hydraulique (90) comporte un orifice d'entrée (94) alimenté par la pompe hydraulique (88) et deux orifices de sortie (96a, 96b), chacun de ces orifices de sortie (96a, 96b) étant relié à un des actionneurs hydrauliques (73a, 73b), et en ce qu'il comporte des vannes

internes actionnées par des solénoïdes internes à commande électrique qui sont contrôlés par le calculateur (92) et qui sont aptes à orienter sélectivement l'huile vers chacun des orifices de sortie (96a, 96b).

[Revendication 9]

Turbomachine (10) selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisée en ce que le réducteur épicycloïdal (76) comporte au moins un planétaire, un porte satellites, et une couronne, un premier et un deuxième de ces éléments étant respectivement liés en rotation à l'arbre dédié (46) et à la poulie primaire (72a) et le troisième de ces éléments étant lié en rotation à au moins un organe (78) qui est commandé par la calculateur (92) et qui est configuré pour sélectivement entraîner ou immobiliser en rotation ledit troisième élément, pour sélectivement accoupler ou désaccoupler l'arbre dédié (46) de la poulie primaire (72a) de la transmission à variation continue (72), ou inverser le sens de rotation entre l'arbre dédié (46) et la poulie primaire (72a) de la transmission à variation continue (72), ou modifier un rapport multiplication/réduction de couple ou de réduction/multiplication de vitesse entre l'arbre dédié (46) et la poulie primaire (72a) de la transmission à variation continue (72).

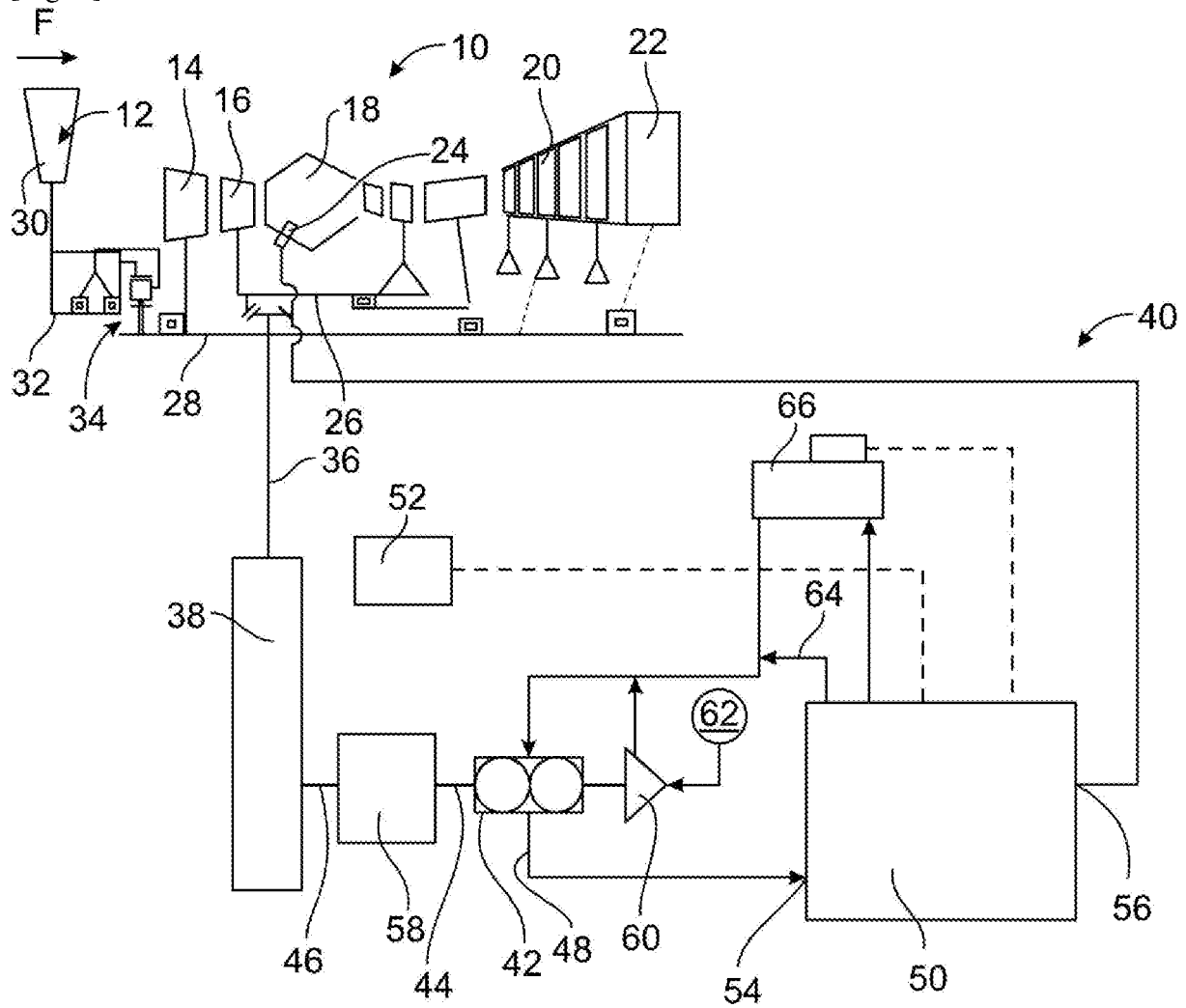
[Revendication 10]

Turbomachine (10) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte un arbre moteur (26) et un boîtier d'accessoires (38) entraîné par ledit arbre moteur (26), caractérisée en ce que l'arbre dédié (46) est un arbre de sortie dudit boîtier d'accessoires (38).

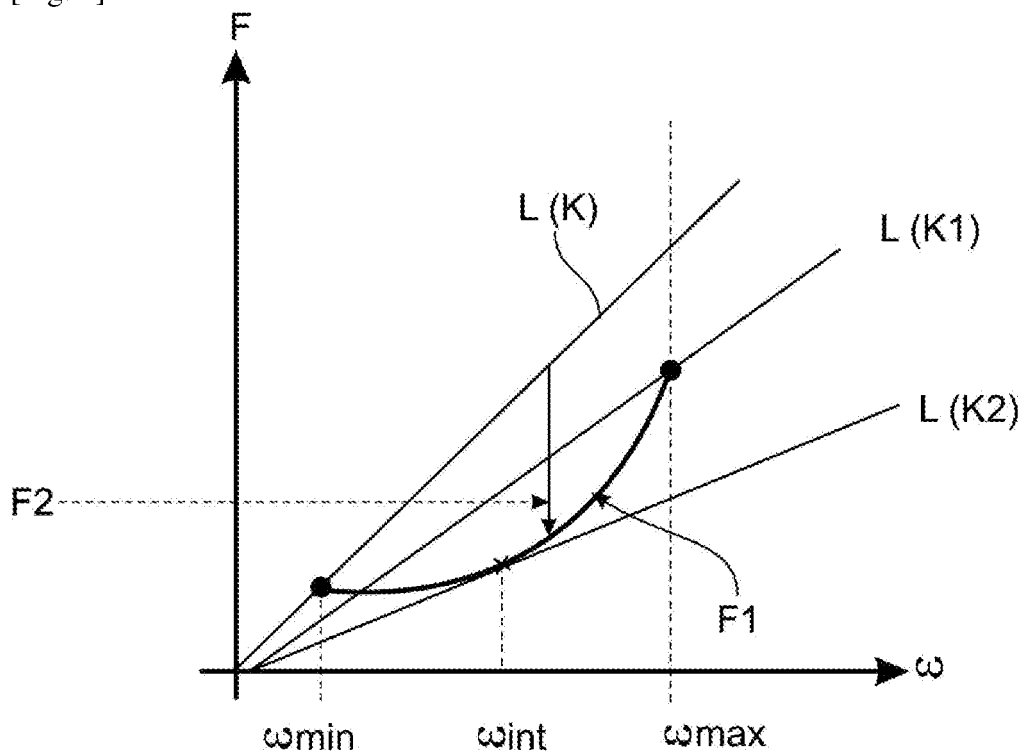
[Revendication 11]

Aéronef comportant une turbomachine (10) selon l'une des revendications précédentes.

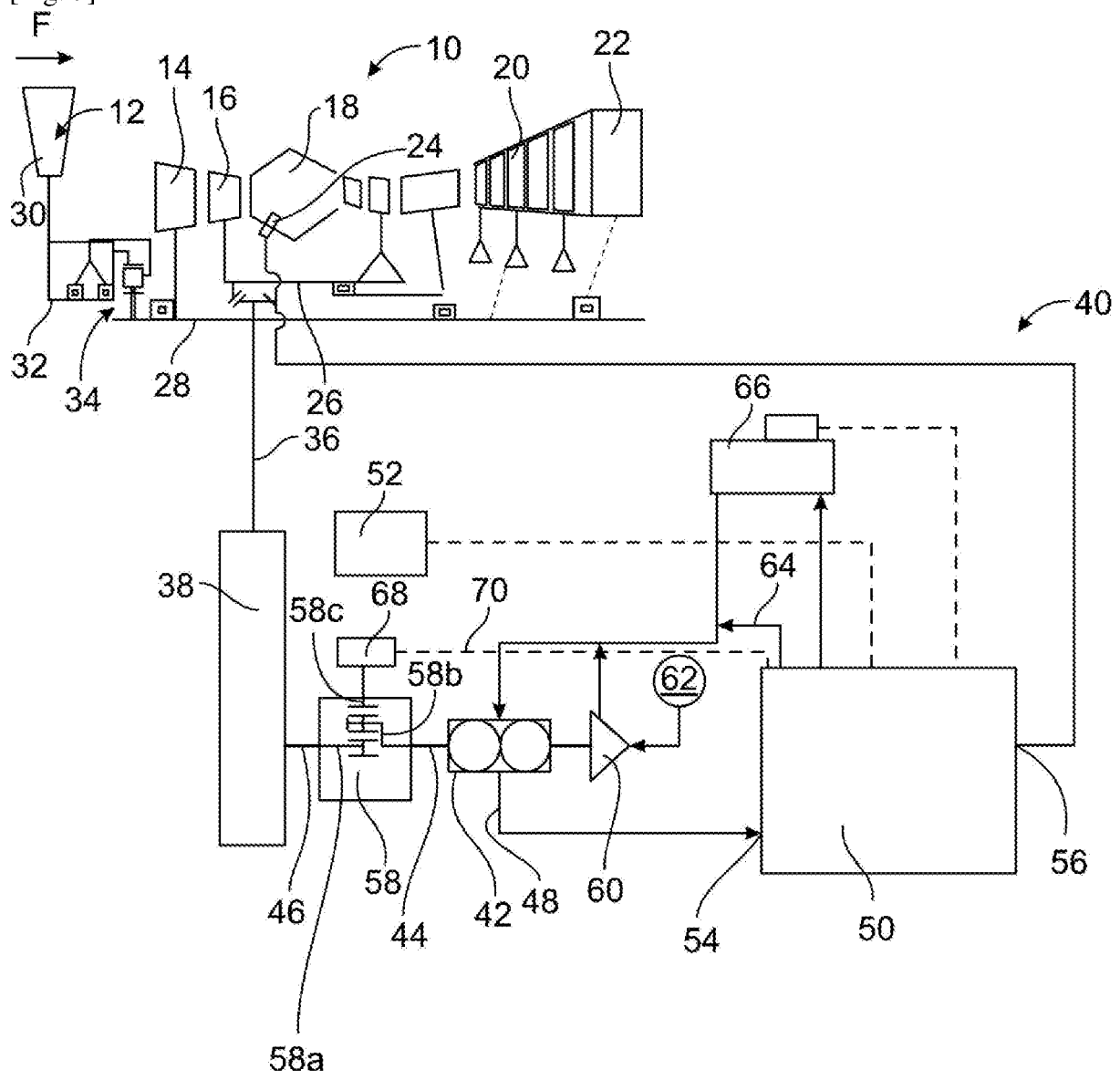
[Fig. 1]



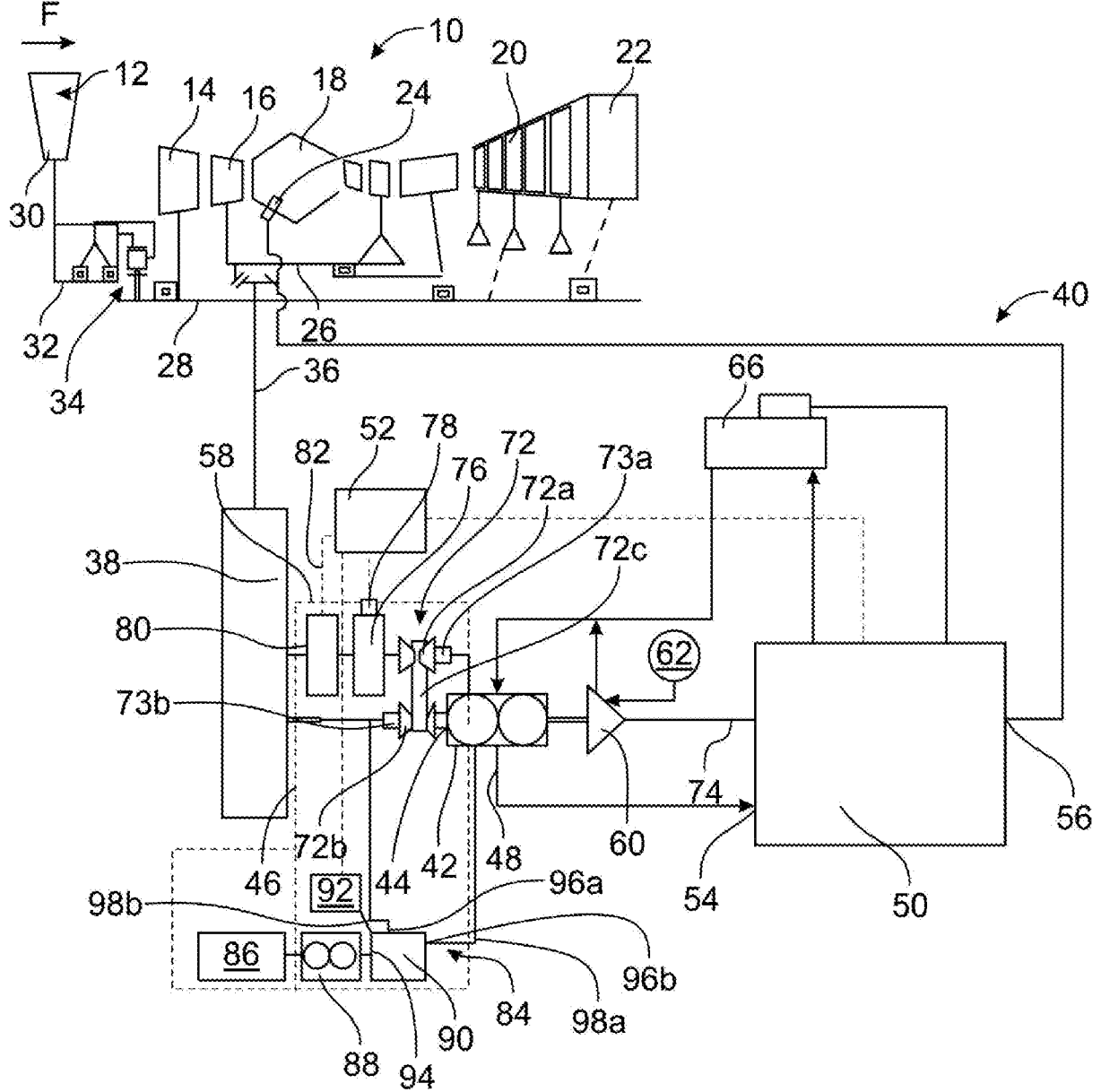
[Fig. 2]



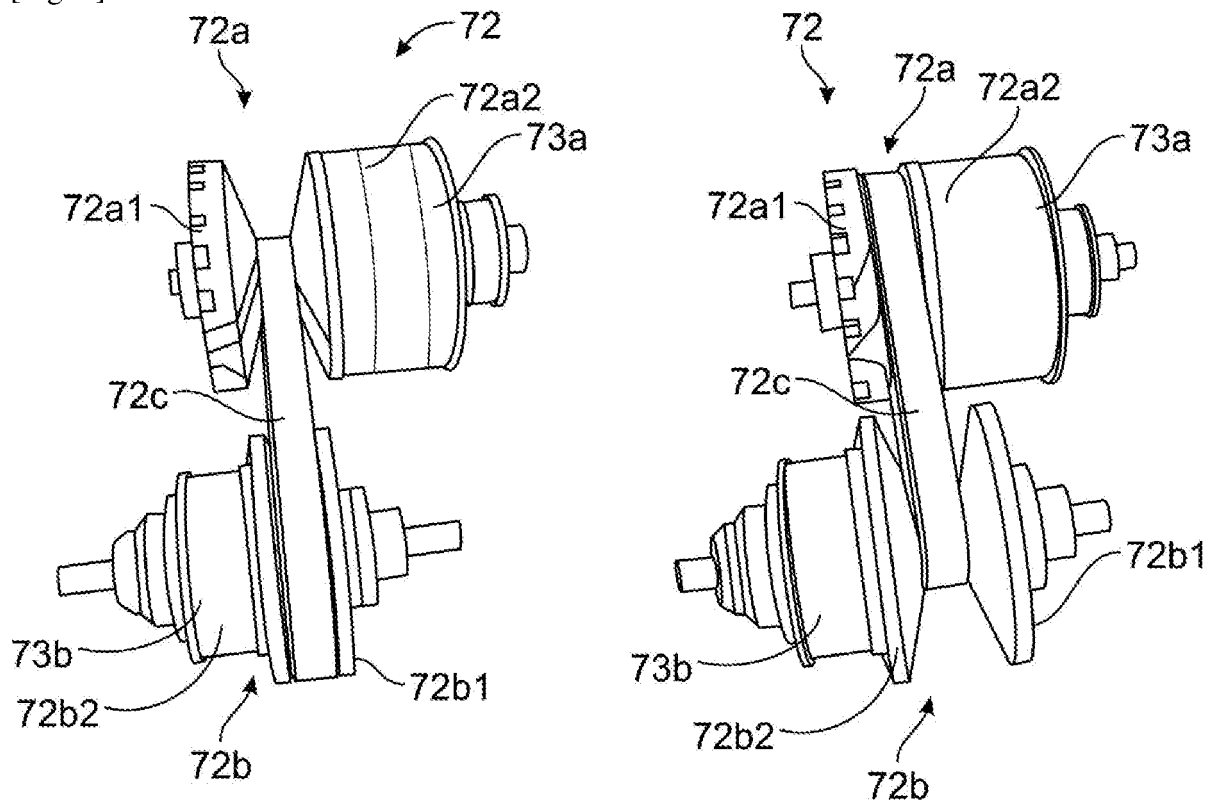
[Fig. 3]



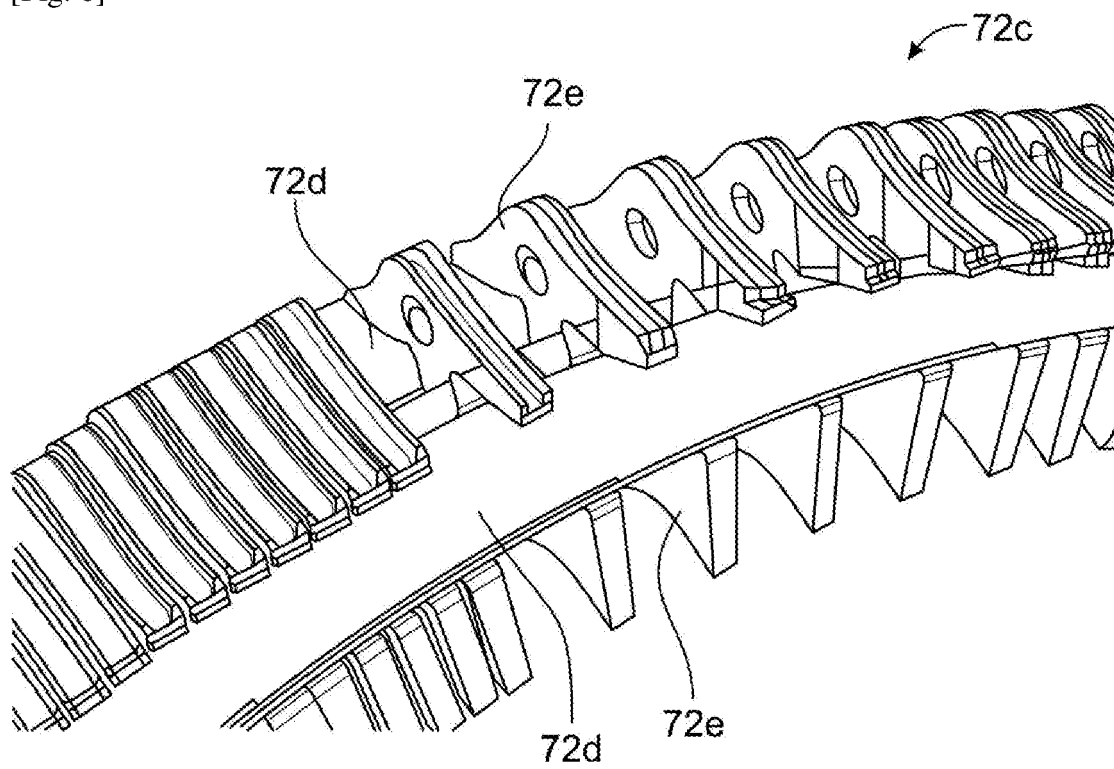
[Fig. 4]



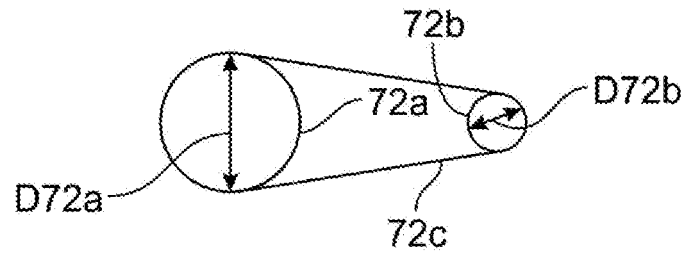
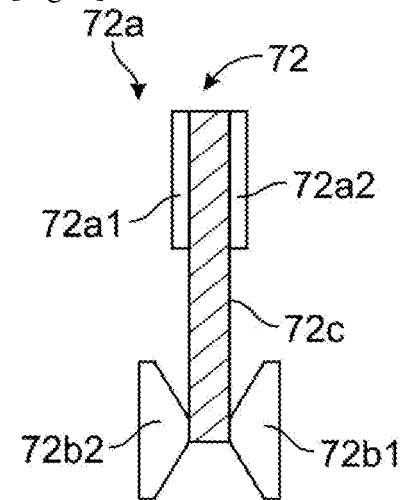
[Fig. 5]



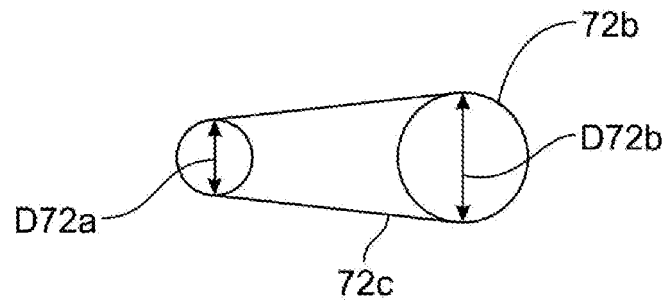
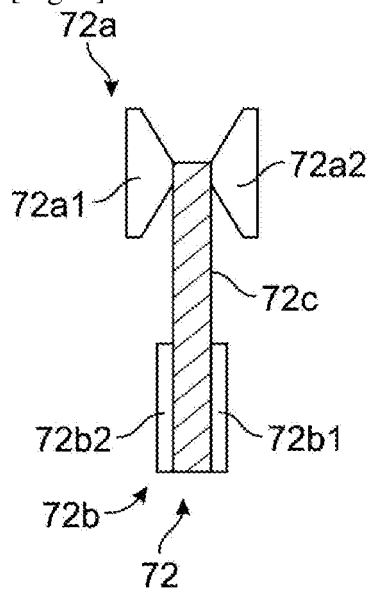
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 913476
FR 2212143

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	WO 2015/046177 A1 (IHI CORP [JP]) 2 avril 2015 (2015-04-02)	1, 5-8, 10, 11	F02C9/30 F02C7/22
A	* see also relevant passages of the machine translation; figures 1, 2, 3 *	2-4, 9	F02C9/28

X	US 2020/340411 A1 (CARPENTER RICHARD J [US] ET AL) 29 octobre 2020 (2020-10-29)	1	
Y	* alinéas [0007], [0019], [0028]; figures 1-3 *	1, 5-8, 10, 11	
A		2-4, 9	

X	US 2020/300180 A1 (HERRING NEAL R [US]) 24 septembre 2020 (2020-09-24)	1	
Y	* alinéa [0048] - alinéa [0052]; figures 3-5 *	1, 5-8, 10, 11	
A		2-4, 9	

X	FR 2 937 088 A1 (SNECMA [FR]) 16 avril 2010 (2010-04-16)	1	
Y	* page 14, ligne 1 - page 15, ligne 20; figure 8 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

A	US 2008/047376 A1 (VENTER GIDEON [DE]) 28 février 2008 (2008-02-28) * alinéa [0013] - alinéa [0014]; figure 1 *	1, 6-8	F02C

Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 juin 2023		Herbiet, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2212143 FA 913476**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-06-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015046177 A1	02-04-2015	JP WO2015046177 A1	09-03-2017
		WO 2015046177 A1	02-04-2015

US 2020340411 A1	29-10-2020	EP 3734045 A1	04-11-2020
		US 2020340411 A1	29-10-2020
		US 2023017990 A1	19-01-2023

US 2020300180 A1	24-09-2020	EP 3712411 A1	23-09-2020
		US 2020300180 A1	24-09-2020

FR 2937088 A1	16-04-2010	AUCUN	

US 2008047376 A1	28-02-2008	DE 102006039608 A1	10-04-2008
		EP 1898073 A2	12-03-2008
		US 2008047376 A1	28-02-2008
