

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 120 920

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 21 02695

51 Int Cl⁸ : F 02 C 9/46 (2020.12), F 02 C 9/42, 7/236

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.03.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.09.22 Bulletin 22/38.

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 HELICOPTER ENGINES
SASU — FR.

72 Inventeur(s) : MOUTAUX, Antoine Pascal, LONGIN,
Alexis Thomas Valentin, LEMAY, David Bernard Martin,
BENEZECH, Philippe Jean René Marie et SICAIRE,
Pierre Anthony.

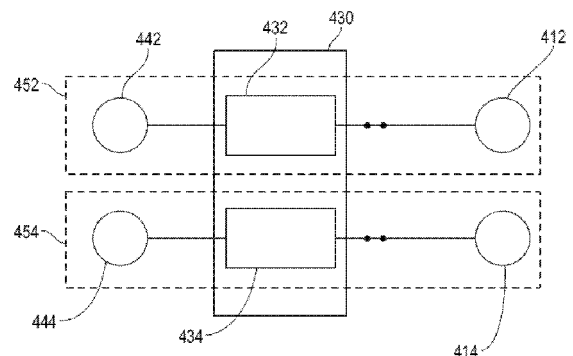
73 Titulaire(s) : SAFRAN HELICOPTER ENGINES
SASU.

74 Mandataire(s) : Gevers & Ores.

54 SYSTEME DE POMPAGE ET DE DOSAGE D'UN FLUIDE POUR TURBOMACHINE ET PROCEDE DE
PILOTAGE D'UN TEL SYSTEME.

57 L'invention propose un système de pompage et de dosage (400) d'un fluide (10) pour turbomachine comprenant au moins une pompe (412,414) du fluide et un calculateur électronique (430) configuré pour déterminer le débit du fluide à distribuer à la turbomachine, le système de pompage et de dosage étant caractérisé en ce qu'il comporte un premier moteur électrique et un deuxième moteur électrique, chacun configuré pour entraîner la au moins une pompe et en ce que le calculateur électronique comporte une première boucle de régulation (432) destinée à piloter au moins le premier moteur électrique et une deuxième boucle de régulation (434) destinée à piloter au moins le deuxième moteur électrique.

Figure pour l'abrégé : Figure 4



FR 3 120 920 - A1



Description

Titre de l'invention : SYSTEME DE POMPAGE ET DE DOSAGE D'UN FLUIDE POUR TURBOMACHINE ET PROCEDE DE PILOTAGE D'UN TEL SYSTEME

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un système de pompage et de dosage d'un fluide pour turbomachine, une turbomachine le comprenant et un procédé de pilotage d'un tel système.

Arrière-plan technique

[0002] Dans le domaine aéronautique, les turbomachines comprennent de nombreux organes de pompage de fluide, par exemple un organe de pompage principal d'un circuit carburant d'une turbomachine, un organe de pompage basse pression d'un circuit carburant d'une turbomachine ou un organe de pompage d'un circuit huile d'une turbomachine. Ces circuits de fluide nécessitent une génération de puissance hydraulique et éventuellement le dosage du débit du fluide.

[0003] En général, la génération de puissance hydraulique principale est réalisée au moyen d'une ou plusieurs pompes (pompe(s) dite(s) haute pression) entraînée(s) mécaniquement via le générateur de gaz de la turbomachine. Le bon fonctionnement de la (des) pompe(s) haute pression peut nécessiter une génération de puissance hydraulique d'appoint en amont qui peut être réalisée au moyen d'une ou plusieurs pompes (pompe(s) dite(s) basse pression, ou « engine booster pump » en anglais) entraînées elles aussi mécaniquement via le générateur de gaz de la turbomachine. Le dosage en carburant, en aval des pompes hautes pressions, est généralement réalisé par un dispositif hydraulique piloté par un contrôleur électronique.

[0004] Néanmoins, les pompes entraînées mécaniquement présentent de nombreux inconvénients. En effet, la ou les pompe(s) est(sont) dimensionnée(s) pour le pire cas de fonctionnement, par exemple pompe vieillie, pires conditions du domaine de vol, pire température du fluide... Ainsi, la puissance hydraulique délivrée par la ou les pompes est en général supérieure au besoin courant de la turbomachine engendrant un prélèvement de puissance mécanique non nécessaire sur le générateur de gaz et une élévation de la température du fluide.

[0005] En outre, la masse de l'entraînement mécanique (pignons d'entraînement et carters du réducteur) et des composants ou organes hydrauliques eux-mêmes (pompes, vannes de dosage, régulateur de pression) est importante.

[0006] De plus, l'ensemble du dispositif de dosage du fluide nécessaire pour assurer la précision de dosage demandée par la régulation est très complexe.

- [0007] Par ailleurs, sur les circuits carburant des turbomachines de propulsion aéronautiques existantes, telles qu'un turbomoteur d'hélicoptère, turbofan ou turbopropulseur d'avion, les organes de contrôle et d'actionnement sont généralement redondants contrairement aux organes hydromécaniques de dosage (régulateur de pression différentielle, vanne). Dans ce cas, un blocage du système de dosage entraîne une perte de l'opérabilité de la turbomachine.
- [0008] Or la suppression de l'entraînement mécanique des pompes huile et carburant est une étape essentielle vers la suppression totale de la boîte accessoire des turbomachines permettant notamment un gain de prélèvement de puissance mécanique sur le générateur de gaz.
- [0009] Ainsi, sur certaines applications, la turbomachine utilise une pompe principale haute pression, appelée aussi pompe doseuse, comportant un moteur électrique pour l'entraîner, qui assure à la fois la génération principale de puissance hydraulique et le dosage du débit du carburant. En revanche, ces pompes doseuses, encore appelées "motopompes", sont des organes simplex, c'est-à-dire qu'une panne de la motopompe entraîne l'arrêt de l'alimentation en carburant ou de la lubrification de la turbomachine conduisant à un arrêt moteur en vol.
- [0010] La présente invention a pour but de remédier à au moins une partie de ces inconvénients.

Résumé de l'invention

- [0011] L'invention propose un système de pompage et de dosage d'un fluide pour turbomachine comprenant au moins une pompe du fluide et un calculateur électronique configuré pour déterminer le débit du fluide à distribuer à la turbomachine, le système de pompage et de dosage étant caractérisé en ce qu'il comporte un premier moteur électrique et un deuxième moteur électrique, chacun configuré pour entraîner la au moins une pompe et en ce que le calculateur électronique comporte une première boucle de régulation destinée à piloter au moins le premier moteur électrique et une deuxième boucle de régulation destinée à piloter au moins le deuxième moteur électrique.
- [0012] Ainsi, l'invention propose une alternative aux systèmes de dosage et pressurisation de fluide entraînés mécaniquement offrant le même niveau de sécurité que ces derniers.
- [0013] En outre, l'invention permet un gain de masse pour le système de pompage et de dosage.
- [0014] Le système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- [0015] – le système de pompage et de dosage d'un fluide est configuré pour générer un débit du fluide, le fluide étant du carburant ou de l'huile de lubrification ;
- le système de pompage et de dosage d'un fluide est configuré pour mettre en pression le fluide, le fluide étant du carburant destiné à l'alimentation d'un système de dosage principal de la turbomachine ;
- le premier moteur électrique et le deuxième moteur électrique sont chacun configurés pour entraîner une même pompe ;
- le système de pompage et de dosage d'un fluide comporte deux pompes : une première pompe configurée pour être entraînée par le premier moteur électrique, et une deuxième pompe configurée pour être entraînée par le deuxième moteur électrique ;
- la première pompe et la deuxième pompe sont agencées en parallèle entre un réservoir de fluide et un organe de la turbomachine à alimenter en fluide ;
- le système de pompage et de dosage d'un fluide comprend un premier dispositif d'anti-retour agencé en amont ou en aval de la première pompe et un deuxième dispositif d'anti-retour agencé en amont ou en aval de la deuxième pompe ;
- la première pompe et la deuxième pompe sont agencées en série entre un réservoir de fluide et un organe de la turbomachine à alimenter en fluide ;
- le système de pompage et de dosage d'un fluide comprend un premier dispositif d'anti-retour agencé en parallèle de la première pompe et un deuxième dispositif d'anti-retour agencé en parallèle de la deuxième pompe.
- [0016] La présente invention concerne également une turbomachine, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'invention et tel que décrit précédemment.
- [0017] La présente invention concerne également un aéronef comportant au moins une telle turbomachine.
- [0018] La présente invention concerne également un procédé de pilotage d'un tel système de pompage et de dosage d'un fluide, une première voie de pilotage comportant une première unité d'acquisition, la première boucle de régulation du calculateur électronique et au moins le premier moteur électrique et une deuxième voie de pilotage comportant une deuxième unité d'acquisition, la deuxième boucle de régulation du calculateur électronique et au moins le deuxième moteur électrique, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes consistant à :
- [0019] a. autoriser la première voie de pilotage comportant la première boucle de régulation à piloter la au moins une pompe via au moins le premier moteur électrique ;
- b. établir une consigne de puissance hydraulique ou de débit pour au moins le

moteur électrique de la première voie de pilotage autorisée par la première boucle de régulation à partir de données fournies par au moins la première unité d'acquisition de la première voie de pilotage autorisée ; et

- c. en cas de panne d'au moins un élément choisi dans la liste comportant la première unité d'acquisition, la première boucle de régulation et au moins le premier moteur électrique de la première voie de régulation autorisée et la au moins une pompe, transférer l'autorisation de piloter la au moins une pompe de la première voie de pilotage à la deuxième voie de pilotage, et établir une consigne de puissance hydraulique ou de débit pour au moins le moteur électrique de la deuxième voie de pilotage autorisée par la deuxième boucle de régulation à partir de données fournies par au moins la deuxième unité d'acquisition de la deuxième voie de pilotage autorisée.

[0020] Le procédé de pilotage selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, qui peuvent être prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- [0021] – chaque boucle de régulation d'une voie de pilotage est destinée à piloter un unique moteur électrique ;
- chaque boucle de régulation d'une voie de pilotage est habilitée à piloter les premier et deuxième moteurs électriques ;
- l'établissement d'une consigne de débit ou puissance hydraulique comprend une étape consistant à établir une répartition de puissance hydraulique ou de débit à fournir à la turbomachine entre les deux moteurs électriques ;
- le débit ou puissance hydraulique à fournir est équitablement répartie entre les deux moteurs électriques ;
- la première boucle de régulation et la deuxième boucle de régulation sont adaptées pour échanger des données ;
- en cas de panne d'au moins un élément de la première voie de pilotage autorisée parmi la première boucle de régulation, le premier moteur électrique et la première pompe, la consigne de débit ou puissance hydraulique est appliquée en intégralité sur le deuxième moteur électrique ;
- chaque voie de pilotage est adaptée pour piloter le premier moteur électrique et le deuxième moteur électrique, et la première boucle de régulation est configurée pour piloter conjointement le premier moteur électrique et le deuxième moteur électrique selon la consigne de débit ou puissance hydraulique établie sauf en cas de panne d'au moins un élément de la première voie de pilotage autorisée ;
- en cas de panne d'au moins un élément de la première voie de pilotage parmi la première boucle de régulation et la première unité d'acquisition, la

deuxième boucle de régulation est connectée et configurée pour piloter conjointement le premier moteur électrique et le deuxième moteur électrique selon une consigne de débit ou puissance établie par la deuxième boucle de régulation de la deuxième voie de pilotage à laquelle l'autorisation est transférée ;

- le système de pompage et de dosage d'un fluide comporte deux pompes : une première pompe configurée pour être entraînée par le premier moteur électrique, et une deuxième pompe configurée pour être entraînée par le deuxième moteur électrique, et dans lequel en cas de panne d'une pompe ou du premier moteur électrique, la consigne de débit ou puissance hydraulique est telle que l'autre pompe reliée au deuxième moteur électrique fournit l'intégralité du débit ou de la puissance hydraulique à la turbomachine ;
- le procédé de pilotage comporte une étape préalable durant laquelle lors du démarrage de la turbomachine et jusqu'à l'établissement d'un régime ralenti, seule une pompe fournit l'intégralité de la puissance à la turbomachine ;
- le procédé de pilotage comporte une étape d'alternance de la pompe fournissant l'intégralité de la puissance demandée à chaque démarrage de la turbomachine ;
- la répartition de débit ou puissance est établie en fonction d'au moins un facteur parmi le point de fonctionnement de la turbomachine, l'état de santé de chaque boucle de régulation du calculateur, l'état de santé de chaque motopompe, la marge à l'extinction ou au pompage, l'accélération/décélération courante, la puissance fournie par la turbomachine, les conditions de vol ;
- le procédé de pilotage comporte une étape de suivi de l'efficacité des moteurs électriques et de la ou des pompes ;
- le fluide est du carburant ou de l'huile de lubrification.

Brève description des figures

[0022] 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 :

[0023] [fig.1] la figure 1 est une vue schématique d'un système de pompage et de dosage d'un fluide selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

[0024] [fig.2] la figure 2 est une vue schématique d'un système de pompage et de dosage d'un fluide selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

[0025] [fig.3] la figure 3 est une vue schématique d'un système de pompage et de dosage d'un fluide selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;

- [0026] [fig.4] la figure 4 illustre une généralisation d'un système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'invention adapté pour mettre en œuvre un procédé de pilotage selon l'invention ;
- [0027] [fig.5] la figure 5 est un schéma-blocs illustrant des étapes d'un mode de réalisation d'un procédé de pilotage d'un système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'invention ;
- [0028] [fig.6A] la figure 6A illustre un procédé de pilotage selon un premier mode de réalisation de l'invention en fonctionnement normal ;
- [0029] [fig.6B] la figure 6B illustre le procédé de pilotage selon le premier mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'un canal du calculateur ;
- [0030] [fig.6C] la figure 6C illustre le procédé de pilotage selon le premier mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'un capteur ;
- [0031] [fig.6D] la figure 6D illustre le procédé de pilotage selon le premier mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'une motopompe ;
- [0032] [fig.7A] la figure 7A illustre un procédé de pilotage selon un deuxième mode de réalisation de l'invention en fonctionnement normal ;
- [0033] [fig.7B] la figure 7B illustre le procédé de pilotage selon le deuxième mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'un canal du calculateur ;
- [0034] [fig.7C] la figure 7C illustre le procédé de pilotage selon le deuxième mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'un capteur ;
- [0035] [fig.7D] la figure 7D illustre le procédé de pilotage selon le deuxième mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'une motopompe ;
- [0036] [fig.8A] la figure 8A illustre un procédé de pilotage selon un troisième mode de réalisation de l'invention en fonctionnement normal ;
- [0037] [fig.8B] la figure 8B illustre le procédé de pilotage selon le troisième mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'un canal du calculateur ;
- [0038] [fig.8C] la figure 8C illustre le procédé de pilotage selon le troisième mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'un capteur ;
- [0039] [fig.8D] la figure 8D illustre le procédé de pilotage selon le troisième mode de réalisation de l'invention en cas de panne d'une motopompe ;
- [0040] [fig.9] la figure 9 illustre un exemple de loi de charge des motopompes applicable aux procédés de pilotage des figures 7 et 8 en mode de fonctionnement « tout opérationnel » ;
- [0041] [fig.10] la figure 10 illustre un exemple de loi de charge des motopompes applicable aux procédés de pilotage des figures 7 et 8 en cas de panne d'une des motopompes ;
- [0042] [fig.11] la figure 11 illustre un autre exemple de loi de charge des motopompes en fonction de la phase de fonctionnement de la turbomachine pour les procédés de pilotage des figures 7 et 8 ;

[0043] [fig.12] la figure 12 illustre un autre exemple de loi de charge des motopompes entre le démarrage et le ralenti de la turbomachine pour les procédés de pilotage des figures 7 et 8 ;

[0044] [fig.13] la figure 13 illustre un exemple de loi de charge des motopompes pour les procédés de pilotage des figures 7 et 8 dans le cas particulier où il existe un régime de puissance d'urgence.

[0045] Sur les différentes figures, les éléments analogues sont désignés par des références identiques. En outre, les différents éléments ne sont pas nécessairement représentés à l'échelle afin de présenter une vue permettant de faciliter la compréhension de l'invention.

[0046] Par convention, dans la présente demande, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport au sens de circulation du fluide dans une pompe.

Description détaillée de l'invention

[0047] Bien que l'exemple décrit concerne un système de pompage et de dosage de carburant configuré pour générer un débit de carburant, il est clair que cet exemple n'est pas limitatif et que l'invention s'applique également à tout autre système de génération de puissance hydraulique d'un fluide aéronautique, nécessitant plus ou moins de précision de contrôle. Par exemple, l'invention pourrait s'appliquer à un système de génération de pression d'appoint de carburant situé en amont d'un système de génération de puissance hydraulique principal, ou à un système de génération de débit d'huile utilisé pour la lubrification ou le refroidissement des turbomachines.

[0048] L'invention propose un système de pompage et de dosage d'un fluide notamment pour turbomachine comprenant au moins une pompe hydraulique du fluide configurée pour être entraînée par au moins un moteur électrique et pour être pilotée par un calculateur électronique multicanaux.

[0049] De préférence, le système de pompage et de dosage selon l'invention comporte une ou deux pompes et un calculateur électronique bi-canaux pour piloter les moteurs électriques entraînant la ou les pompes.

[0050] La ou chaque pompe hydraulique peut être, par exemple, une pompe centrifuge ou une pompe volumétrique, par exemple du type à engrenages, à palettes ou gerotor, ou tout autre technologie de pompe permettant de générer de la puissance hydraulique.

[0051] Chaque moteur électrique est alimenté par une source de puissance électrique non représentée sur les figures 1 à 4.

[0052] En outre, un moteur électrique peut être intégré dans une pompe hydraulique. Un tel assemblage est connu sous le nom de motopompe.

[0053] Le calculateur électronique comporte des boucles de régulation indépendantes les unes des autres, fournissant une commande ou consigne de pilotage à chaque moteur

électrique du système de pompage et de dosage.

- [0054] De préférence, chaque boucle de régulation établit sa consigne de pilotage à partir de données fournies par un ensemble de capteurs respectifs.
- [0055] Dans le cas de pompes évoluées, intégrant de l'électronique et des capteurs par exemple de vitesse ou de température de fluide, ces données peuvent être également transmises au calculateur électronique, par une interface de communication ad hoc, par exemple une liaison numérique, pour prise en compte dans les boucles de régulation.
- [0056] Deux voies de pilotage/commande des pompes hydrauliques sont ainsi établies permettant de mettre en œuvre un pilotage électronique redondé capable de satisfaire aux exigences de sécurité imposées. Chaque voie de régulation inclut un ensemble de capteurs fournissant des données d'entrée, une boucle de régulation du calculateur électronique, un moteur électrique jusqu'à une pompe hydraulique.
- [0057] La figure 1 illustre un premier système de dosage et de pressurisation 100 d'un fluide 10 selon un premier mode de réalisation de l'invention, à une seule pompe.
- [0058] Le système de pompage et de dosage 100 comporte une pompe hydraulique 112 du fluide et deux moteurs électriques 122, 124, chacun configuré pour entraîner la pompe 112.
- [0059] Les deux moteurs électriques sont dans l'exemple illustré agencés de part et d'autre de la pompe hydraulique 112. Dans ce cas, chaque moteur électrique est relié cinématiquement à la pompe hydraulique, par exemple au moyen d'une roue-libre.
- [0060] Dans une variante non représentée, les deux moteurs électriques sont agencés d'un même côté de la pompe hydraulique et ont avantageusement des pièces mécaniques communes, comme par exemple un rotor ou bien des stators imbriqués. Un tel agencement permet avantageusement de gagner en masse et volume.
- [0061] Le système de pompage et de dosage 100 comprend en outre un calculateur électronique 130 pour piloter les moteurs électriques commandant la pompe.
- [0062] Le calculateur électronique 130 comporte une première boucle de régulation 132 fournissant une commande ou consigne de pilotage M1 au premier moteur électrique 122 et une deuxième boucle de régulation 134 indépendante, fournissant une commande de pilotage M2 au deuxième moteur électrique 124.
- [0063] De préférence, chaque boucle de régulation 132, 134, établit sa consigne de pilotage à partir de données fournies par un ensemble de capteurs respectifs 142, 144.
- [0064] On établit ainsi deux voies de pilotage/commande de la pompe hydraulique 112, permettant de mettre en œuvre un pilotage électronique redondé capable de satisfaire aux exigences de sécurité imposées. La première voie de pilotage 152 inclut l'ensemble de capteurs 142 fournissant des données d'entrée, la boucle de régulation 132, le premier moteur électrique 122 jusqu'à la pompe de distribution 112. De façon analogue la deuxième voie de régulation 154 inclut l'ensemble de capteurs 144 fournissant des

données d'entrée, la boucle de régulation 134, le moteur électrique 124 jusqu'à la pompe de distribution 112.

- [0065] Ainsi, en cas de panne intervenant sur un élément d'une voie de régulation, par exemple le moteur électrique, un capteur ou la boucle de régulation du calculateur, le moteur électrique de l'autre voie de régulation est capable d'entraîner la pompe.
- [0066] Dans cette architecture, seule la portion de la voie de régulation en amont de la pompe est redondée ; une seule pompe assure la génération de la puissance hydraulique.
- [0067] La figure 2 illustre un deuxième mode de réalisation d'un système de pompage et de dosage 200 selon l'invention, à deux pompes hydrauliques 212, 214 montées en parallèle entre un réservoir de fluide (entrée de fluide) et un organe de la turbomachine à alimenter en fluide, chaque pompe étant entraînée par un moteur électrique dédié, 222, 224.
- [0068] Pour chaque pompe 212, 222, on agence de préférence un dispositif d'anti-retour du débit 226, 228 en amont ou bien en aval (relativement à la circulation du fluide), par exemple un clapet anti-retour ou tout autre organe permettant de réaliser cette fonction. Ces dispositifs d'anti-retour du débit 226, 228 permettent d'éviter une perte de débit au travers d'une pompe lorsque celle-ci est en panne ou à l'arrêt.
- [0069] Comme vu précédemment, lorsque les pompes intègrent de l'électronique, des données de mesure peuvent être transmises au calculateur électronique par des liaisons de communication respectives.
- [0070] Dans cette architecture, toute la chaîne de pilotage est redondée : chaque voie de pilotage incluant son ensemble de capteurs, sa boucle de régulation (du calculateur non représenté), son moteur électrique et sa pompe (et sa liaison numérique le cas échéant).
- [0071] La figure 3 illustre un troisième mode de réalisation. Le de pompage et de dosage 300 comporte, comme le deuxième mode de réalisation, deux pompes hydrauliques 312, 314 mais agencées en série entre le réservoir de fluide et l'organe à alimenter, chaque pompe étant entraînée par un moteur électrique respectif, 322, 324.
- [0072] Avantagusement, deux dispositifs d'anti-retour du débit 326, 328, sont prévus, tels que par exemple un clapet anti-retour ou tout autre organe permettant de réaliser cette fonction. Chaque dispositif d'anti-retour du débit 326, 328 est agencé en parallèle sur une pompe respective, les deux clapets étant agencés en série entre le réservoir de fluide et l'organe à alimenter. Ces dispositifs d'anti-retour du débit 326, 328 permettent de compenser d'éventuels écarts de débit entre les deux pompes, ou d'assurer un chemin privilégié pour le fluide en cas de l'arrêt d'une des pompes (dérivation).
- [0073] Les architectures décrites d'un système de pompage et de dosage selon l'invention permettent la mise en œuvre d'un procédé de pilotage perfectionné, intégrant une gestion des pannes satisfaisant aux critères de sécurité imposés dans les véhicules du

domaine aéronautique....

- [0074] Le procédé va maintenant être expliqué, en référence à la figure 4, qui illustre le cas général d'un système de pompage et de dosage selon l'invention comprenant deux moteurs électriques pour piloter la distribution de fluide vers l'organe à alimenter, notamment par le contrôle du débit de fluide. Dans le cas où chaque moteur entraîne une pompe propre, on désigne l'ensemble moteur+pompe par le terme motopompe. Dans la suite, pour simplifier l'exposé, on se place dans cette configuration à deux motopompes.
- [0075] Le système de pompage et de dosage 400 comprend donc deux motopompes 412, 414. A chaque motopompe, 412, 414, correspond une boucle de régulation propre 432, 434 d'un calculateur électronique, 430, chaque boucle de régulation recevant des données propres d'une unité d'acquisition, 442, 444, pour établir une consigne de puissance pour la motopompe associée, 412, 414. Les données sont celles fournies par un ou des capteurs externes, et/ou par chaque pompe, quand les pompes intègrent une électronique correspondante.
- [0076] Le calculateur électronique 430 est configuré pour déterminer le débit du fluide à distribuer par chaque motopompe à partir des données acquises par ces unités d'acquisition 442, 444, dans chacune des deux boucles de régulation.
- [0077] Une telle architecture définit deux voies de pilotage 452, 454, ayant chacune son unité d'acquisition, 442, 444 sa boucle de régulation 432, 434 du calculateur et sa motopompe 412, 414.
- [0078] La figure 5 illustre les étapes d'un procédé de pilotage 500 du système de pompage et de dosage 400 de la figure 4, dans lequel chaque boucle de régulation 432, 434 est destinée à piloter au moins un moteur électrique ou motopompe 412, 414.
- [0079] Le procédé 500 comprend au moins les étapes suivantes :
- [0080] – Au cours d'une étape 502, autoriser une voie de pilotage parmi la première voie de pilotage 452 et la deuxième voie de pilotage 454 à piloter au moins une des motopompes 412, 414. En d'autres termes, cette voie de pilotage a « pleine autorité », c'est la seule voie de pilotage qui peut établir des consignes de débit ou puissance hydraulique afin de contrôler la ou les motopompes 412, 414 au cours du fonctionnement de la turbomachine. Par la suite, on appellera la boucle de régulation ayant autorité, la boucle de régulation de la voie de pilotage ayant pleine autorité.
- [0081] Par la suite, la première voie de pilotage 452 est choisie arbitrairement comme la voie ayant autorité ou voie de contrôle.
- [0082] – Réception par la première boucle de régulation 432 du calculateur électronique 430 de données d'acquisition d'au moins l'unité d'acquisition de la voie de pilotage autorisée, ici la première unité d'acquisition 442, au cours

d'une étape référencée 504.

- Au cours d'une étape 506, la boucle de régulation de la voie de pilotage autorisée, ici la première boucle de régulation 432 détermine, à partir des données d'acquisition reçues, le débit du fluide ou la puissance hydraulique à fournir à la turbomachine par au moins la motopompe de la voie de pilotage autorisée.
- La première boucle de régulation 432 établit ensuite, au cours d'une étape 508, une consigne de débit ou de puissance hydraulique pour au moins la motopompe de la voie de pilotage autorisée à partir du débit du fluide ou de la puissance hydraulique déterminé.
- En cas de panne d'au moins un élément de la voie de pilotage autorisée, c'est-à-dire de l'unité d'acquisition, de la boucle de régulation, du moteur électrique ou motopompe de la voie de pilotage autorisée, l'autorisation de pilotage est transférée à l'autre voie de pilotage, ici la deuxième voie de pilotage 454, au cours d'une étape référencée 510. Ainsi, la première voie de pilotage 452 n'a plus autorité pour piloter la ou les motopompes. Seule la deuxième voie de pilotage 454 a « pleine autorité » et peut établir des consignes de débit ou puissance hydraulique afin de contrôler la ou les motopompes 412, 414 au cours du fonctionnement de la turbomachine.

[0083] Les figures 6 à 8 illustrent trois modes de réalisation de ce procédé de pilotage. Plus précisément, chaque figure 6 à 8 illustre une matrice de décisions correspondant à un mode de réalisation du procédé de pilotage, ces matrices de décisions illustrant un fonctionnement normal de la voie de pilotage ayant autorité et trois cas différents de panne pouvant intervenir dans cette voie de pilotage.

[0084] Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 6, regroupant les figures 6A à 6D, chaque boucle de régulation 432, 434 est destinée à piloter un unique moteur électrique ou motopompe 412, 414.

[0085] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 7 (regroupant les figures 7A à 7D), les boucles de régulation 432 et 434 du calculateur communiquent avantageusement entre elles par une liaison dite « intervoie » 460 entre les deux boucles de régulation, permettant un échange de données entre les deux voies de régulation.

[0086] Le mode de réalisation de la figure 8 (regroupant les figures 8A à 8D) correspond à un procédé de pilotage perfectionné dans lequel chaque boucle de régulation 432, 434 est habilitée à piloter conjointement et directement les deux motopompes 412, 414 du système.

[0087] Sur ces figures, les éléments du système de pompage et de dosage schématisés en trait gras sont opérationnels et actifs, ceux en traits pointillés sont en panne, les autres sont inactifs ou en attente. Ainsi la voie de pilotage ayant autorité est la voie de

pilotage dont la boucle de régulation est représentée en trait gras.

- [0088] Les trois modes de réalisation du procédé vont maintenant être détaillés.
- [0089] Les figures 6A à 6D illustrent une matrice de décisions d'un premier mode de réalisation du procédé de pilotage dans lequel chaque boucle de régulation 432, 434 est destinée à piloter un unique moteur électrique ou motopompe 412, 414.
- [0090] La figure 6A représente le cas de fonctionnement normal dans lequel tous les éléments de la voie de contrôle sont opérationnels, c'est-à-dire tous les éléments de la première voie de pilotage 452 qui dans cet exemple illustré a autorité.
- [0091] La deuxième voie de pilotage 454 est en attente ou « stand-by ». En pratique, dire que la voie de pilotage 454 est en stand-by signifie que le signal de sortie de la boucle de régulation 434 n'est pas appliqué à la deuxième motopompe 414, comme cela est schématisé par un commutateur en position ouverte. Autrement dit la deuxième boucle de régulation 434 n'a pas autorité pour piloter la deuxième motopompe 414.
- [0092] Dans ce cas, la première motopompe 412 fournit la totalité du débit ou de la puissance hydraulique demandée par la turbomachine, sur consigne de puissance ou de débit établie par la première boucle de régulation 432 de la voie de pilotage qui a autorité.
- [0093] En cas de panne dans la voie en contrôle, c'est-à-dire la voie de pilotage qui a autorité (boucle de régulation en gras sur les figures), que ce soit une panne de la boucle de régulation 432 (figure 6B), de l'unité d'acquisition 442 ou d'un de ses capteurs essentiels (figure 6C) ou de la motopompe 412 (moteur et/ou pompe) (figure 6D) de la voie en contrôle : il y a commutation des voies de pilotage en attente et en contrôle. Ainsi, l'autorisation de contrôle est transférée de la première voie de pilotage 452 à la deuxième voie de pilotage 454. La première voie de pilotage 452 est alors en attente comme cela est schématisé par un commutateur en position ouverte en sortie de la première boucle de régulation 432 tandis que le commutateur en sortie de la deuxième boucle de régulation 434 est en position fermée.
- [0094] La deuxième voie de pilotage 454 a la pleine autorité pour piloter la deuxième motopompe 414 en établissant une consigne en débit ou en puissance hydraulique à partir des données transmises par la deuxième unité d'acquisition 444. La deuxième boucle de régulation 434 pilote la motopompe 414 qui fournit alors la totalité de la puissance hydraulique demandée pour le fonctionnement de la turbomachine.
- [0095] En pratique, cette étape de transfert d'autorité ou de commutation de voie de pilotage en cas de panne d'un élément de la voie de pilotage ayant autorité peut entraîner un régime transitoire non négligeable, du fait du temps nécessaire à la deuxième motopompe 414 pour reprendre la totalité de la charge de puissance jusque-là effectuée par la première motopompe 412.
- [0096] Néanmoins, ce procédé répond à une philosophie de pilotage et donc de gestion de

pannes des turbomachines aéronautiques actuelles dans une voie de pilotage ayant une boucle de régulation n'ayant autorité de pilotage que sur une seule motopompe.

- [0097] Les figures 7A à 7D représente une matrice de décisions correspondant à un deuxième mode de réalisation du procédé de pilotage de la figure 5, permettant avantageusement de réduire la durée du régime transitoire. Ce deuxième mode de réalisation est particulièrement adapté à des systèmes de pompage et de dosage dans lesquels les deux boucles de régulation 432, 434 du calculateur électronique 430 sont adaptées pour échanger des données par une liaison dite « intervoie » 460. Par exemple, les données échangées sont des mesures ou des données de diagnostic fournies par les unités d'acquisition 442, 444 ou bien une consigne établie par une boucle de régulation de la voie de pilotage en contrôle pour piloter la motopompe de l'autre voie de pilotage.
- [0098] Selon ce mode de réalisation du procédé, au cours de l'étape 504 (figure 5) la voie de pilotage ayant autorité (i.e. la première voie de pilotage 452) reçoit des données à la fois de la première unité d'acquisition 442 et de la deuxième unité d'acquisition 444. Puis la boucle de régulation 432 de la première voie de pilotage 452 (ayant autorité) détermine à partir de ces données le débit du fluide ou la puissance hydraulique à fournir à la turbomachine par chacune des motopompes 412, 414 (étape 506 de la figure 5) et établit une consigne de débit ou de puissance hydraulique pour chaque motopompe 412, 414 afin de pouvoir les piloter simultanément pour le fonctionnement de la turbomachine (étape 508 de la figure 5). En d'autres termes, la boucle de régulation 432 de la première voie de pilotage 452 (ayant autorité) détermine une répartition des débits ou puissances hydrauliques à fournir à la turbomachine par chaque moteur électrique ou motopompe 412, 414, à partir notamment des données échangées entre les deux boucles de régulation via la liaison intervoie 460.
- [0099] La deuxième boucle de régulation 434, de la voie de pilotage en attente 454, peut dans ce cas être habilitée à piloter la deuxième motopompe 414, avec une autorité limitée, pour fournir une partie du débit ou de la puissance hydraulique nécessaire à la turbomachine. Par autorité limitée, on entend que la deuxième boucle de régulation 434, de la voie de pilotage en attente 454, pilote la deuxième motopompe 414 à partir de la consigne établie par la première boucle de régulation 432 de la première voie de pilotage 452 (ayant pleine autorité). La deuxième boucle de régulation 434, de la voie de pilotage en attente 454 n'établit pas la consigne pour piloter la deuxième motopompe 414, elle la reçoit de la première boucle de régulation 432.
- [0100] Ce mode de réalisation du procédé permet avantageusement de réduire la durée du régime transitoire en cas de transfert d'autorité ou de commutation de voie.
- [0101] Dans la situation de la figure 7A (cas normal), la voie de pilotage ayant autorité est la première voie de pilotage 452 (schématisée en gras) qui détermine le débit total ou

puissance hydraulique totale nécessaire à la turbomachine et la répartit entre les deux motopompes 412, 414 actives. La deuxième boucle de régulation 434 de la deuxième voie de pilotage 454 est en attente, avec une "autorité limitée", pour transmettre la consigne en débit ou puissance hydraulique établie par la première boucle de régulation 432 à la deuxième motopompe 414 afin de la piloter.

- [0102] En cas de panne dans la voie en contrôle 452, de la première boucle de régulation 432 ou de la première motopompe 412 associée, telles qu'illustrées en figures 7B et 7D par des traits pointillés, l'autorité de contrôle et par conséquent l'établissement des consignes de débit ou de puissance hydraulique sont transférés de la première boucle de régulation 432 à la deuxième boucle de régulation 434, qui devient la boucle de régulation de la voie de pilotage ayant autorité.
- [0103] Dans ce cas, seule la deuxième motopompe 414 reste active et fournit la totalité du débit ou de la puissance hydraulique nécessaire au fonctionnement de la turbomachine, la deuxième boucle de régulation 434 (« ayant autorité ») établit une consigne en ce sens. Comme la deuxième motopompe 414 était déjà en fonctionnement ou « en charge », elle voit un régime transitoire moins prononcé que pour le premier mode de réalisation du procédé de pilotage des figures 6A à 6D.
- [0104] En cas de défaillance de la première unité d'acquisition 442 (schématisée en traits pointillés) de la voie de pilotage 452 ayant autorité (Fig. 7C), c'est-à-dire en amont de la boucle de régulation 432, il y a également transfert de l'autorité de pilotage de la première voie de pilotage 452 à la deuxième voie de pilotage 454. Ainsi, la deuxième boucle de régulation 434 de la voie en contrôle détermine le débit total ou puissance hydraulique totale nécessaire à la turbomachine et la répartit entre les deux motopompes 412, 414 actives. La première boucle de régulation 432 de la première voie de pilotage 452 est alors en attente, avec une "autorité limitée", pour transmettre la consigne en débit ou puissance hydraulique établie par la deuxième boucle de régulation 434 à la première motopompe 412 afin de la piloter. Chaque boucle de régulation continue de piloter la motopompe qui lui est associée.
- [0105] Les figures 8A à 8D représente une matrice de décisions ou de pilotage correspondant à un troisième mode de réalisation perfectionné du procédé de pilotage de la figure 5. Ce troisième mode de réalisation du procédé est particulièrement adapté à des systèmes de pompage et de dosage dans lesquels chaque boucle de régulation 432, 434 est reliée électriquement aux deux motopompes 412, 414 et habilitée à piloter conjointement les deux motopompes 412, 414 du système de pompage et de dosage. Les deux boucles de régulation 432, 434 du calculateur électronique 430 peuvent en outre être adaptées pour échanger des données par une liaison dite « intervoie » 460.
- [0106] En référence à la figure 8A relatif au cas normal de fonctionnement, la voie de pilotage ayant autorité (schématisée en trait gras) est la première voie de pilotage 452

dont la boucle de régulation 432 est connectée aux deux motopompes 412, 414.

- [0107] Au cours de l'étape 506 (figure 5), la première boucle de régulation 432 détermine le débit du fluide ou la puissance hydraulique à fournir à la turbomachine par chacune des motopompes 412, 414 à partir de données d'au moins la première unité d'acquisition 442. En d'autres termes, la boucle de régulation 432 de la première voie de pilotage 452 (ayant autorité) détermine une répartition des débits ou puissances hydrauliques à fournir à la turbomachine par chaque moteur électrique ou motopompe 412, 414. Puis, elle établit une consigne de débit ou de puissance hydraulique pour chaque motopompe 412, 414 afin de pouvoir les piloter directement et simultanément pour le fonctionnement de la turbomachine (étape 508 de la figure 5).
- [0108] Pendant ce temps, la deuxième boucle de régulation 434 de la voie en attente 454 n'établit aucune consigne de pilotage pour les motopompes et ne pilote aucune des motopompes tel que schématisé par les commutateurs en position ouverte reliés respectivement à la première motopompe 412 et à la deuxième motopompe 414 en sortie de la deuxième boucle de régulation 434.
- [0109] En cas de panne dans la voie de pilotage ayant autorité 452 d'au moins un élément en amont de la motopompe, c'est-à-dire de de la boucle de régulation 432 (Figure 8B) et/ou de l'unité d'acquisition 442 (Figure 8C), l'autorité de contrôle et par conséquent l'établissement des consignes de débit ou de puissance hydraulique sont transférés de la première boucle de régulation 432 à la deuxième boucle de régulation 434, qui devient la boucle de régulation de la voie de pilotage ayant autorité. Ceci est schématisé par le passage des commutateurs reliés respectivement aux motopompes 412, 414 en sortie de la première boucle de régulation 432 de la position fermée à la position ouverte.
- [0110] Ainsi, la boucle de régulation 434 de la deuxième voie de pilotage 454 (ayant autorité) détermine une répartition des débits ou puissances hydrauliques à fournir à la turbomachine par chaque moteur électrique ou motopompe 412, 414. Puis, elle établit une consigne de débit ou de puissance hydraulique pour chaque motopompe 412, 414 afin de pouvoir les piloter directement et simultanément pour le fonctionnement de la turbomachine.
- [0111] Partant de l'une de ces situations des figures 8B ou 8C, et en cas de panne également de l'une des motopompes (dans le cas illustré sur la figure 8D, la première motopompe 412 est en panne), la deuxième boucle de régulation 434 de la voie de pilotage a autorité (voie de pilotage 454) est apte à établir une consigne en débit ou puissance hydraulique pour piloter la deuxième motopompe 414, seule motopompe fonctionnelle, de manière à ce que celle-ci fournisse l'intégralité du débit ou de la puissance hydraulique nécessaire au fonctionnement de la turbomachine.
- [0112] De façon similaire, si c'est la deuxième motopompe 414 qui est en panne, la boucle

de régulation 434 est également apte à établir une consigne en débit ou puissance hydraulique pour piloter la première motopompe 412, seule motopompe fonctionnelle, de manière à ce qu'elle fournisse l'intégralité du débit ou de la puissance hydraulique nécessaire au fonctionnement de la turbomachine.

- [0113] Cela s'applique également à partir de la situation du cas illustré en figure 8A, dans lequel la première voie de pilotage 452 a autorité : si l'une des motopompes a une défaillance, la première boucle de régulation 432 de la voie de pilotage ayant autorité est apte à établir une consigne en débit ou puissance hydraulique pour piloter l'autre des motopompes encore fonctionnelle, de manière à ce que celle-ci fournisse l'intégralité du débit ou de la puissance hydraulique nécessaire au fonctionnement de la turbomachine.
- [0114] Comme dans le cas du deuxième mode de réalisation du procédé, le régime transitoire est amélioré puisque la ou les motopompes encore fonctionnelles étaient déjà en fonctionnement.
- [0115] Les figures 9 et 10 illustrent des lois de charge des deux motopompes correspondant aux matrices de décisions des deuxième et troisième modes de réalisation du procédé de pilotage décrits ci-avant (figures 7 et 8) dans le cas d'une répartition équitable des puissances entre les deux motopompes : la figure 9 pour un mode de fonctionnement « tout opérationnel » et la figure 10, en cas de panne d'une des motopompes. Ainsi, les figures 9 et 10 représentent chacune par un graphique l'évolution du débit ou puissance hydraulique totale (courbe référencée C10) disponible pour la turbomachine, l'évolution du débit ou puissance hydraulique de la première motopompe (courbes référencées C12, C22), l'évolution du débit ou puissance hydraulique de la deuxième motopompe (courbes référencées C14, C24) et de l'évolution du débit nominal ou puissance hydraulique nominale pour chaque motopompe (courbe référencée C16) en fonction de la puissance de la turbomachine, du démarrage à la puissance maximale de la turbomachine.
- [0116] Dans la figure 9, la répartition de puissance hydraulique ou de débit à fournir étant équitable entre les deux motopompes 412, 414, celles-ci suivent la même loi de charge du démarrage de la turbine à la puissance maximum de fonctionnement de la turbomachine lorsque tout est opérationnel.
- [0117] En regard de la figure 10, lorsqu'une des motopompes, ici la deuxième motopompe 414, est défaillante après la phase de démarrage de la turbine, le débit ou puissance hydraulique fourni par la deuxième motopompe devient nulle (courbe référencée C24) tandis que l'autre motopompe 412 prend le relais et fournit alors l'intégralité du débit ou puissance hydraulique requise pour le fonctionnement de la turbomachine (courbe référencée C24). Chaque motopompe est alors dimensionnée afin de pouvoir fournir l'intégralité de la puissance demandée par la turbomachine.

- [0118] Que ce soit pour le deuxième ou pour le troisième mode de réalisation du procédé de pilotage, la répartition de débit ou puissance hydraulique à fournir par les deux motopompes peut être équitable ou quelconque. Par exemple, une motopompe peut fournir la puissance correspondant au débit anti-extinction de la turbomachine et l'autre le complément.
- [0119] La répartition de débit peut être établie en fonction du point de fonctionnement de la turbomachine, de l'état de santé de chaque boucle de régulation du calculateur électronique, de l'état de santé de chaque motopompe, de la marge à l'extinction ou au pompage, de l'accélération/décélération courante, de la puissance fournie par la turbomachine, des conditions de vol ou encore d'une combinaison de tous ces facteurs.
- [0120] La figure 11 représente par un graphique l'évolution du débit ou puissance hydraulique totale (courbe référencée C10) disponible pour la turbomachine, l'évolution du débit ou puissance hydraulique de la première motopompe (courbe référencée C32), l'évolution du débit ou puissance hydraulique de la deuxième motopompe (courbe référencée C34) en fonction de la puissance de la turbomachine, du démarrage à la puissance maximale de la turbomachine lorsque tout est opérationnel et dans le cas d'une répartition statique, dépendant uniquement de la puissance de la turbomachine. Dans cet exemple, la puissance fournie par la deuxième motopompe (courbe référencée C34) correspond à partir du ralenti de la turbomachine au débit ou puissance hydraulique anti-extinction de la turbomachine et la première motopompe fournit le complément de débit ou puissance hydraulique (courbe référencée C32). Il est entendu que la répartition pourra dépendre des conditions statiques ou dynamiques du point de fonctionnement évoquées ci-dessus.
- [0121] Dans le cas d'une répartition de débit ou de puissance hydraulique non équitable entre les motopompes, c'est-à-dire qu'une des motopompes dite privilégiée fournit un débit ou une puissance plus importante que l'autre motopompe, le procédé de pilotage selon l'invention comporte avantageusement une étape d'alternance de la pompe dite privilégiée à chaque démarrage de la turbomachine afin d'uniformiser l'usure des deux motopompes.
- [0122] De plus, au cours du démarrage de la turbomachine, le débit carburant demandé par la chambre de combustion est très faible comparé aux débits demandés en vol. Néanmoins, il nécessite une bonne précision de dosage pour permettre d'allumer la chambre de combustion dans de bonnes conditions.
- [0123] Par ailleurs, le pilotage d'un moteur électrique peut être délicat à faible charge. De plus, la précision d'une pompe à faible puissance est difficile à assurer et nécessite des tolérances de fabrication serrées, d'appariement ou de réglages coûteux.
- [0124] Pour pallier à ces inconvénients et ainsi permettre une précision du dosage et de la mise en pression plus facilement atteignable, le procédé de pilotage selon l'invention

comporte une étape préalable durant laquelle lors du démarrage de la turbomachine et jusqu'à l'établissement d'un régime ralenti, seule une des motopompes fournit l'intégralité du débit ou de la puissance demandée à la turbomachine tel qu'illustré sur la figure 12 qui représente par un graphique l'évolution du débit ou puissance hydraulique totale (courbe référencée C10) disponible pour la turbomachine, l'évolution du débit ou puissance hydraulique de la première motopompe (courbe référencée C42), l'évolution du débit ou puissance hydraulique de la deuxième motopompe (courbe référencée C44) en fonction de la puissance de la turbomachine, du démarrage à la puissance maximale de la turbomachine lorsque tout est opérationnel et que seule la première motopompe (courbe référencée C42) fournit l'intégralité du débit ou de la puissance demandée à la turbomachine du démarrage au ralenti de la turbomachine. On prévoit avantageusement dans cette étape préalable d'alterner la motopompe utilisée à chaque démarrage de la turbomachine afin d'uniformiser l'usure des deux motopompes et/ou de détecter une éventuelle détérioration d'une motopompe.

- [0125] En outre, une tentative de démarrage peut échouer pour différentes raisons. L'échec de démarrage peut tenir à des conditions exogènes au système de dosage et de pressurisation, comme par exemple un défaut du système d'allumage (bougies) de la chambre de combustion ou une panne d'un clapet de distribution du carburant ; ou bien à des conditions endogènes, c'est-à-dire que la motopompe utilisée est effectivement défaillante à suivre la consigne de débit.
- [0126] Dans ce cas, le procédé de pilotage selon l'invention comporte avantageusement une étape dite de « démarrage de seconde chance ». Ainsi, lorsque le calculateur détecte un démarrage raté, il coupe les accessoires de démarrage (démarreur, électro-clapet de démarrage et allumeurs), attend que la vitesse du générateur de gaz décroisse suffisamment, puis refait une seconde tentative de démarrage avec l'autre motopompe, tout cela de manière automatique. Si en effet la deuxième tentative de démarrage réussit avec cette autre motopompe, cela peut être un signe d'une panne franche ou un signe avant-coureur de dégradation de la de la première motopompe. On peut alors prévoir avantageusement d'enregistrer une information correspondante, comme donnée utile à la maintenance.
- [0127] Comme indiqué précédemment au cours de la description de différents modes de réalisation d'un procédé de pilotage selon l'invention, chaque motopompe peut être amenée à fournir l'intégralité de la puissance demandée par la turbomachine et notamment la puissance maximale demandée par la turbomachine, les deux pompes et leurs moteurs électriques sont donc dimensionnés en conséquence.
- [0128] Dans le cas particulier d'application de l'invention à un hélicoptère bi-turbines, c'est-à-dire comportant deux motopompes par turbine, soit quatre motopompes au total, le dimensionnement des motopompes doit prendre en compte le régime de

puissance d'urgence, dit régime OEI pour « One Engine Inoperative » en anglais. Ce régime OEI est sollicité lorsqu'une turbine est en panne ; l'autre turbine, opérationnelle, doit fournir un surcroît de puissance jusqu'à la fin de la mission. La puissance maximale des motopompes doit donc être augmentée en conséquence, ce qui augmente leur masse et leur coût.

- [0129] Afin de limiter l'augmentation du coût et de la masse, chaque motopompe du système de pompage et de dosage selon l'invention est dimensionnée pour fournir seulement le maximum entre :
- [0130] – le débit ou puissance maximum nécessaire dans la configuration où les deux turbines sont opérationnelles (Régime AEO pour « All Engines Operative » en anglais),
 - la moitié du débit ou puissance maximum OEI nécessaire en cas de perte de débit/puissance ou de panne de l'autre turbine,
- [0131] la répartition de puissance ou débit étant effectuée entre les deux motopompes en faisant l'hypothèse vraisemblable que la combinaison des événements « perte de puissance d'une turbine entraînant la nécessité d'un régime OEI sur l'autre turbine » ET conjointement « perte d'une motopompe » est hautement improbable. Un exemple de loi de charge des motopompes d'une turbine correspondante est illustré sur la figure 13.
- [0132] Avantagement, le procédé de pilotage selon l'invention comprend en outre une étape de suivi ou « monitoring » en anglais de l'efficacité des motopompes en comparant la puissance du moteur électrique avec la vitesse de rotation de la pompe à laquelle il est couplé et la puissance et/ou la vitesse de la motopompe avec la puissance de la turbine. Cette étape permet de suivre l'état de santé de chaque motopompe.
- [0133] De préférence, cette étape de suivi est réalisée pour une même pompe à un régime donné ou au cours du démarrage de la turbine, à faible débit.
- [0134] Le diagnostic concernant l'état de santé de la pompe pourra avantagement être réalisé en comparant l'efficacité des deux pompes sur des régimes similaires ou entre chaque démarrage, s'il y a une alternance des motopompes au démarrage.
- [0135] Les trois modes de réalisation d'un procédé de pilotage selon l'invention tels que décrits précédemment peuvent être avantagement mis en œuvre par un système de pompage et de dosage d'un fluide tels que décrits précédemment et notamment pour le deuxième et le troisième modes de réalisation illustrés sur les figures 2 et 3.
- [0136] Les deuxième et troisième modes de réalisation (figures 7 et 8) du procédé de pilotage permettent en plus un partage de débit ou puissance hydraulique entre les motopompes, avec pour effets techniques avantageux de permettre une optimisation du dimensionnement des motopompes, d'améliorer leur vieillissement et leur temps de réponse en cas de défaillance d'un élément de la voie de pilotage ayant autorité.

Revendications

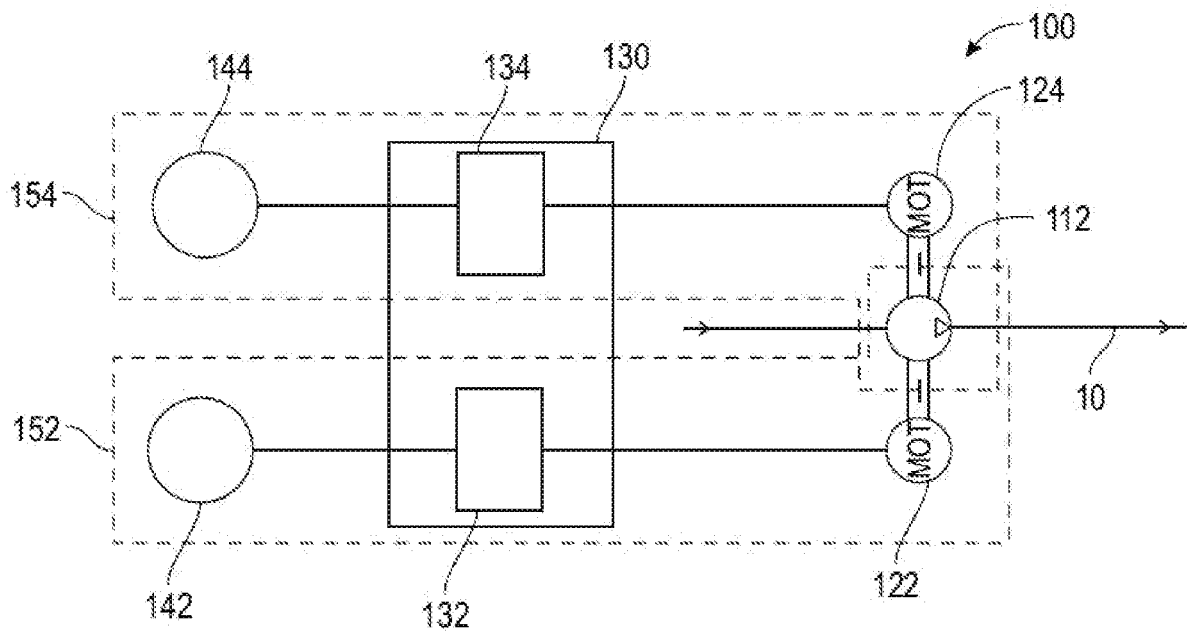
- [Revendication 1] Système de pompage et de dosage (100 ;200 ;300 ;400) d'un fluide (10) pour turbomachine comprenant au moins une pompe (112 ;212,214 ;312,314 ;412,414) du fluide et un calculateur électronique (130 ; 430) configuré pour déterminer le débit du fluide à distribuer à la turbomachine, le système de pompage et de dosage étant caractérisé en ce qu'il comporte un premier moteur électrique (122 ;222 ;322) et un deuxième moteur électrique (124 ;224 ;324), chacun configuré pour entraîner la au moins une pompe et en ce que le calculateur électronique comporte une première boucle de régulation (132, 432) destinée à piloter au moins le premier moteur électrique et une deuxième boucle de régulation (134 ; 434) destinée à piloter au moins le deuxième moteur électrique.
- [Revendication 2] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon la revendication précédente, configuré pour générer un débit du fluide, le fluide étant du carburant ou de l'huile de lubrification.
- [Revendication 3] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon la revendication précédente, configuré pour mettre en pression le fluide, le fluide étant du carburant destiné à l'alimentation d'un système de dosage principal de la turbomachine.
- [Revendication 4] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le premier moteur électrique (122) et le deuxième moteur électrique (124) sont chacun configurés pour entraîner une même pompe (112).
- [Revendication 5] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'une des revendications précédentes, comportant deux pompes :
- une première pompe (212 ; 312) configurée pour être entraînée par le premier moteur électrique (222 ; 322), et
 - une deuxième pompe (214 ; 314) configurée pour être entraînée par le deuxième moteur électrique (224 ; 324).
- [Revendication 6] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon la revendication 5, dans lequel la première pompe (212) et la deuxième pompe (214) sont agencées en parallèle entre un réservoir de fluide et un organe de la turbomachine à alimenter en fluide.
- [Revendication 7] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon la revendication 6,

comprenant un premier dispositif d'anti-retour (226) agencé en amont ou en aval de la première pompe (212) et un deuxième dispositif d'anti-retour (228) agencé en amont ou en aval de la deuxième pompe (214).

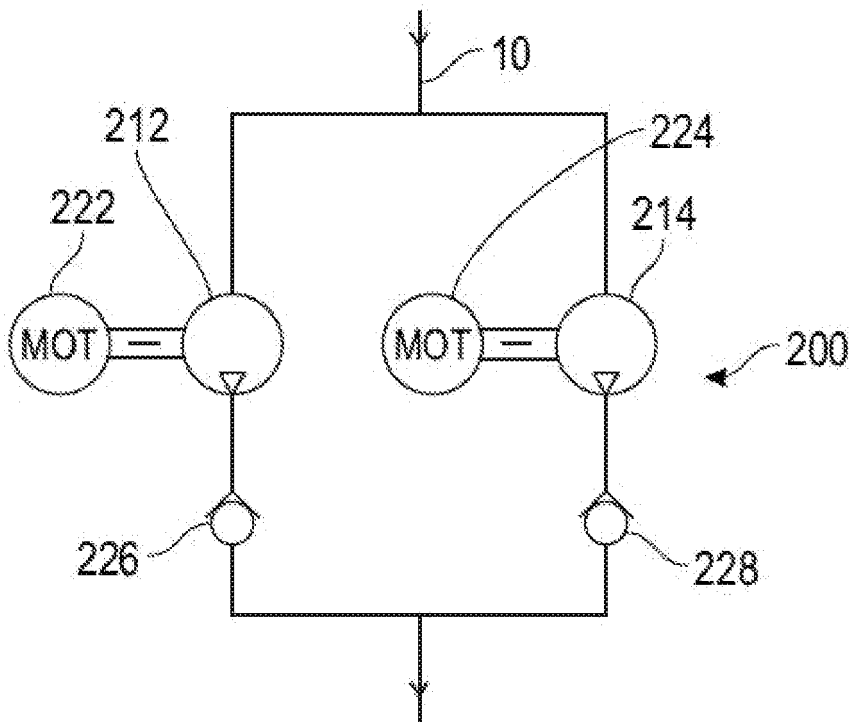
- [Revendication 8] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon la revendication 5, dans lequel la première pompe (312) et la deuxième pompe (314) sont agencées en série entre un réservoir de fluide et un organe de la turbomachine à alimenter en fluide .
- [Revendication 9] Système de pompage et de dosage d'un fluide selon la revendication 8, comprenant un premier dispositif d'anti-retour (326) agencé en parallèle de la première pompe (312) et un deuxième dispositif d'anti-retour (328) agencé en parallèle de la deuxième pompe (314).
- [Revendication 10] Turbomachine, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'une des revendications précédentes.
- [Revendication 11] Aéronef comportant au moins une turbomachine selon la revendication 10.
- [Revendication 12] Procédé de pilotage d'un système de pompage et de dosage d'un fluide selon l'une des revendications 1 à 9, une première voie de pilotage (452) comportant une première unité d'acquisition (442), la première boucle de régulation (432) du calculateur électronique (430) et au moins le premier moteur électrique (412) et une deuxième voie de pilotage (454) comportant une deuxième unité d'acquisition (444), la deuxième boucle de régulation (434) du calculateur électronique (430) et au moins le deuxième moteur électrique (414), le procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes consistant à :
- a. autoriser (502) la première voie de pilotage (452) comportant la première boucle de régulation (432) à piloter la au moins une pompe via au moins le premier moteur électrique (412) ;
 - b. établir (508) une consigne de puissance hydraulique ou de débit pour au moins le moteur électrique (412) de la première voie de pilotage (452) autorisée par la première boucle de régulation (432) à partir de données fournies par au moins la première unité d'acquisition (442) de la première voie de pilotage (452) autorisée ; et
 - c. en cas de panne d'au moins un élément choisi dans la liste comportant la première unité d'acquisition (442), la première

boucle de régulation (432) et au moins le premier moteur électrique (412) de la première voie de régulation autorisée et la au moins une pompe, transférer l'autorisation de piloter la au moins une pompe de la première voie de pilotage (452) à la deuxième voie de pilotage (454), et établir une consigne de puissance hydraulique ou de débit pour au moins le moteur électrique (414) de la deuxième voie de pilotage (454) autorisée par la deuxième boucle de régulation (434) à partir de données fournies par au moins la deuxième unité d'acquisition (444) de la deuxième voie de pilotage (454) autorisée.

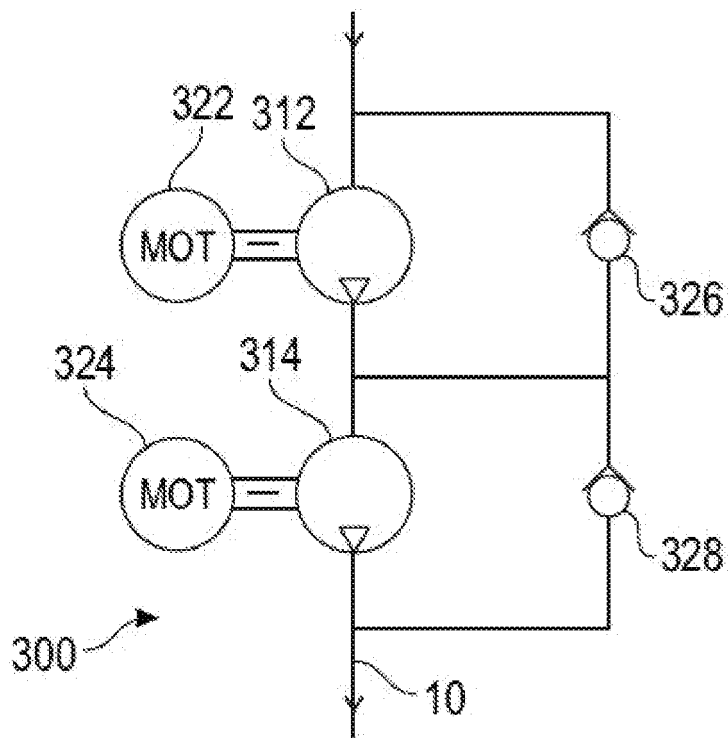
[Fig. 1]



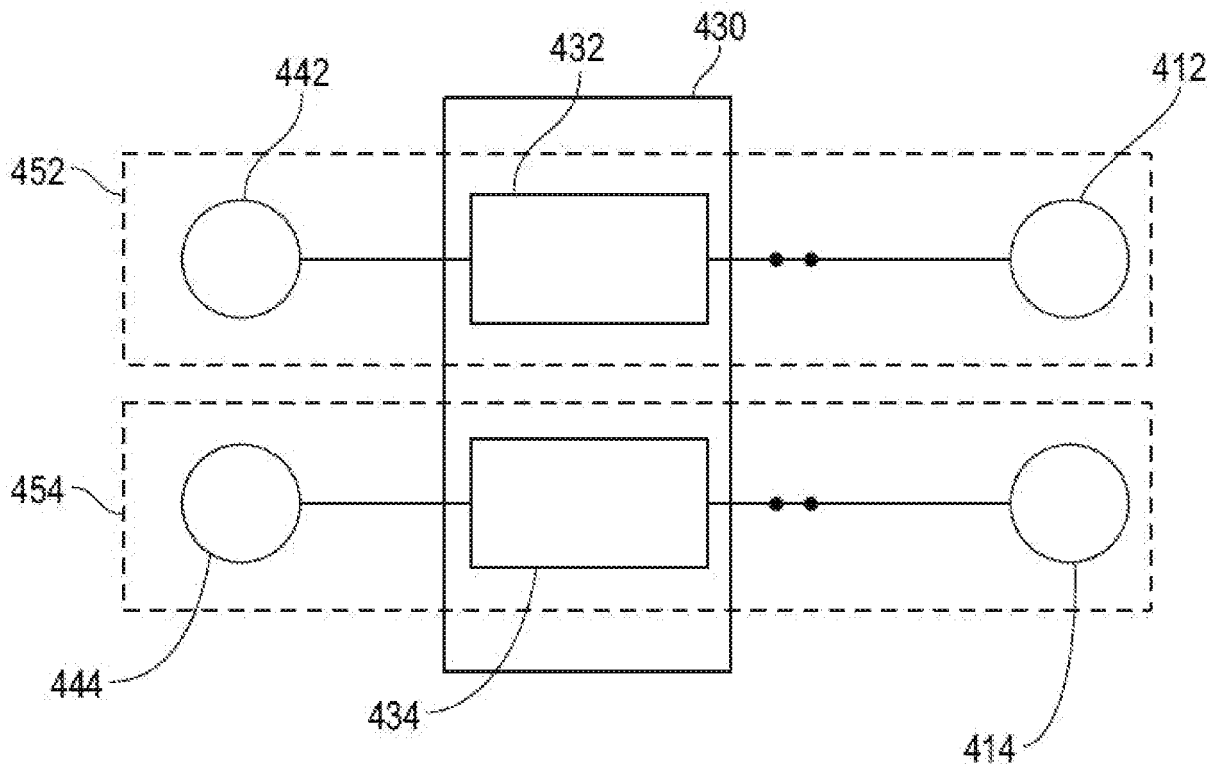
[Fig. 2]



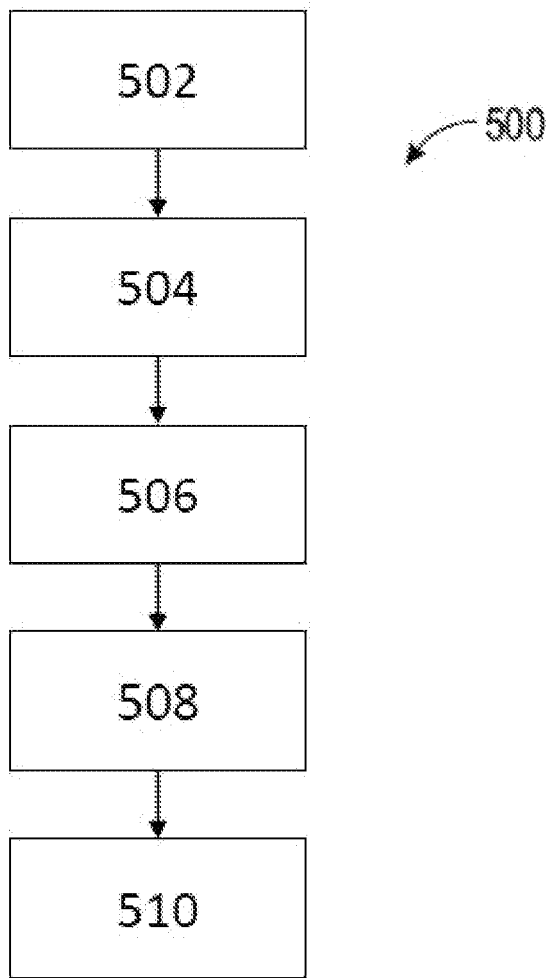
[Fig. 3]



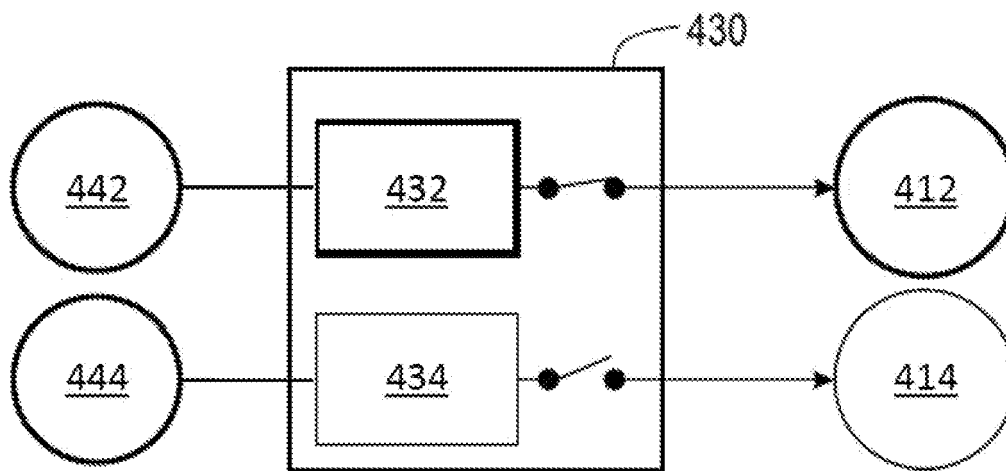
[Fig. 4]



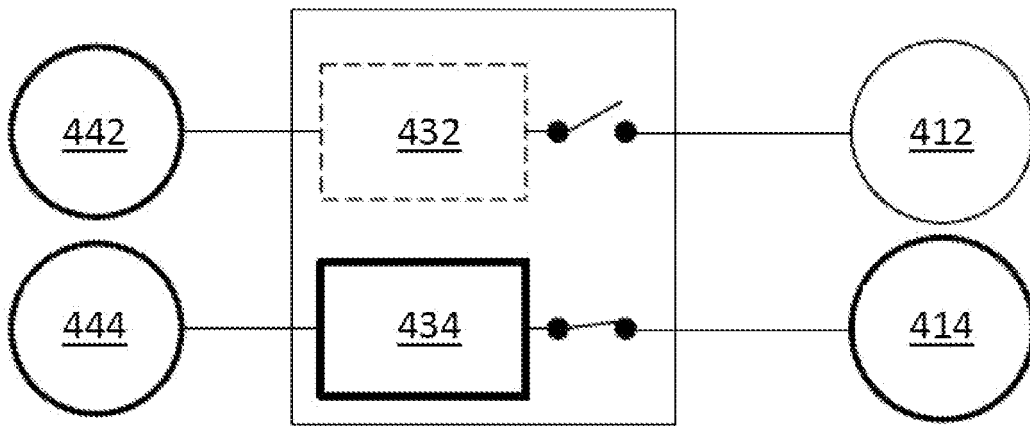
[Fig. 5]

**FIG. 5**

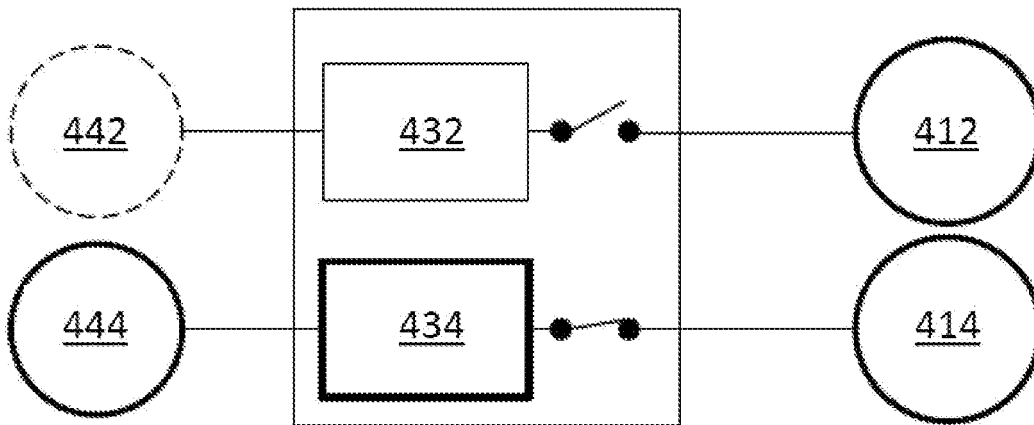
[Fig. 6A]



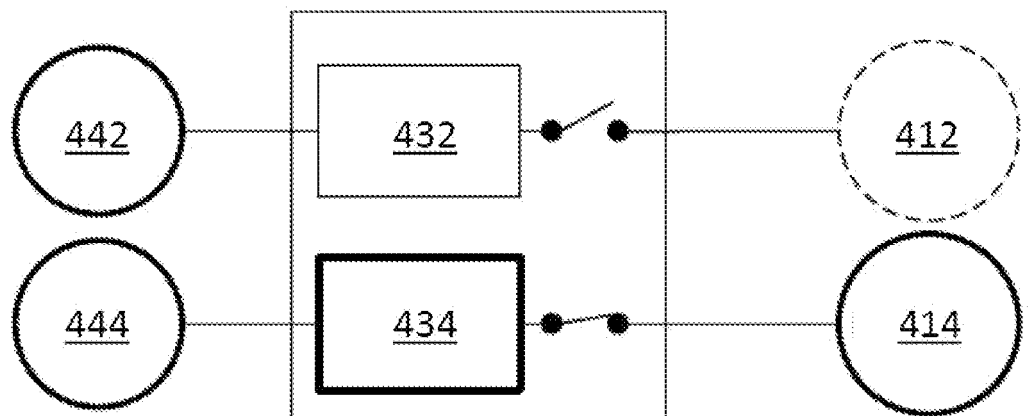
[Fig. 6B]



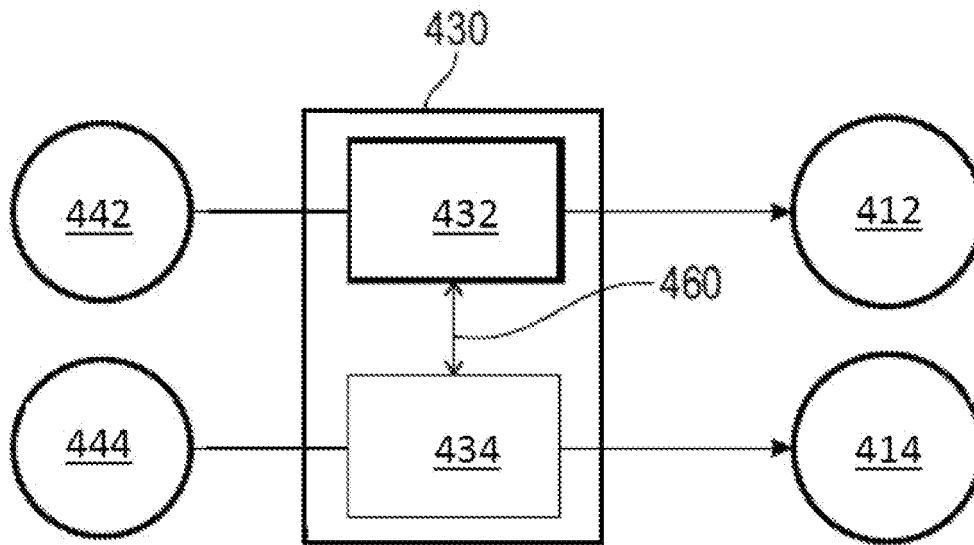
[Fig. 6C]



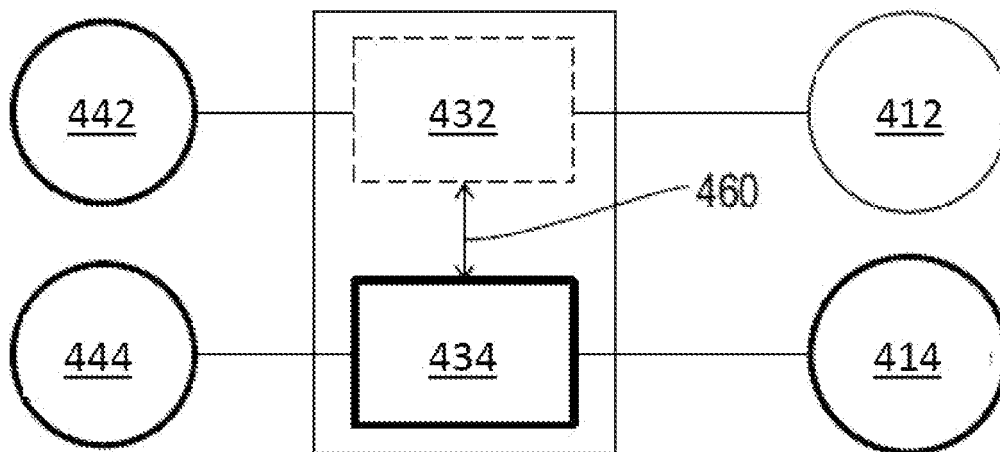
[Fig. 6D]



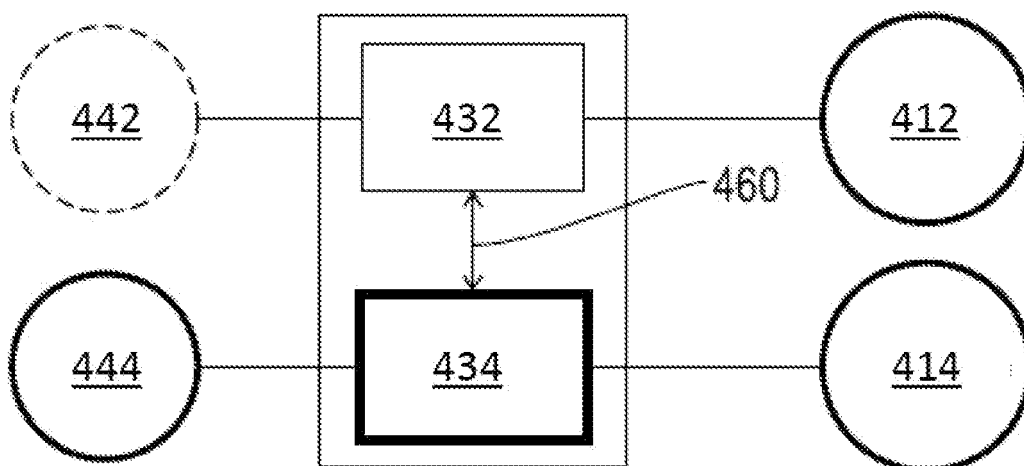
[Fig. 7A]



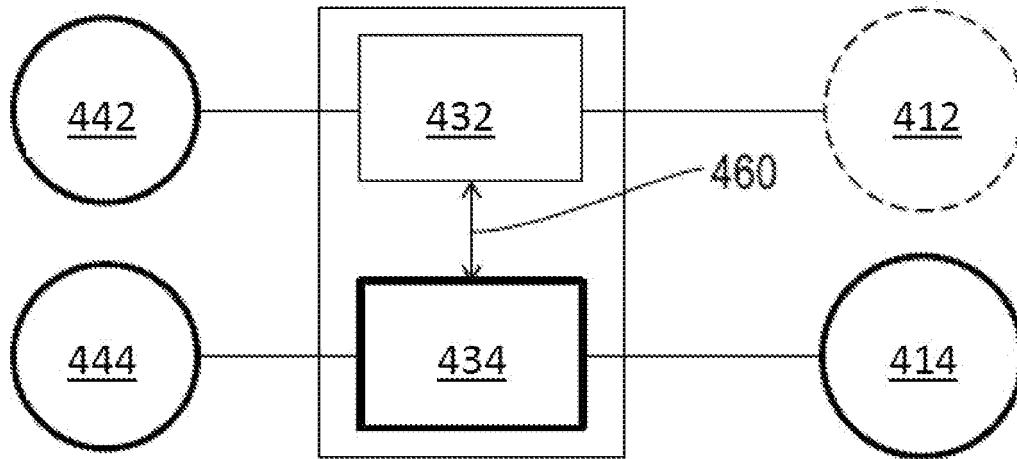
[Fig. 7B]



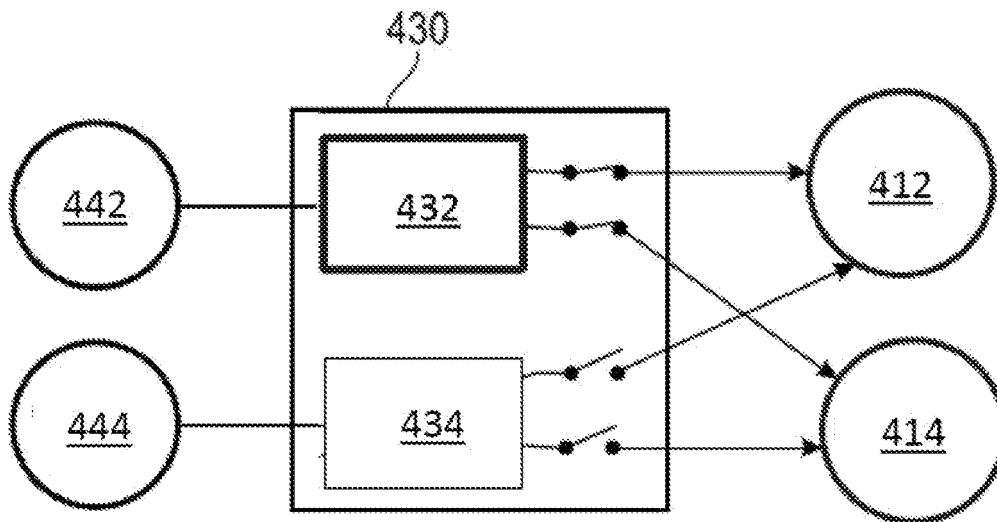
[Fig. 7C]



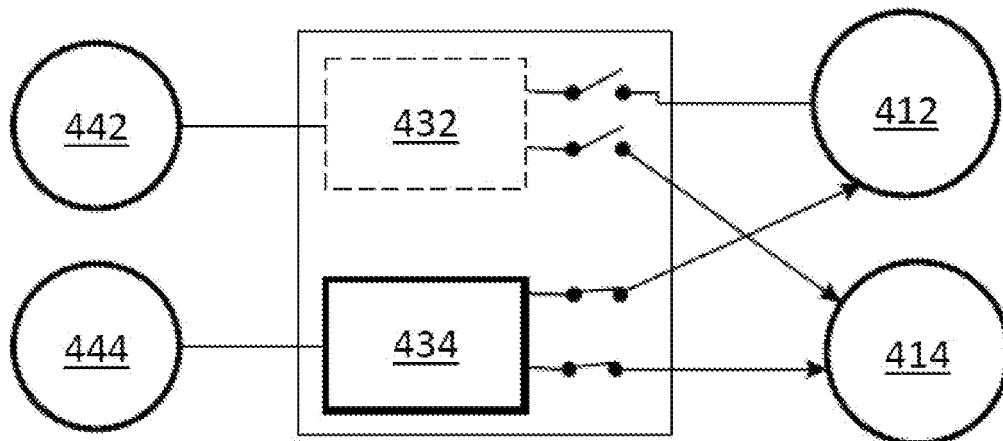
[Fig. 7D]



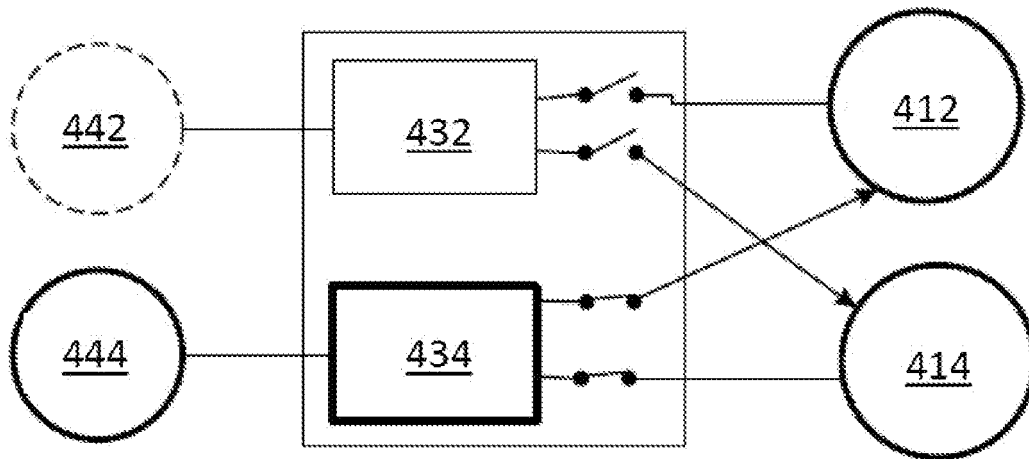
[Fig. 8A]



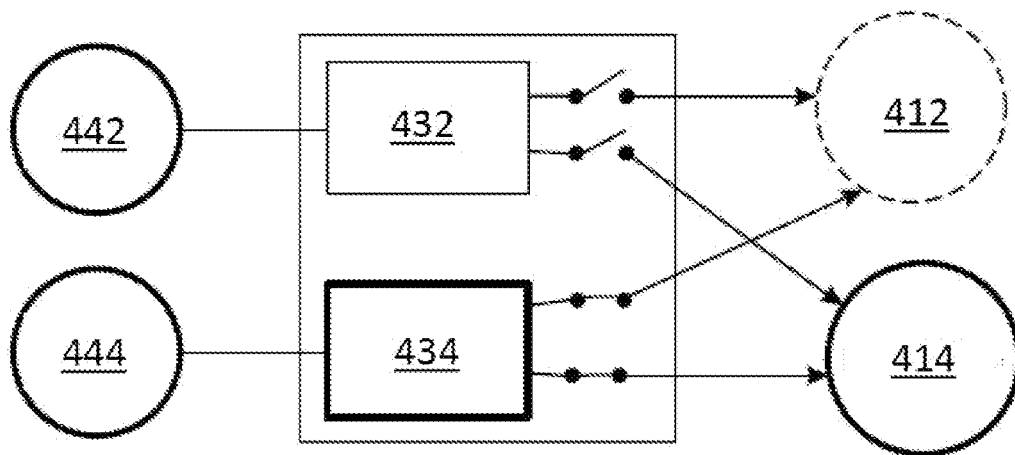
[Fig. 8B]



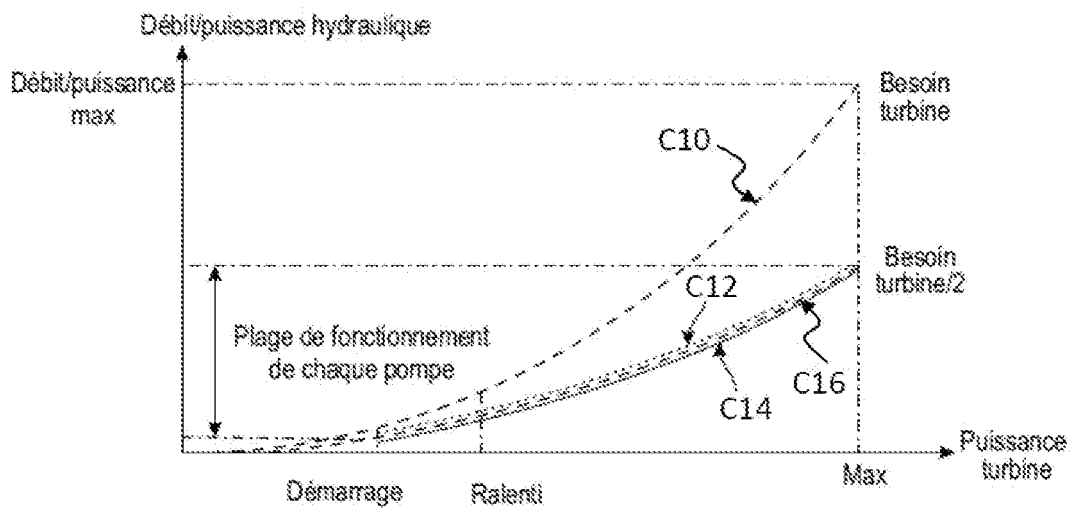
[Fig. 8C]



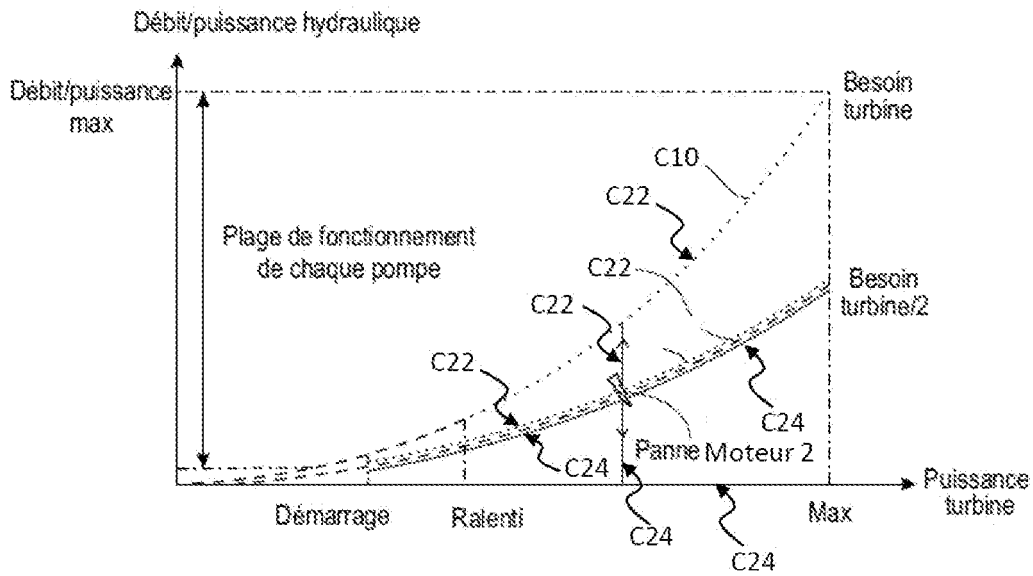
[Fig. 8D]



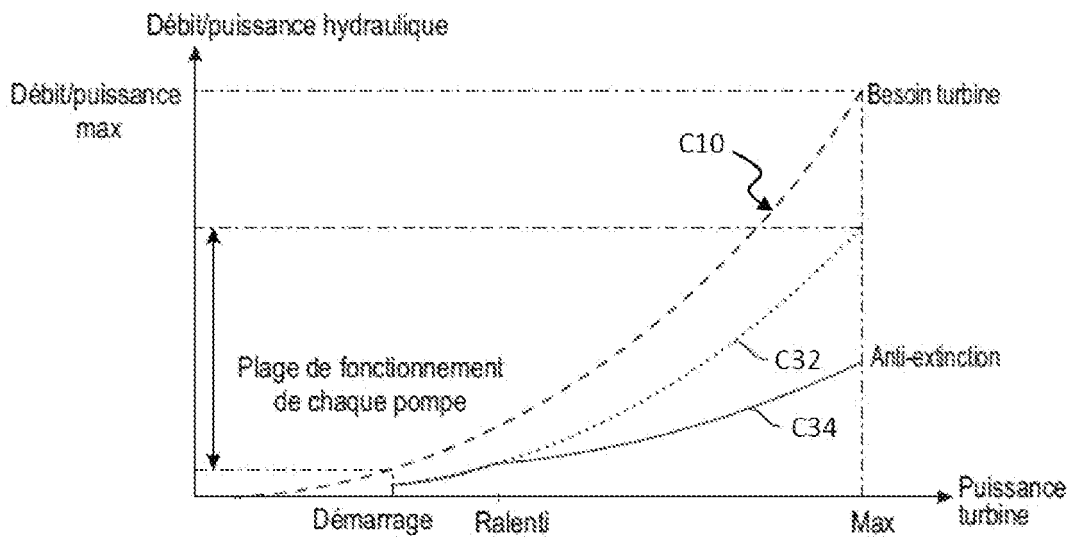
[Fig. 9]



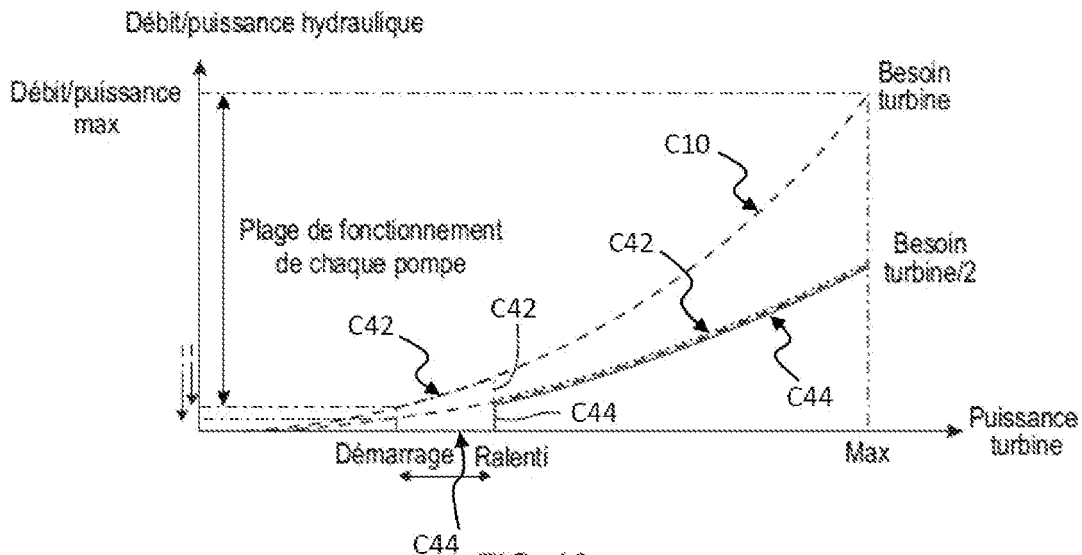
[Fig. 10]



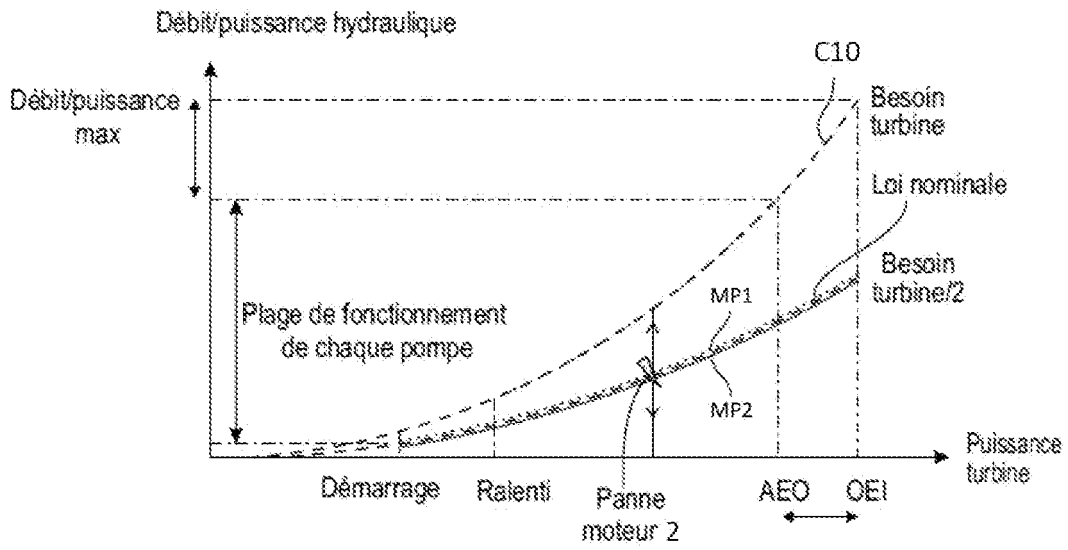
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 890788
FR 2102695

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		
X	EP 3 040 277 A1 (IHI CORP [JP]) 6 juillet 2016 (2016-07-06) * alinéas [0008], [0012] - [0017], [0022] - [0023], [0053] - [0054] * * figures 1-2 * -----	1-12	F02C9/46 F02C9/42 F02C7/236
X	WO 2020/229754 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 19 novembre 2020 (2020-11-19) * alinéa [0026] * * figure 2 * -----	1-12	
X	JP 2013 032707 A (IHI CORP) 14 février 2013 (2013-02-14) * figure 2 * * alinéa [0024] * -----	1-12	
A	CA 3 128 334 A1 (IHI CORP [JP]) 13 août 2020 (2020-08-13) * figure 4 * * alinéa [0013] * -----	1-12	
A	EP 3 020 941 A1 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 18 mai 2016 (2016-05-18) * alinéas [0009], [1025] - [0027], [0059]; figure 2 * -----	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F02C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 novembre 2021		Fortugno, Eugenio	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2102695 FA 890788**

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 **19-11-2021**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3040277	A1	06-07-2016	CA 2922020 A1	05-03-2015
			EP 3040277 A1	06-07-2016
			JP 6131785 B2	24-05-2017
			JP 2015047902 A	16-03-2015
			US 2016169112 A1	16-06-2016
			WO 2015029805 A1	05-03-2015

WO 2020229754	A1	19-11-2020	FR 3095832 A1	13-11-2020
			WO 2020229754 A1	19-11-2020

JP 2013032707	A	14-02-2013	JP 5799642 B2	28-10-2015
			JP 2013032707 A	14-02-2013

CA 3128334	A1	13-08-2020	CA 3128334 A1	13-08-2020
			EP 3922832 A1	15-12-2021
			JP WO2020162076 A1	30-09-2021
			WO 2020162076 A1	13-08-2020

EP 3020941	A1	18-05-2016	EP 3020941 A1	18-05-2016
			US 2016138473 A1	19-05-2016
