

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.02.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.08.23 Bulletin 23/34.

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 Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : DE WERGIFOSSE Huguette et PORA
Loïc.

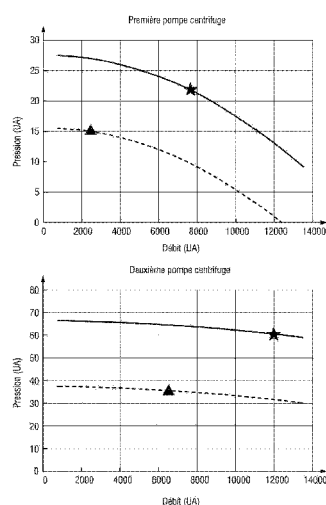
73 Titulaire(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS).

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 Système de régulation de carburant.

57 La présente invention concerne un système de régu-
lation de carburant (4) comprenant : une source de
carburant ; un conduit d'alimentation ; un circuit principal
comprenant : une première pompe centrifuge ; un
conduit de liaison ; une deuxième pompe centrifuge ; un
conduit de refoulement ; et un circuit secondaire.

Figure pour l'abrégé: Fig. 4



Description

Titre de l'invention : Système de régulation de carburant

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne le domaine aéronautique. Plus précisément, la présente invention concerne la régulation de carburant au sein d'un moteur d'aéronef.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] La régulation de carburant au sein d'un moteur d'aéronef est généralement assurée par un système comprenant une pompe volumétrique entraînée par un corps rotatif du moteur. Remplacer la pompe volumétrique par une pompe centrifuge pourrait procurer certains avantages ; notamment cela permettrait au système de régulation de carburant de gagner en robustesse. Toutefois, une pompe centrifuge présente certains inconvénients ; notamment, son rendement dépend du débit de carburant qu'elle délivre.

Exposé de l'invention

[0003] Un but de l'invention est d'améliorer un système de régulation de carburant pour moteur d'aéronef comprenant au moins une pompe centrifuge.

[0004] Il est à cet effet proposé, selon un aspect de l'invention un système de régulation de carburant pour moteur d'aéronef, le système comprenant :

- une source de carburant ;
- un conduit d'alimentation relié à la source de carburant ;
- un circuit principal comprenant :
 - une première pompe centrifuge comprenant un port d'admission et un port de refoulement, le port d'admission étant relié au conduit d'alimentation ;
 - un conduit de liaison relié au port de refoulement de la première pompe centrifuge ;
 - une deuxième pompe centrifuge comprenant un port d'admission et un port de refoulement, le port d'admission de la deuxième pompe centrifuge étant relié au conduit de liaison ;
 - un conduit de refoulement relié au port de refoulement de la deuxième pompe centrifuge, le conduit de refoulement étant en outre configuré pour être relié à un injecteur d'une chambre de combustion du moteur ; et
 - un circuit secondaire comprenant au moins un organe configuré pour être actionné par une pression de carburant circulant au sein du circuit secondaire, le circuit secondaire comprenant un conduit d'entrée relié au conduit de refoulement et un conduit de sortie relié au conduit de liaison.

[0005] Avantageusement, mais facultativement, le système selon l'invention peut comprendre l'une au moins des caractéristiques suivantes, prise seule ou en combinaison :

- la première pompe centrifuge et la deuxième pompe centrifuge sont configurées de sorte à ce que, en fonctionnement, la première pompe centrifuge fournit une première pression et la deuxième pompe centrifuge fournit une deuxième pression, la première pression étant inférieure à la deuxième pression ;
- la première pompe centrifuge et la deuxième pompe centrifuge sont configurées de sorte à ce que, en fonctionnement, la première pompe centrifuge délivre un premier débit de fluide uniquement dédié à l'alimentation de la chambre de combustion et la deuxième pompe centrifuge délivre un deuxième débit de fluide dédié à la fois à l'alimentation de la chambre de combustion et à l'actionnement de l'au moins un organe, le premier débit étant inférieur au deuxième débit ;
- le circuit principal comprend en outre une restriction agencée au niveau du conduit de refoulement et configurée pour piloter le débit de carburant refoulé par la deuxième pompe centrifuge ;

[0006] - l'au moins un organe est un équipement à géométries variables ;

- chacune de la première pompe centrifuge et de la deuxième pompe centrifuge comprend une partie rotor et une partie stator, la partie rotor de la première pompe centrifuge étant solidaire en rotation de la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge ; et

- chacune de la première pompe centrifuge et de la deuxième pompe centrifuge comprend une partie rotor et une partie stator, la partie stator de la première pompe centrifuge étant montée fixe sur la partie stator de la deuxième pompe centrifuge.

[0007] Selon un autre aspect, l'invention concerne un moteur d'aéronef comprenant :

un système tel que précédemment décrit ;

un moteur électrique comprenant un élément rotatif relié à au moins l'une parmi la partie rotor de la première pompe centrifuge et la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge pour l'entraîner en rotation par rapport à la partie stator ;

une source d'alimentation électrique reliée au moteur électrique pour lui transmettre une puissance électrique afin d'entraîner en rotation l'élément rotatif ; et

une chambre de combustion comprenant un injecteur relié au conduit de refoulement pour recevoir du carburant de la deuxième pompe centrifuge.

[0008] Selon un autre aspect, l'invention concerne un moteur d'aéronef comprenant :

un système tel que précédemment décrit ;

un boîtier d'accessoires comprenant un élément rotatif relié à au moins l'une parmi la partie rotor de la première pompe centrifuge et la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge pour l'entraîner en rotation par rapport à la partie stator ;

un corps rotatif relié au boîtier d'accessoires pour entraîner en rotation l'élément rotatif ; et

une chambre de combustion comprenant un injecteur relié au conduit de refoulement

pour recevoir du carburant de la deuxième pompe centrifuge.

- [0009] Selon un autre aspect, l'invention concerne un aéronef comprenant un moteur d'aéronef tel que précédemment décrit.

DESCRIPTION DES FIGURES

- [0010] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :
- [0011] La [Fig.1] illustre un aéronef de façon schématique.
- [0012] La [Fig.2] est une vue en coupe schématique d'un ensemble propulsif pour aéronef.
- [0013] La [Fig.3] illustre schématiquement un système de régulation de carburant selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0014] La [Fig.4] illustre la caractéristique en pression/débit, pour deux régimes distincts, de chacune des deux pompes centrifuges d'un système de régulation de carburant selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0015] La [Fig.5] illustre la caractéristique en rendement/débit pour chacun des deux régimes de chacune des deux pompes centrifuges dont la caractéristique en pression/débit est illustrée sur la [Fig.4].
- [0016] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Aéronef

- [0017] La [Fig.1] illustre un aéronef **100** comprenant au moins un ensemble propulsif **1**, en l'espèce deux ensembles propulsifs **1**. L'aéronef **100** représenté est un avion, civil ou militaire, mais pourrait être tout autre type d'aéronef **100**, tel qu'un hélicoptère. Les ensembles propulsifs **1** sont rapportés et fixés sur l'avion **100**, chacun sous une aile de l'avion **100**, comme visible sur la [Fig.1]. Ceci n'est toutefois pas limitatif, puisqu'au moins un ensemble propulsif **1** peut être également monté sur l'aile de l'avion ou encore à l'arrière de son fuselage.

Ensemble propulsif

- [0018] La [Fig.2] illustre un ensemble propulsif **1** présentant un axe longitudinal X-X, et comprenant un moteur **2** (ou turbomachine) et une nacelle **3** entourant le moteur **2**.
- [0019] L'ensemble propulsif **1** est destiné à être monté sur un aéronef **100**, par exemple de la manière illustrée sur la [Fig.1]. A cet égard, l'ensemble propulsif **1** peut comprendre un mât (non représenté) destiné à relier l'ensemble propulsif **1** à une partie de l'aéronef **100**.
- [0020] Le moteur **2** illustré sur la [Fig.2] est un turboréacteur à double corps, double flux et entraînement direct. Ceci n'est toutefois pas limitatif puisque le moteur **2** peut comporter un nombre différent de corps et/ou de flux, et/ou être un autre type de turbo-

réacteur, tel qu'un turboréacteur à réducteur ou un turbopropulseur.

- [0021] Sauf précision contraire, les termes « amont » et « aval » sont utilisés en référence à la direction globale d'écoulement d'air à travers l'ensemble propulsif **1** en fonctionnement. De même, une direction axiale correspond à la direction de l'axe longitudinal X-X et une direction radiale est une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X et coupant l'axe longitudinal X-X. Par ailleurs, un plan axial est un plan contenant l'axe longitudinal X-X et un plan radial est un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X. Une circonférence s'entend comme un cercle appartenant à un plan radial et dont le centre appartient à l'axe longitudinal X-X. Une direction tangentielle ou circonférentielle est une direction tangente à une circonférence : elle est perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X mais ne passe pas par l'axe longitudinal X-X. Enfin, les adjectifs « intérieur » (ou « interne ») et « extérieur » (ou « externe ») sont utilisés en référence à une direction radiale de sorte que la partie intérieure d'un élément est, suivant une direction radiale, plus proche de l'axe longitudinal X-X que la partie extérieure du même élément.
- [0022] Comme visible sur la [Fig.2], le moteur **2** comprend, de l'amont vers l'aval, une soufflante **20**, une section de compression **22** comprenant un compresseur basse pression **220** et un compresseur haute pression **222**, une chambre de combustion **24** et une section de détente **26** comprenant une turbine haute pression **262** et une turbine basse pression **260**. La chambre de combustion **24** comprend une rampe d'injection de carburant (non représentée) et une pluralité d'injecteurs d'allumage (non représentés). La rampe d'injection et/ou les injecteurs d'allumage constituent les principaux organes consommateurs de carburant du moteur **2**. La soufflante **20**, la partie rotor du compresseur basse pression **220**, et la partie rotor de la turbine basse pression **260** sont reliées entre elles par un arbre basse pression **280** s'étendant le long de l'axe longitudinal X-X, la soufflante **20**, le compresseur basse pression **220** et la turbine basse pression **260** formant alors un corps basse pression **20, 220, 260, 280**, qui est un premier corps rotatif. La partie rotor du compresseur haute pression **222** et la partie rotor de la turbine haute pression **262** sont reliées entre elles par un arbre haute pression **282** s'étendant le long de l'axe longitudinal X-X, le compresseur haute pression **222** et la turbine haute pression **262** formant alors un corps haute pression **222, 262, 282**, qui est un deuxième corps rotatif. Comme visible sur la [Fig.2], la section de compression **22**, la chambre de combustion **24** et la section de détente **26** sont entourés par un carter moteur **23**, tandis que la soufflante **20** est entourée par un carter de soufflante **25**. Le carter moteur **23** et le carter de soufflante **25** sont reliés entre eux par des bras structuraux **27** profilés formant redresseurs (ou OGV pour « *Outlet Guide Vanes* » dans la terminologie anglo-saxonne) répartis de manière circonférentielle tout autour de l'axe longitudinal X-X. L'axe longitudinal X-X forme axe de rotation pour la

soufflante **20**, la partie rotor de la section de compression **22** et la partie rotor de la section de détente **26**, autrement dit pour le corps basse pression **20**, **220**, **260**, **280** et le corps haute pression **222**, **262**, **282**, lesquels sont susceptibles d'être entraînés en rotation autour de l'axe longitudinal X-X par rapport au carter moteur **23** et au carter de soufflante **25**.

[0023] Le moteur **2** peut également comprendre au moins un boîtier d'accessoires (non représenté), appelé AGB (pour « *Accessory gear box* » dans la terminologie anglo-saxonne), par exemple logé dans une cavité ménagée au sein de la nacelle **3**. Le boîtier d'accessoires comprend un ensemble d'éléments rotatifs, tels que des engrenages, permettant d'entraîner en rotation une pluralité d'arbres autour de leur propre axe, des accessoires étant montés sur ces arbres pour tirer de leur rotation une puissance mécanique utile. L'ensemble d'engrenages est lui-même entraîné à l'aide d'un arbre de prise de force reliant, éventuellement par l'intermédiaire d'un boîtier de transfert (non représenté), le boîtier d'accessoires à l'un au moins parmi le corps haute pression **222**, **262**, **282** et le corps basse pression **20**, **220**, **260**, **280**, typiquement en étant engrené avec l'un au moins parmi l'arbre haute pression **282** et l'arbre basse pression **280**. A cet égard, l'arbre de prise de force peut s'étendre à l'intérieur d'une cavité longitudinale ménagée au sein de l'un des bras structuraux **27**. De cette manière, une puissance mécanique est susceptible d'être prélevée sur l'un au moins parmi le corps haute pression **222**, **262**, **282** et le corps basse pression **20**, **220**, **260**, **280** pour être délivrée à l'un au moins parmi les accessoires par l'intermédiaire du boîtier d'accessoires.

[0024] Le moteur **2** comprend un certain nombre d'organes (ou équipements) configurés pour être actionnés au moyen de carburant. Plus précisément, ces organes sont à actionnement hydraulique et il est prévu d'utiliser du carburant sous pression pour assurer leur fonctionnement. Ces organes sont habituellement désignés sous l'appellation « équipements (ou accessoires) à géométries variables **4200** » ou, plus simplement, « géométries variables **4200** ». Des exemples de géométries variables **4200** sont : des aubes à calage variables (e.g., aubes de stator du compresseur haute pression **222**), vannes de décharge de la veine primaire A ou de la veine secondaire B. Ces géométries variables **4200** ont donc besoin de l'énergie pneumatique liée à la pression de carburant pour fonctionner. Néanmoins, contrairement à un injecteur (d'allumage ou de rampe d'injection) de la chambre de combustion, les géométries variables **4200** ne consomment pas de carburant, car elles ne le dégradent pas par combustion.

[0025] La nacelle **3** s'étend radialement à l'extérieur du moteur **2**, tout autour de l'axe longitudinal X-X, de sorte à entourer à la fois le carter de soufflante **25** et le carter moteur **23**, et à définir, avec une partie aval du carter moteur **23**, une partie aval d'une veine secondaire B, la partie amont de la veine secondaire B étant définie par le carter de

soufflante **25** et une partie amont du carter moteur **23**. La partie amont de la nacelle **3** définit en outre une entrée d'air **29** par laquelle la soufflante **20** aspire le flux d'air circulant à travers l'ensemble propulsif **1**. La nacelle **3** est solidaire du carter de soufflante **25** et rapportée et fixée à l'aéronef **100** au moyen du mât.

- [0026] En fonctionnement, la soufflante **20** aspire un flux d'air dont une portion, circulant au sein d'une veine primaire A traversant le carter moteur **23** de part en part, est, successivement, comprimée au sein de la section de compression **22**, enflammée au sein de la chambre de combustion **24** par combustion de carburant, et détendue au sein de la section de détente **26** avant d'être éjectée hors du moteur **2**. Une autre portion du flux d'air circule au sein de la veine secondaire B qui prend une forme annulaire allongée entourant le carter moteur **23**, l'air aspiré par la soufflante **20** étant redressé par les redresseurs **27** puis éjecté hors de l'ensemble propulsif **1**. De cette manière, l'ensemble propulsif **1** génère une poussée. Cette poussée peut, par exemple, être mise au profit de l'aéronef **100** sur lequel l'ensemble propulsif **1** est rapporté et fixé.

Système de régulation de carburant

- [0027] En vue d'alimenter à la fois les organes consommateurs de carburant, telles que les injecteurs (d'allumage ou de la rampe d'injection) de la chambre de combustion **24**, et les géométries variables **4200**, le moteur **2** comprend un système de régulation de carburant **4**, illustré sur la [Fig.3].
- [0028] Le système de régulation de carburant **4** comprend une source de carburant **40**, telle qu'un réservoir, contenant le carburant destiné au fonctionnement des géométries variables **4200** et à la combustion au sein de la chambre de combustion **24**. En outre, un conduit d'alimentation **400** est relié à la source de carburant **40**.
- [0029] Comme illustré par la [Fig.3], le système de régulation de carburant **4** comprend un circuit principal **41** et un circuit secondaire **42**, le circuit secondaire **42** étant relié au circuit principal **41**, lequel est relié à la source de carburant **40** par l'intermédiaire du conduit d'alimentation **400**.
- [0030] Avantagusement, une pompe centrifuge de gavage **4000** est interposée entre la source de carburant **40** et le circuit principal **41**, sur le conduit d'alimentation **400**, pour la mise sous pression du circuit principal **41** et du circuit secondaire **42**.
- [0031] Le circuit principal **41** comprend un certain nombre d'organes montés en série, parmi lesquels une première pompe centrifuge **411** et une deuxième pompe centrifuge **412**. Chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412** comprend un port d'admission **4110**, **4120** et un port de refoulement **4112**, **4122**. En outre, un conduit de liaison **413** relie le port de refoulement **4112** de la première pompe centrifuge **411** au port d'admission **4120** de la deuxième pompe centrifuge **412**, de sorte à ce que le fluide refoulé par la première pompe centrifuge **411** soit intégralement admis par la deuxième pompe centrifuge **412**.

- [0032] La première pompe centrifuge **411** est agencée de sorte à ce que son port d'admission **4110** soit relié au conduit d'alimentation **400** pour admettre du carburant à partir de la source de carburant **40**, éventuellement préalablement mis sous pression par la pompe centrifuge de gavage **4000**.
- [0033] Comme visible sur la [Fig.3], le circuit principal **41** comprend en outre un conduit de refoulement **414** relié au port de refoulement **4122** de la deuxième pompe centrifuge **412** et à un organe consommateur de carburant, tel qu'un injecteur de la chambre de combustion **24** pour que ce dernier reçoive du carburant de la deuxième pompe centrifuge **412**. Ainsi, au moins une partie du carburant refoulé par la deuxième pompe centrifuge **412** peut être admis au sein de la chambre de combustion **24** pour être mélangé à l'air issu de la section de compression **22** afin d'être enflammé.
- [0034] Avantageusement, le circuit principal **41** comprend un échangeur de chaleur **415** et/ou un filtre **416**, positionnés sur le conduit de liaison **413**, entre le port de refoulement **4112** de la première pompe centrifuge **411** et le port d'admission **4120** de la deuxième pompe centrifuge **412**. Le filtre **416** permet de traiter le carburant circulant au sein du système de régulation de carburant **4** afin d'en optimiser le fonctionnement. En outre, l'échangeur de chaleur **415** permet de refroidir le circuit d'huile des enceintes du moteur **1** au contact desquels le carburant circule, le système de régulation de carburant étant alors considéré comme une source froide capable d'absorber des calories.
- [0035] Avantageusement, le circuit principal **41** comprend en outre une restriction **417** agencée au niveau du conduit de refoulement **414** et configurée pour piloter le débit de carburant refoulé par la deuxième pompe centrifuge **412**. Plus précisément, la restriction **417** est configurée pour générer des pertes en ligne (ou pertes de charge), de nature thermique, au sein du conduit de refoulement **414**, ce qui permet d'ajuster le débit de carburant au sein du conduit reliant le conduit de refoulement **414** aux injecteurs de la chambre de combustion **24**. La restriction **417** peut être une vanne à section variable commandée par une servovalve.
- [0036] Le circuit secondaire **42** est agencé en parallèle du circuit principal **41**, plus précisément en parallèle de la deuxième pompe centrifuge **412**, avantageusement également en parallèle de l'échangeur de chaleur **415** et du filtre **416**. A cet égard, le circuit secondaire **42** comprend un conduit d'entrée **420** relié au conduit de refoulement **414** et un conduit de sortie **421** relié au conduit de liaison **413**.
- [0037] En outre, le circuit secondaire **42** comprend au moins une géométrie variable **4200**, laquelle est ainsi alimentée par au moins une partie du carburant refoulée par la deuxième pompe centrifuge **412**. Après avoir traversé la géométrie variable **4200**, le carburant est ensuite déversé dans le conduit de liaison **413** si bien qu'une partie du carburant admis par la deuxième pompe centrifuge **412** a, en fait, circulé à travers les géométries variables **4200**. En d'autres termes, le carburant admis par deuxième

pompe centrifuge **412** pour partie est refoulé par la première pompe centrifuge **411**, et pour le reste a circulé au sein du circuit secondaire **42**. En outre, le carburant refoulé par la deuxième pompe centrifuge **412** pour partie circule au sein du circuit secondaire **42**, et pour le reste est brûlé au sein de la chambre de combustion **24**.

[0038] Chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412** comprend une partie rotor et une partie stator, la partie rotor étant mobile par rapport à la partie stator, typiquement par rotation d'un arbre d'entrée de la pompe centrifuge **411**, **412** autour de son propre axe. De manière générale, chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412** est une machine rotative qui pompe le carburant en le forçant au travers d'une roue à aubes, ou d'une hélice, généralement appelée « impulseur », lequel est solidaire de l'arbre et forme, avec l'arbre, la partie rotor. L'impulseur est logé au sein d'un carter de la pompe centrifuge **411**, **412**, lequel forme la partie stator. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le carburant pompé est aspiré axialement dans la pompe centrifuge **411**, **412**, c'est-à-dire dans une direction parallèle à l'axe de l'arbre, puis accéléré radialement, c'est-à-dire selon une direction perpendiculaire à l'axe de l'arbre, et enfin refoulé tangentiellement, c'est-à-dire selon une direction tangentielle à l'axe de l'arbre. La pompe centrifuge de gavage **4000** présente avantageusement la même structure que celle de chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**. En tout état de cause, il convient de noter que, contrairement à une pompe volumétrique qui est une source de débit, une pompe centrifuge **411**, **412**, **4000** est une source de pression. En effet, une pompe centrifuge **411**, **412**, **4000** est configurée pour que, en fonctionnement, elle puisse délivrer un débit de carburant qui est variable, puisqu'il dépend de la vitesse de rotation de sa partie rotor par rapport à sa partie stator, mais avec une augmentation de pression entre le port d'admission **4110**, **4120** et le port de refoulement **4112**, **4122** qui demeure constante, ou quasiment constante, et ce quel que soit le débit, comme notamment visible sur la [Fig.4].

[0039] Avantageusement, la partie rotor de la première pompe centrifuge **411** est solidaire en rotation de la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge **412**. Typiquement, l'arbre d'entrée de la première pompe centrifuge **411** est commun à l'arbre d'entrée de la deuxième pompe centrifuge **412**.

[0040] De manière également avantageuse, la partie stator de la première pompe centrifuge **411** est montée fixe sur la partie stator de la deuxième pompe centrifuge **412**. Typiquement, le carter de la première pompe centrifuge **411** est monté fixe sur le carter de la deuxième pompe centrifuge **412**.

[0041] L'entraînement en rotation de la partie rotor, par rapport à la partie stator, de chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**, peut être mise en œuvre de différentes manières.

- [0042] Dans une variante, le moteur **2** d'aéronef **100** comprend un moteur électrique (non représenté), qui peut être synchrone ou asynchrone, et qui comprend un élément rotatif, typiquement un arbre de sortie, relié à au moins l'une parmi la partie rotor de la première pompe centrifuge **411** et la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge **412** pour l'entraîner en rotation par rapport à la partie stator. En outre, le moteur **2** d'aéronef **100** comprend une source d'alimentation électrique, typiquement une batterie ou un générateur entraîné par au moins l'un du corps haute pression **222**, **262**, **282** et du corps basse pression **20**, **220**, **260**, **280**, la source d'alimentation électrique étant reliée au moteur électrique pour lui transmettre une puissance électrique afin d'entraîner en rotation l'élément rotatif du moteur électrique. L'utilisation d'un moteur électrique permet à chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**, de délivrer le débit de carburant nécessaire, notamment aux géométries variables **4200**, et ce même à des régimes d'entraînement faibles des corps rotatifs **20**, **22**, **26**. En effet, un moteur électrique peut entraîner chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412** à des vitesses de rotation élevées, même à des régimes d'entraînement faibles des corps rotatifs **20**, **22**, **26**, puisque la vitesse d'entraînement du moteur **2** électrique n'est pas liée à la vitesse de rotation des corps rotatifs **20**, **22**, **26**. Ce faisant, il n'est pas nécessaire de surdimensionner les pompes centrifuges **411**, **412** pour pouvoir répondre aux besoins en débit de carburant à des régimes d'entraînement faibles des corps rotatifs **20**, **22**, **26**, notamment de la part des géométries variables **4200**. Par ailleurs, l'utilisateur du moteur électrique permet également d'optimiser la puissance prélevée sur les corps rotatifs **20**, **22**, **26**, le cas échéant.
- [0043] Dans une autre variante, un engrenage du boîtier d'accessoires est relié à au moins l'une parmi la partie rotor de la première pompe centrifuge **411** et la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge **412** pour l'entraîner en rotation par rapport à la partie stator. Dans cette autre variante, il peut être utile de prévoir un organe auxiliaire raccordé au circuit principal **41** pour fournir une pression de carburant suffisante, à la fois dans le circuit secondaire **42** et dans le conduit de refoulement **414**, à des régimes de fonctionnement faibles des corps rotatifs **20**, **22**, **26**.
- [0044] La [Fig.4] et la [Fig.5] illustrent des caractéristiques des pompes centrifuges **411**, **412** pour deux régimes de fonctionnement distincts, l'un illustré par un trait plein, l'autre par un trait en pointillés.
- [0045] La [Fig.4] représente, pour chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**, l'évolution de la pression différentielle (i.e., la différence entre la pression de carburant au niveau du port de refoulement **4112**, **4122** et de la pression de carburant au niveau du port d'admission **4110**, **4120**) en fonction du débit de carburant refoulé par la pompe centrifuge **411**, **412**. Comme visible sur la

[Fig.4], cette évolution est différente suivant le régime de fonctionnement de la pompe centrifuge **411**, **412**, c'est-à-dire suivant la vitesse d'entraînement de la partie rotor de la pompe par rapport à sa partie stator.

[0046] La [Fig.5] représente, pour chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**, l'évolution du rendement de la pompe centrifuge **411**, **412** en fonction du débit de carburant refoulé par la pompe centrifuge **411**, **412**, pour les mêmes régimes de fonctionnement que ceux illustrés en [Fig.4]. Là encore, la [Fig.5] illustre que cette évolution est différente suivant le régime de fonctionnement de la pompe centrifuge **411**, **412**.

[0047] Pour optimiser le rendement du système de régulation de carburant **4**, il convient de le faire fonctionner de sorte à déséquilibrer la première pompe centrifuge **411** par rapport à la deuxième pompe centrifuge **412**. Plus exactement, il convient de configurer chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**, puis de les faire fonctionner, de sorte à ce que, quel que soit leur régime, la première pompe centrifuge **411** délivre un débit inférieur au débit délivré par la deuxième pompe centrifuge **412** et introduise une augmentation de pression de carburant dans le circuit principal **41** qui est inférieure à l'augmentation de pression introduite par la deuxième pompe centrifuge **412** dans le circuit principal **41**. Dans cette configuration, le débit de fluide délivré par la première pompe centrifuge **411** est, en fait, uniquement dédié à l'alimentation de la chambre de combustion **24**, tandis que le débit de fluide délivré par la deuxième pompe centrifuge **412** est, quant à lui, dédié à la fois à l'alimentation de la chambre de combustion **24** et à l'actionnement des géométries variables **4200**.

[0048] Ceci est particulièrement visible sur la [Fig.4] et sur la [Fig.5], dans lesquelles le triangle marque le point de fonctionnement de chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412** lorsque l'aéronef **100** est en croisière, tandis que l'étoile marque le point de fonctionnement de chacune de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412** lorsque l'aéronef **100** est au décollage. Chacun de ces points de fonctionnement correspondent à des régimes différents de la première pompe centrifuge **411** et de la deuxième pompe centrifuge **412**, le régime de fonctionnement associé au décollage étant illustré par la courbe en trait plein, tandis que le régime de fonctionnement associé à la croisière est illustré en traits pointillés.

Avantages obtenus

[0049] De manière générale, les pompes centrifuges sont plus robustes et plus compactes que les pompes volumétriques.

[0050] En revanche, le rendement des pompes centrifuges dépend de leur point de fonctionnement et peut devenir très faible si elles fonctionnent loin du point de fonc-

tionnement où le rendement est maximum, comme visible sur la [Fig.5].

- [0051] Grâce au système de régulation de carburant, dans lequel les pompes centrifuges peuvent être déséquilibrées, c'est-à-dire fonctionner à des pressions et des débits différents, chacune des pompes centrifuges opérant proche de son rendement maximum, toute la plage de fonctionnement du moteur peut être couverte sans qu'il ne soit nécessaire de dimensionner l'une et/ou l'autres des pompes centrifuges au niveau de performance du moteur imposant les contraintes les plus importantes sur le système de régulation de carburant. En fait, quel que soit le régime du moteur considéré, les pompes centrifuges fonctionneront toujours à leur rendement maximal.
- [0052] En outre, grâce aux pompes centrifuges, il n'est pas nécessaire de prévoir un démultiplicateur entre un moteur électrique et la pompe alimentant un système de régulation de carburant d'un moteur d'aéronef, ce qui permet de réduire la masse du moteur. De fait, contrairement aux pompes volumétriques, les pompes centrifuges peuvent être entraînées à des vitesses plus élevées, ce qui minimise la taille du moteur électrique.
- [0053] Par ailleurs, grâce à la configuration et au mode de fonctionnement de chacune de la première pompe et de la deuxième pompe, mais aussi à l'agencement du circuit secondaire par rapport au circuit principal, c'est la deuxième pompe centrifuge qui délivre le surplus de débit de carburant utile aux géométries variables, tandis que le débit de carburant transféré vers les injecteurs de la chambre de combustion est, en fait, délivré par la première pompe centrifuge. En outre, c'est la deuxième pompe centrifuge qui fournit la pression nécessaire à l'actionnement des géométries variables, la pression requise par les injecteurs étant liées au cumul de la pression fournie par la première pompe centrifuge et de la pression fournie par la deuxième pompe centrifuge.
- [0054] Les bénéfices de cette configuration et de ce mode de fonctionnement de chacune de la première pompe et de la deuxième pompe sont également visibles sur la [Fig.5]. En effet, comme visible sur cette figure, pour chaque régime de fonctionnement décrit en référence à la [Fig.4], le point de fonctionnement de la première pompe et de la deuxième pompe, toujours illustrés, respectivement par le triangle pour la croisière, et par l'étoile pour le décollage, est proche du rendement maximum de la pompe centrifuge correspondante à ce régime de fonctionnement, et sont identiques, ou quasiment identiques, pour les deux pompes centrifuges. Plus exactement, le rendement du système de régulation de carburant, pris dans son ensemble, demeure constant, ou quasiment constant, quel que soit le régime de fonctionnement de l'aéronef. En définitive, cette configuration permet d'atteindre un rendement optimal avec un système doté d'une double pompe centrifuge.
- [0055] Enfin, même dans les modes de réalisation dans lesquelles une restriction est nécessaire, celle-ci dissipe moins d'énergie sous forme thermique que lorsqu'une pompe volumétrique est utilisée. Le déséquilibre de la première pompe centrifuge par

rapport à la deuxième pompe centrifuge est d'autant plus pertinent que la pression requise par les géométries variables n'est pas trop importante.

[0056] En effet, la pression fournie par la deuxième pompe centrifuge est calée à la valeur requise par les géométries variables, sans être surdimensionnée, et ce quel que soit le régime de fonctionnement.

[0057] Ainsi, une optimisation de la taille et de la masse des pompes centrifuges, du rendement global du système et, le cas échéant, de la taille et de la masse du moteur électrique, sont avantageusement obtenus.

Revendications

- [Revendication 1] Système de régulation de carburant (4) pour moteur (2) d'aéronef (100), le système (4) comprenant :
- une source de carburant (40) ;
 - un conduit d'alimentation (400) relié à la source de carburant (40) ;
 - un circuit principal (41) comprenant :
 - une première pompe centrifuge (411) comprenant un port d'admission (4110) et un port de refoulement (4112), le port d'admission (4110) étant relié au conduit d'alimentation (400) ;
 - un conduit de liaison (413) relié au port de refoulement (4112) de la première pompe centrifuge (411) ;
 - une deuxième pompe centrifuge (412) comprenant un port d'admission (4120) et un port de refoulement (4122), le port d'admission (4120) de la deuxième pompe centrifuge (412) étant relié au conduit de liaison (413) ;
 - un conduit de refoulement (414) relié au port de refoulement (4122) de la deuxième pompe centrifuge (412), le conduit de refoulement (414) étant en outre configuré pour être relié à un injecteur d'une chambre de combustion (24) du moteur ; et
 - un circuit secondaire (412) comprenant au moins un organe (4200) configuré pour être actionné par une pression de carburant circulant au sein du circuit secondaire (412), le circuit secondaire (412) comprenant un conduit d'entrée (420) relié au conduit de refoulement (414) et un conduit de sortie (421) relié au conduit de liaison (413).
- [Revendication 2] Système (4) selon la revendication 1, dans lequel la première pompe centrifuge (411) et la deuxième pompe centrifuge (412) sont configurées de sorte à ce que, en fonctionnement, la première pompe centrifuge (411) fournit une première pression et la deuxième pompe centrifuge (412) fournit une deuxième pression, la première pression étant inférieure à la deuxième pression.
- [Revendication 3] Système (4) selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la première pompe centrifuge (411) et la deuxième pompe centrifuge (412) sont configurées de sorte à ce que, en fonctionnement, la première pompe centrifuge (411) délivre un premier débit de fluide uniquement dédié à l'alimentation de la chambre de combustion (24) et la deuxième pompe centrifuge (412) délivre un deuxième débit de fluide dédié à la fois à l'alimentation de la chambre de combustion (24) et à

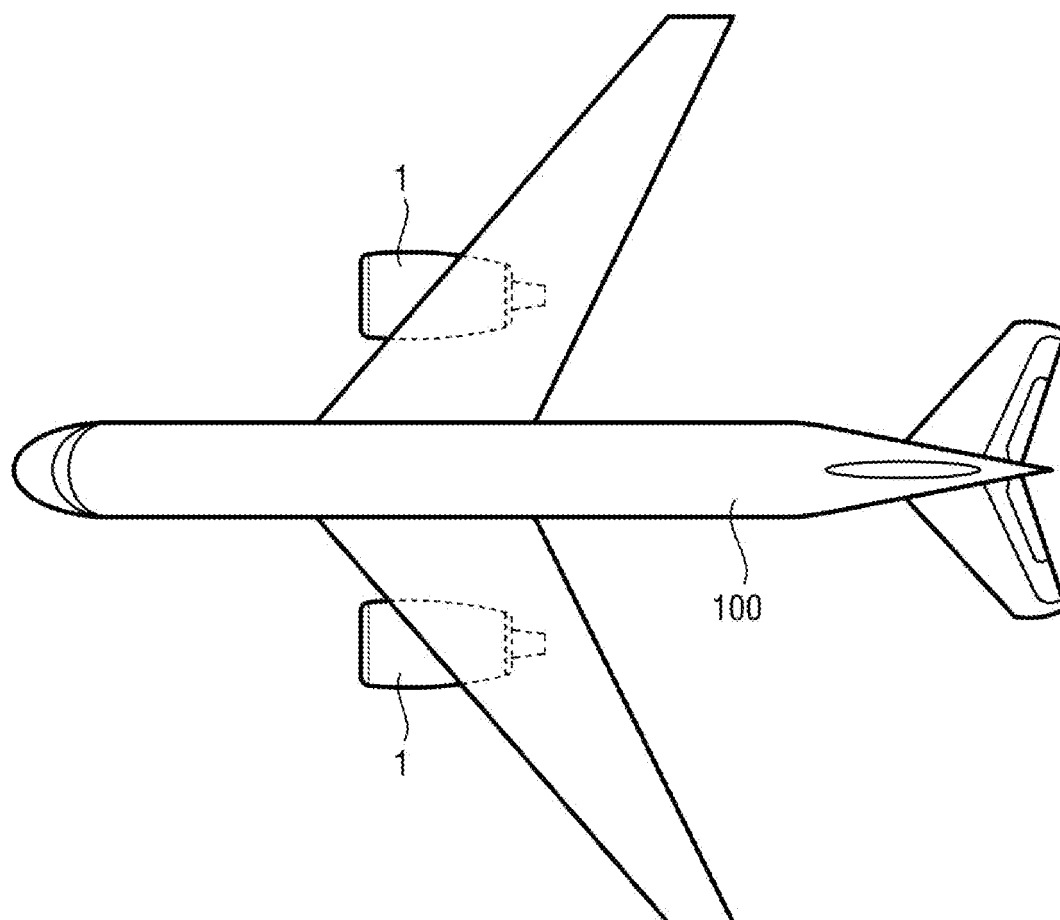
l'actionnement de l'au moins un organe (4200), le premier débit étant inférieur au deuxième débit.

- [Revendication 4] Système (4) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le circuit principal (41) comprend en outre une restriction (417) agencée au niveau du conduit de refoulement (414) et configurée pour piloter le débit de carburant refoulé par la deuxième pompe centrifuge (412).
- [Revendication 5] Système (4) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'au moins un organe (4200) est un équipement à géométries variables.
- [Revendication 6] Système (4) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel chacune de la première pompe centrifuge (411) et de la deuxième pompe centrifuge (412) comprend une partie rotor et une partie stator, la partie rotor de la première pompe centrifuge (411) étant solidaire en rotation de la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge (412).
- [Revendication 7] Système (4) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel chacune de la première pompe centrifuge (411) et de la deuxième pompe centrifuge (412) comprend une partie rotor et une partie stator, la partie stator de la première pompe centrifuge (411) étant montée fixe sur la partie stator de la deuxième pompe centrifuge (412).
- [Revendication 8] Moteur (2) d'aéronef (100) comprenant :
 un système (4) selon l'une des revendications 6 et 7 ;
 un moteur (2) électrique comprenant un élément rotatif relié à au moins l'une parmi la partie rotor de la première pompe centrifuge (411) et la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge (412) pour l'entraîner en rotation par rapport à la partie stator ;
 une source d'alimentation électrique reliée au moteur (2) électrique pour lui transmettre une puissance électrique afin d'entraîner en rotation l'élément rotatif ; et
 une chambre de combustion (24) comprenant un injecteur relié au conduit de refoulement (414) pour recevoir du carburant de la deuxième pompe centrifuge (412).
- [Revendication 9] Moteur (2) d'aéronef (100) comprenant :
 un système (4) selon l'une des revendications 6 et 7 ;
 un boîtier d'accessoires comprenant un élément rotatif relié à au moins l'une parmi la partie rotor de la première pompe centrifuge (411) et la partie rotor de la deuxième pompe centrifuge (412) pour l'entraîner en rotation par rapport à la partie stator ;
 un corps rotatif relié au boîtier d'accessoires pour entraîner en rotation l'élément rotatif ; et

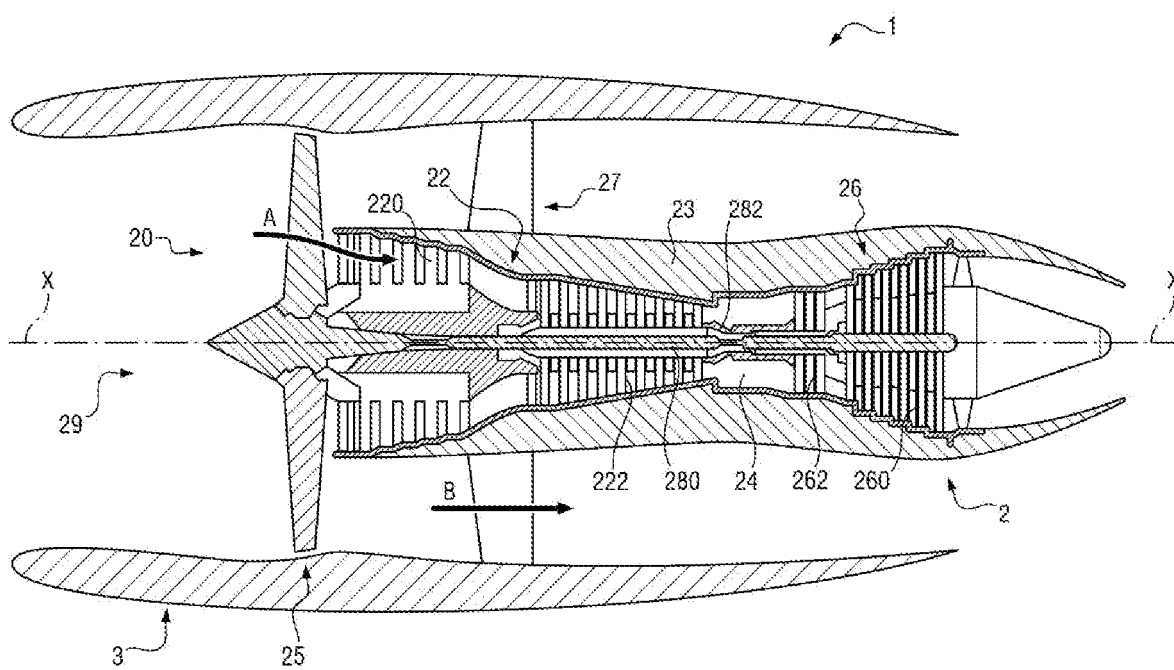
une chambre de combustion (24) comprenant un injecteur relié au conduit de refoulement (414) pour recevoir du carburant de la deuxième pompe centrifuge (412).

[Revendication 10] Aéronef (100) comprenant un moteur (2) d'aéronef (100) selon l'une des revendications 8 et 9.

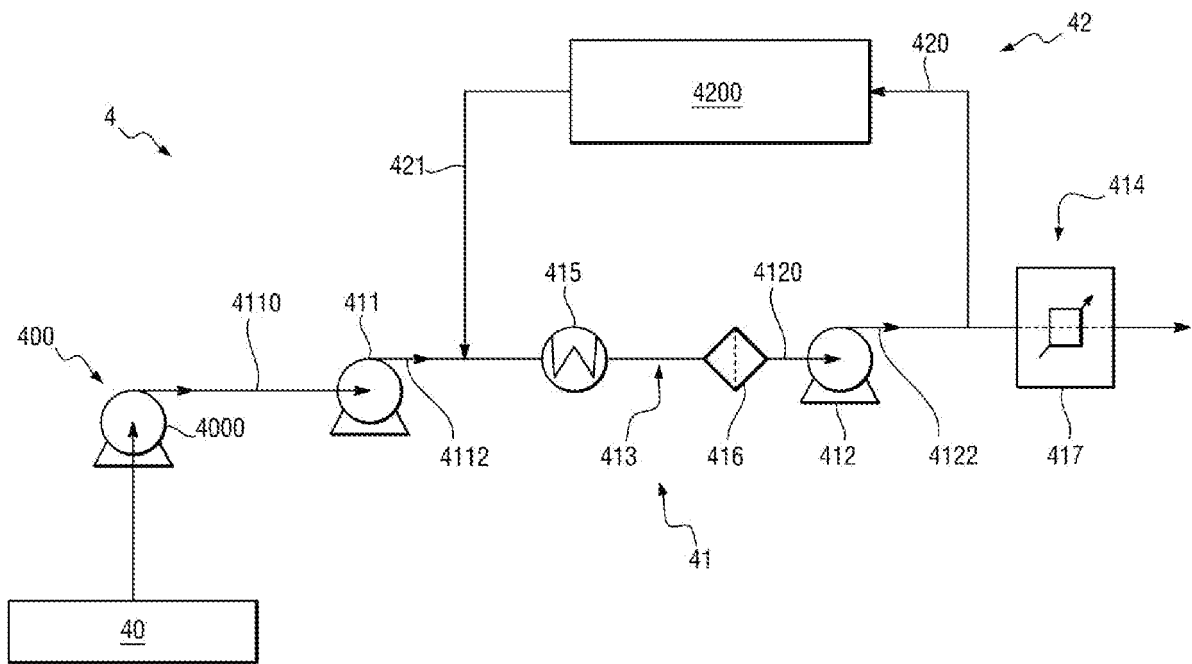
[Fig. 1]



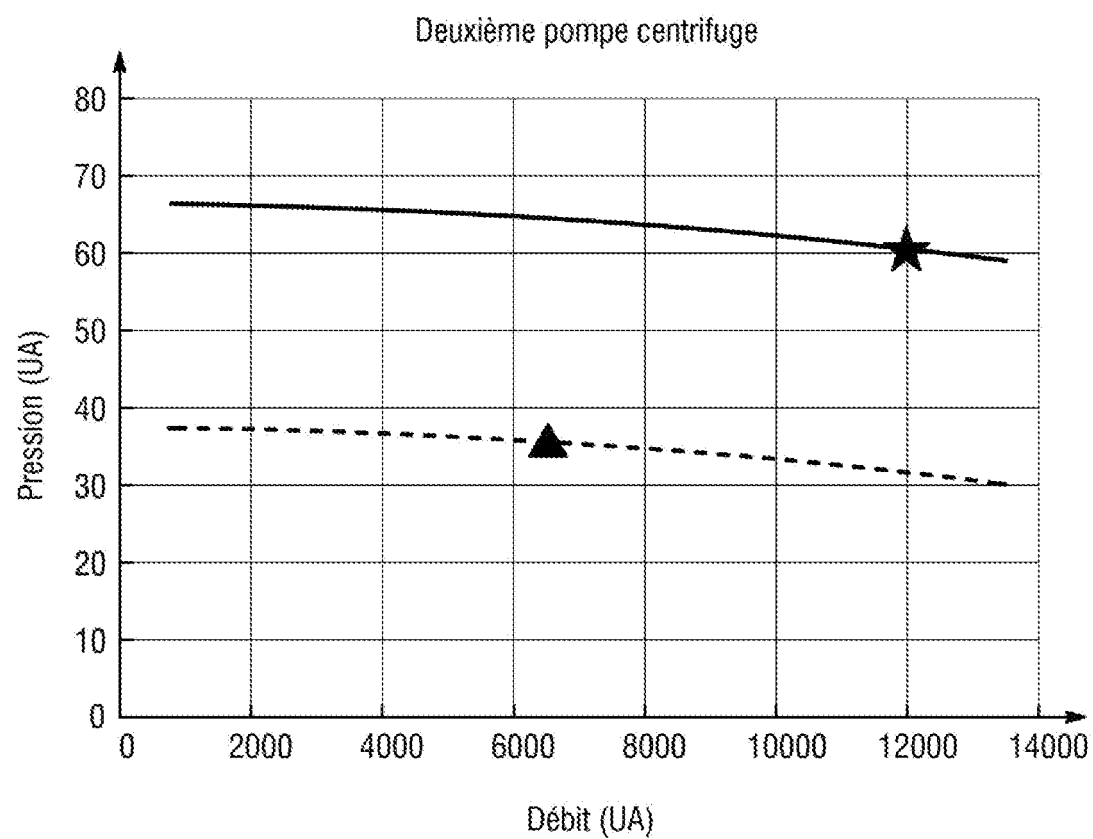
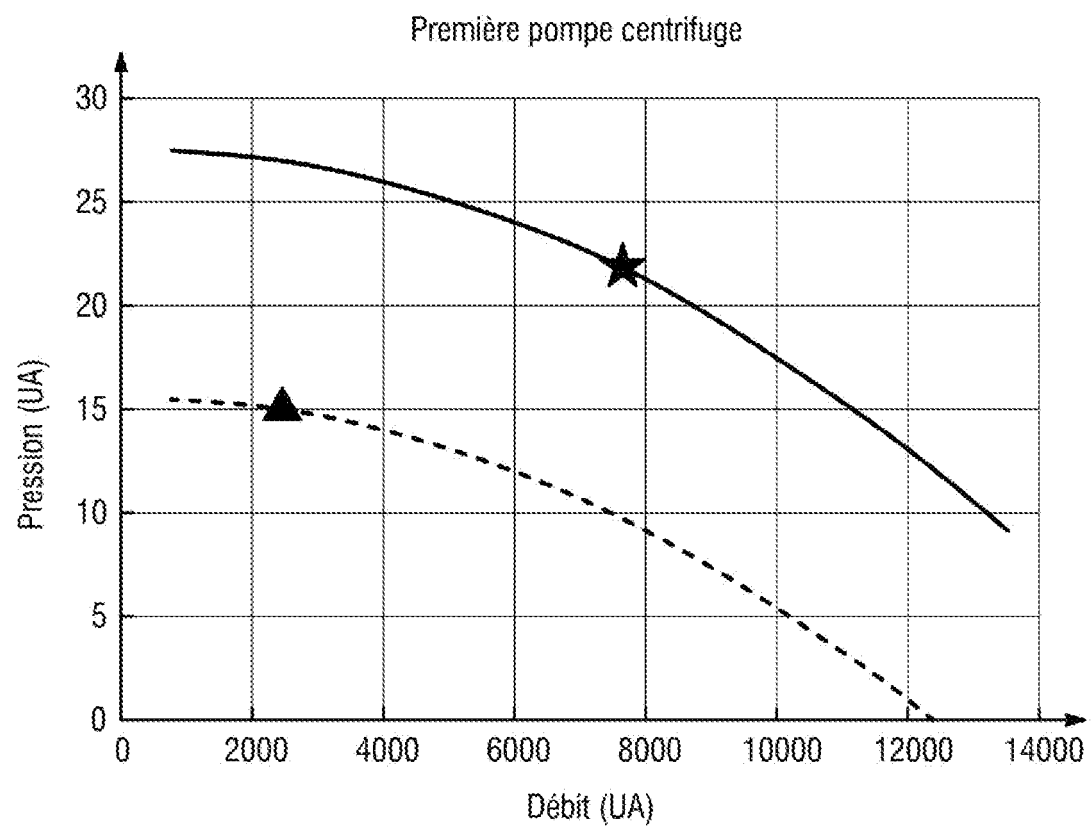
[Fig. 2]



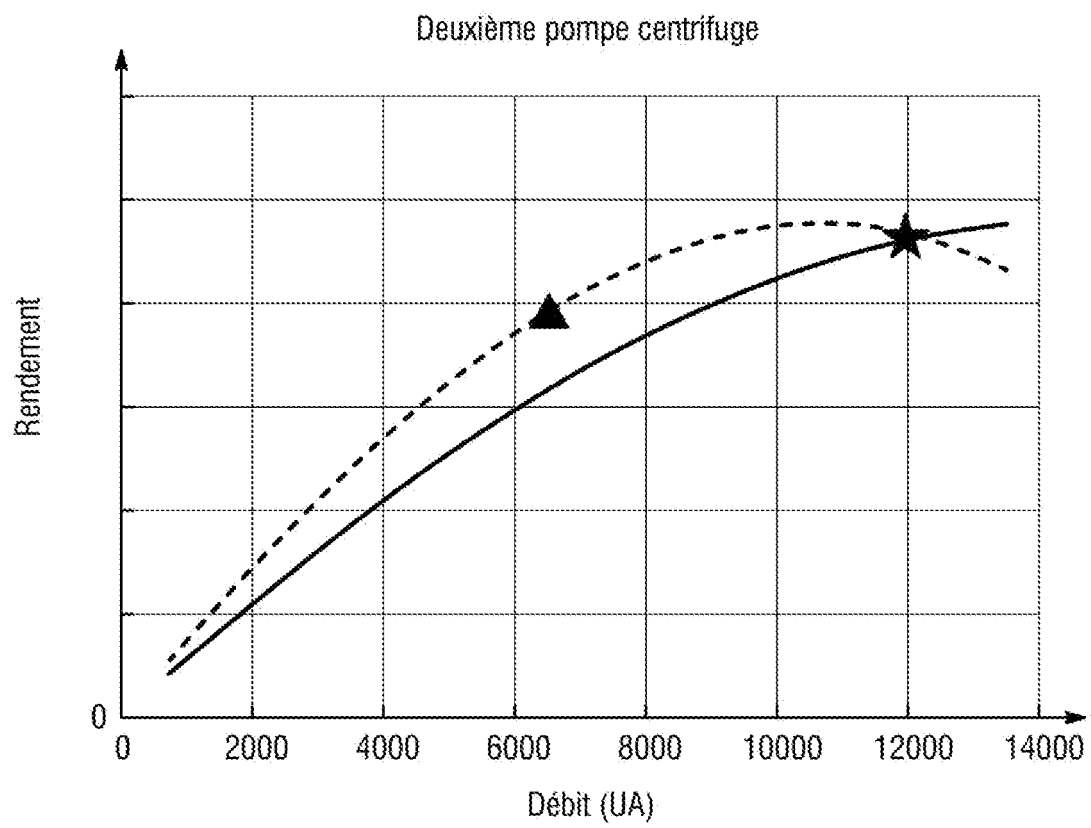
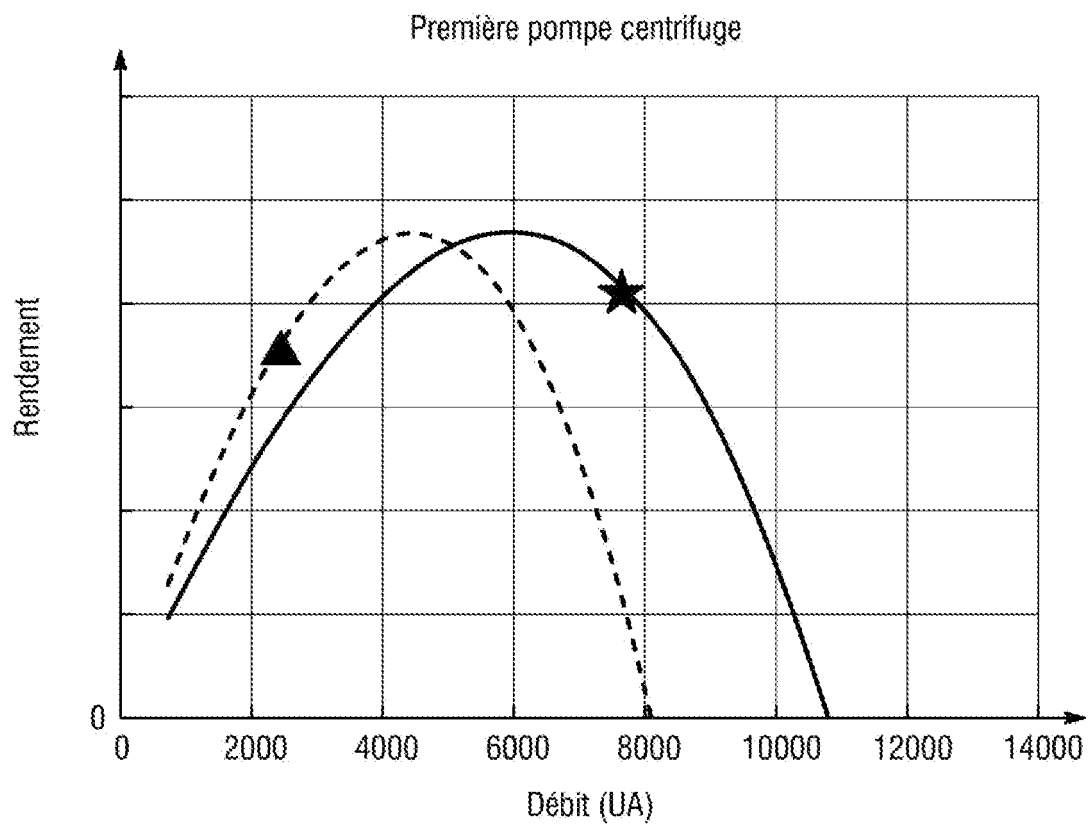
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 905836
FR 2201480

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2016/146108 A1 (YATES MARTIN [GB] ET AL) 26 mai 2016 (2016-05-26) * alinéas [0006], [0016], [0017], [0042], [0043] * * figures 2,3 * -----	1-10	F02C7/22
A	US 3 547 557 A (GRENNAN CHARLES W ET AL) 15 décembre 1970 (1970-12-15) * colonne 3, ligne 3 - colonne 9, ligne 20 * * figures 1-4 * -----	1-10	
A	GB 771 837 A (LUCAS INDUSTRIES LTD) 3 avril 1957 (1957-04-03) * page 1, lignes 9-58 * * figure 1 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F02C F04D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 septembre 2022		Gebker, Ulrich	
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 2201480 FA 905836**

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 **22-09-2022**
 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
US 2016146108 A1	26-05-2016	EP 3023615 A1	25-05-2016
		US 2016146108 A1	26-05-2016
US 3547557 A	15-12-1970	GB 1281362 A	12-07-1972
		US 3547557 A	15-12-1970
GB 771837 A	03-04-1957	AUCUN	