

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 146 956**

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

②1 N° d'enregistrement national : **24 02906**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **F 04 B 49/06 (2024.01), F 04 B 17/03**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 22.03.24.

⑫③ Priorité : 24.03.23 US 63/491,974.

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.09.24 Bulletin 24/39.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Eaton Intelligent Power Limited Private Company Limited by Shares — IE.*

⑦② Inventeur(s) : *Dearing Brady, Devan Stephen, Valtr Kelly, Pepper Joshua, Dougherty Derek, Scott Douglas Alexander et Spaniol Joseph.*

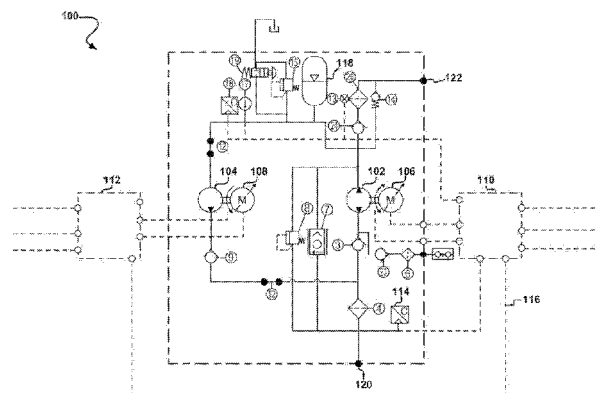
⑦③ Titulaire(s) : *Eaton Intelligent Power Limited Private Company Limited by Shares.*

⑦④ Mandataire(s) : *NOVAGRAAF TECHNOLOGIES.*

⑤④ **RÉGULATION DE PRESSION ÉLECTRONIQUE D'UN SYSTÈME DE POMPE DOUBLE.**

⑤⑦ Systèmes et procédés de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double. Le système peut comprendre un dispositif de commande ; une pompe primaire actionnée par le dispositif de commande pour maintenir une pression de système dans un trajet d'écoulement à un premier point de consigne de pression ; un transducteur de pression lisant la pression de système et fournissant la pression de système au dispositif de commande ; et une pompe secondaire actionnée par le dispositif de commande pour maintenir la pression de système à un second point de consigne de pression, le second point de consigne de pression étant inférieur au premier point de consigne de pression.

FIGURE 1



FR 3 146 956 - A1



## **Description**

### **Titre de l'invention : RÉGULATION DE PRESSION ÉLECTRONIQUE D'UN SYSTÈME DE POMPE DOUBLE**

#### **Technique antérieure**

[0001] Les systèmes hydrauliques sont privilégiés dans de nombreuses applications en raison de la capacité de l'hydraulique à déplacer de plus lourdes charges et à exercer une plus grande force que des systèmes mécaniques, électriques ou pneumatiques. L'utilisation d'un liquide permet au système d'exercer une force et un couple constants, indépendamment de la vitesse, et de s'adapter à de plus grandes plages de poids avec peu de parties mobiles. Un nombre réduit de parties mobiles permet d'accroître la durabilité des systèmes hydrauliques. Les systèmes hydrauliques sont souvent simples à commander, permettent une grande précision et peuvent réduire les pertes puisque le liquide n'absorbe pas l'énergie fournie.

[0002] Ces avantages peuvent être attribués à l'utilisation d'un collecteur sous pression de fluide incompressible pour entraîner des charges. Afin de maintenir une pression continue suffisante dans le collecteur, une pompe peut fournir au besoin une pression et un liquide supplémentaire à partir d'un réservoir. Cependant, pendant l'application ou le déplacement de charge, des quantités considérables de liquide doivent être déplacées rapidement et peuvent saturer la capacité d'une seule pompe. Par conséquent, des systèmes hydrauliques peuvent incorporer une seconde pompe en complément de la pompe principale pendant les fluctuations de système. Lorsqu'à la fois la pompe principale et la pompe auxiliaire fonctionnent pour alimenter un trajet d'écoulement commun, la compétition entre les pompes peut mener à une instabilité du système.

#### **Résumé de la présente demande**

[0003] Selon certains aspects présentés ici, la présente divulgation concerne un système de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double. Le système peut comprendre un dispositif de commande ; une pompe primaire actionnée par le dispositif de commande pour maintenir une pression de système dans un trajet d'écoulement à un premier point de consigne de pression ; un transducteur de pression lisant la pression de système et fournissant la pression de système au dispositif de commande ; et une pompe secondaire actionnée par le dispositif de commande pour maintenir la pression de système à un second point de consigne de pression, le second point de consigne de pression étant inférieur au premier point de consigne de pression. Selon d'autres aspects, le dispositif de commande actionne la pompe secondaire dans un mode d'attente.

- [0004] Dans certaines mises en œuvre, le système comprend en outre un moteur primaire entraînant la pompe primaire. Dans d'autres exemples, le dispositif de commande actionne la pompe primaire pour maintenir la pression de système au premier point de consigne de pression en faisant varier une première vitesse du moteur primaire. Dans d'autres exemples encore, le système comprend également un moteur secondaire entraînant la pompe secondaire. Selon encore d'autres aspects, le dispositif de commande actionne la pompe secondaire pour maintenir la pression de système à un second point de consigne de pression en faisant varier une seconde vitesse du moteur secondaire.
- [0005] Selon d'autres aspects, le dispositif de commande comprend un dispositif de commande proportionnelle, intégrale et dérivée (PID) comprenant une boucle externe surveillant la pression de système et une boucle interne régulant au moins l'une d'une première vitesse de la pompe primaire et d'une seconde vitesse de la pompe secondaire. Dans certaines mises en œuvre, au moins l'une parmi la pompe primaire et la pompe secondaire est une pompe à compensation électronique de pression. Dans d'autres exemples, chacune de la pompe primaire et de la pompe secondaire est une pompe à compensation électronique de pression. Dans certains exemples, le dispositif de commande est un premier dispositif de commande associé à la pompe primaire et le système comprend en outre un second dispositif de commande associé à la pompe secondaire.
- [0006] Selon certains aspects présentés ici, la présente divulgation concerne un procédé de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double. Le procédé comprend le maintien, par un dispositif de commande actionnant une première pompe, d'une pression de système dans un circuit de fluides fermé au niveau ou au-dessus d'une première pression de consigne par : la réception, en provenance d'un transducteur de pression, de la pression de système ; la comparaison de la pression de système avec la première pression de consigne ; et l'ajustement, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la première pression de consigne, d'une première vitesse de la première pompe. Le procédé peut en outre comprendre la surveillance, par le dispositif de commande actionnant une seconde pompe, de la pression de système, reçue en provenance du transducteur de pression, pour maintenir la pression de système au-dessus d'une deuxième pression de consigne, la deuxième pression de consigne étant inférieure à la première pression de consigne, par : la comparaison de la pression de système avec la deuxième pression de consigne ; la détermination, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la deuxième pression de consigne, que la pression de système est au-dessous de la deuxième pression de consigne ; et le déclenchement de la seconde pompe, en réponse

à la détermination que la pression de système est au-dessous de la deuxième pression de consigne.

[0007] Selon d'autres aspects, le procédé comprend en outre la détermination, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la pression de consigne secondaire, que la pression de système est au-dessus d'une troisième pression de consigne ; et la mise en mode de réserve de la pompe secondaire, en réponse à la détermination que la pression de système est au-dessus d'une troisième pression de consigne. Dans d'autres exemples, la troisième pression de consigne et la pression de consigne secondaire sont une même pression. Dans certains autres exemples, la pression de consigne secondaire est inférieure à la troisième pression de consigne. Dans d'autres exemples encore, la troisième pression de consigne est inférieure à la pression de consigne primaire. Toujours dans d'autres exemples, le procédé comprend l'ajustement de la pression de consigne secondaire.

[0008] Dans d'autres exemples, le procédé comprend l'ajustement à la fois de la première pression de consigne et de la deuxième pression de consigne de sorte que la première pression de consigne soit inférieure à la deuxième pression de consigne. Dans d'autres aspects, le procédé comprend la détection d'une instabilité de la pression de système ; et la réduction de la pression de consigne secondaire. Dans certaines mises en œuvre, le procédé comprend également l'analyse de la pression de système au cours d'un ou plusieurs fonctionnements de la pompe secondaire ; la détermination que la pression de système est stable au cours des un ou plusieurs fonctionnements de la pompe secondaire ; et l'augmentation de la pression de consigne secondaire.

[0009] Selon d'autres aspects présentés ici, la présente divulgation concerne un système informatique de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double. Le système informatique comprend au moins un processeur et une mémoire en communication avec le processeur et contenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées, amènent le processeur à : maintenir, par le fonctionnement d'une pompe primaire, une pression de système dans un circuit de fluides fermé au niveau ou au-dessus d'une pression de consigne primaire par : la réception, en provenance d'un transducteur de pression, de la pression de système ; la comparaison de la pression de système avec la pression de consigne primaire ; et l'ajustement, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la pression de consigne primaire, d'une première sortie d'une pompe primaire. Les instructions peuvent en outre amener le processeur à surveiller la pression de système, reçue en provenance du transducteur de pression, pour maintenir la pression de système au-dessus d'une pression de consigne secondaire, la pression de consigne secondaire étant inférieure à la pression de consigne primaire, par : la comparaison de la pression de système avec la pression de consigne secondaire ; la détermination, sur la base de la comparaison

de la pression de système avec la pression de consigne secondaire, que la pression de système est au-dessous de la pression de consigne secondaire ; et le déclenchement d'une pompe secondaire, en réponse à la détermination que la pression de système est au-dessous de la pression de consigne secondaire.

[0010] Divers autres aspects inventifs seront exposés dans la description ci-après. Les aspects inventifs peuvent également concerner des caractéristiques individuelles et des combinaisons de caractéristiques. Il est entendu que la description générale précédente et la description détaillée suivante sont toutes deux données à titre d'exemple et à titre explicatif uniquement, et ne visent pas à limiter les vastes concepts inventifs sur lesquels sont basés les modes de réalisation ici divulgués.

### **Brève description des dessins**

[0011] Les dessins annexes, qui sont incorporés dans la description et font partie intégrante de celle-ci, illustrent plusieurs aspects de la présente divulgation. Ci-après, une brève description des dessins :

[0012] [Fig.1] La [Fig.1] illustre un schéma d'un exemple de système de distribution de fluide, dans lequel des aspects de la présente divulgation peuvent être mis en œuvre.

[0013] [Fig.2] La [Fig.2] illustre un schéma du système de distribution de fluide de la [Fig.1] lié à un exemple de trajet d'écoulement, dans lequel des aspects de la présente divulgation peuvent être mis en œuvre.

[0014] [Fig.3] La [Fig.3] illustre un diagramme de flux d'un exemple de procédé de commande des pompes d'un système de pompe double, selon des aspects de la présente divulgation.

[0015] [Fig.4] La [Fig.4] illustre un graphique de la pression au fil du temps pendant une fluctuation de pression.

[0016] [Fig.5] La [Fig.5] illustre un graphique d'une cylindrée de pompe au fil du temps pendant une fluctuation de pression.

[0017] [Fig.6] La [Fig.6] illustre un exemple de système informatique avec lequel des aspects de la présente divulgation peuvent être mis en œuvre.

### **Description détaillée**

[0018] Seront maintenant évoqués de manière détaillée des aspects de la présente divulgation donnés à titre d'exemple qui sont illustrés dans les dessins annexes. Chaque fois que possible, les mêmes numéros de référence seront utilisés tout au long des dessins pour faire référence à des parties identiques ou semblables.

[0019] Des aspects de la présente divulgation se rapportent à un système de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double. Dans certains modes de réalisation, le système comprend une pompe primaire avec un dispositif de commande actionnant la pompe primaire pour maintenir une pression de système

dans un trajet d'écoulement à un premier point de consigne de pression. Le système comprend en outre un transducteur de pression lisant la pression de système et fournissant la pression de système au dispositif de commande et, dans certains modes de réalisation, directement à la pompe primaire et à une pompe secondaire. Le dispositif de commande actionne la pompe secondaire pour maintenir la pression de système à un second point de consigne de pression, le second point de consigne de pression étant inférieur au premier point de consigne de pression.

[0020] D'autres aspects de la présente divulgation se rapportent à un procédé de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double. Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend le maintien, par un dispositif de commande actionnant une première pompe, d'une pression de système dans un circuit de fluides fermé au niveau ou au-dessus d'une première pression de consigne par la réception, en provenance d'un transducteur de pression, de la pression de système ; la comparaison de la pression de système avec la première pression de consigne ; et l'ajustement, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la première pression de consigne, d'une première sortie de la première pompe. Le procédé comprend en outre la surveillance, par le dispositif de commande actionnant une seconde pompe, de la pression de système, reçue en provenance du transducteur de pression, pour maintenir la pression de système au-dessus d'une deuxième pression de consigne, la deuxième pression de consigne étant inférieure à la première pression de consigne, par : la comparaison de la pression de système avec la deuxième pression de consigne ; la détermination, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la deuxième pression de consigne, que la pression de système est au-dessous de la deuxième pression de consigne ; et le déclenchement de la seconde pompe, en réponse à la détermination que la pression de système est au-dessous de la deuxième pression de consigne.

[0021] Tel qu'utilisé ici, « primaire » fait référence à une pompe dans le système de pompe double présentant une pression de consigne supérieure, par rapport à un point de consigne pour une autre pompe dans le système de pompe double. Tel qu'utilisé ici, « secondaire » fait référence à une pompe dans le système de pompe double présentant une pression de consigne inférieure, par rapport à un point de consigne pour une autre pompe dans le système de pompe double. Bien que des pompes dans un système de pompe double puissent être désignées par primaire ou secondaire dans des exemples présentés ici, il sera admis par l'homme du métier que ces appellations ne sont pas fixes. L'une ou l'autre pompe, ou une quelconque pompe dans un système présentant plus de deux pompes, auxquelles s'appliqueront également les principes de la présente divulgation, peuvent être appelées primaire ou secondaire. L'appellation d'une pompe peut être changée, de sorte qu'une pompe primaire présente une modification de son

point de consigne pour être inférieur ou devienne une pompe secondaire, ou qu'une pompe secondaire présente une modification de son point de consigne pour être supérieur et devienne une pompe primaire.

[0022] Dans les systèmes de pompe double classiques, une commande mécanique sous forme de clapets anti-retour au niveau des sorties de pompe a été utilisée pour empêcher la compétition entre les pompes pendant un fonctionnement simultané. Chaque pompe est munie d'un clapet anti-retour au niveau de la sortie, avec des pressions d'ouverture différentes pour chaque pompe qui, en pratique, donnera priorité à une pompe sur l'autre. Une pompe primaire de système présente un clapet anti-retour de sortie avec un réglage de pression d'ouverture minimal de sorte que la pompe primaire fournisse en continu une demande de débit au système au réglage de pression de sortie de la pompe primaire pendant un fonctionnement normal. La pompe primaire peut être configurée avec un réglage de pression de sortie au niveau, ou proche, de la pression de système souhaitée. Une pompe secondaire de système présente un clapet anti-retour de sortie avec une pression d'ouverture supérieure (par exemple, nécessitant un différentiel de pression supérieur pour permettre l'ouverture du clapet) à celle du clapet anti-retour de pompe primaire, de sorte que la pompe secondaire de système ne fournisse un débit au système que lorsque la pression de système chute au-dessous de la pression différentielle du réglage de clapet secondaire. Ainsi, la pompe secondaire ne fonctionne que pour rétablir une pression de système à la pression de système souhaitée suivant une chute de pression.

[0023] Cependant, cet agencement présente un certain nombre d'inconvénients. Premièrement, une séparation significative entre la pression d'ouverture des deux clapets anti-retour de sortie est nécessaire pour empêcher la pompe secondaire de perturber le maintien d'une pression de système normale par la pompe primaire. Il en résulte un second problème, puisque l'importante différence entre les deux pressions d'ouverture signifie qu'une chute considérable de la pression de système est nécessaire avant que le clapet anti-retour de sortie secondaire ne s'ouvre et que la pompe secondaire puisse participer à l'alimentation en pression de système. Cet agencement mène ainsi le système à être soumis à de grandes chutes de pression, ce qui contribue à une performance réduite. Enfin, cet agencement nécessite que la pompe secondaire poursuive son fonctionnement tout au long des opérations de système, que la pompe secondaire participe ou non à la pression de système, conduisant à une usure accrue des composants.

[0024] La présente invention concerne des systèmes et un procédé qui résolvent ces problèmes et offrent des avantages supplémentaires par rapport à l'agencement décrit ci-dessus. Des aspects de la présente divulgation concernent un système de pompe double utilisant des pompes avec une compensation de pression électronique.

Dans certains aspects, les pompes sont des motopompes, avec une compensation de pression assurée par la variation de la vitesse de moteur. L'utilisation de la compensation de pression électronique permet un meilleur temps de réponse à la fois de la pompe primaire et de la pompe secondaire en réponse à une chute de pression dans le collecteur. Puisque les points de consigne peuvent être définis et ajustés électroniquement, l'une ou l'autre pompe dans un système de pompe double peut être appelée pompe « primaire » ou « secondaire ». Étant donné que les besoins opérationnels d'une pompe primaire sont nettement plus grands qu'une pompe secondaire, la capacité de changer l'appellation primaire entre les pompes dans le système permet une usure plus homogène entre les pompes et peut prolonger la durée de vie des composants de système et du système global.

- [0025] Dans un système de pompe double hydraulique qui est commandé en utilisant une compensation de pression électronique, un ou plusieurs transducteurs de pression peuvent être utilisés à des fins de retour pour la boucle de commande. Cependant, une configuration inadéquate des points de consigne de compensation de pression peut donner lieu à des problèmes au sein du système, tels qu'une instabilité de pompe. Dans un système hydraulique alimenté par deux pompes à compensation de pression avec des points de consigne de compensateur identiques, une instabilité ou une « interférence » peut survenir entre les pompes puisqu'elles rivalisent pour fournir le débit requis.
- [0026] Dans des systèmes plus modernes, commandés électroniquement, une méthodologie améliorée est nécessaire pour gérer l'instabilité hydraulique entre de multiples pompes. Tel que divulgué dans le présent document, une séparation de points de consigne de pression entre les pompes dans le système de pompe double peut éliminer et empêcher une instabilité de pompe dans un système en utilisant une compensation de pression électronique, lorsque la séparation est correctement configurée. Par exemple, une première pompe est commandée sur la base d'un premier point de consigne de pression et une seconde pompe est commandée sur la base d'un second point de consigne de pression, dans lequel le premier point consigne de pression et le second point de consigne de pression sont des points de consigne différents, par exemple, le premier point de consigne de pression est de 3 000 psi et le second point de consigne de pression est de 2 900 psi. Dans certains modes de réalisation, une pompe dans le système de pompe double est configurée en tant que pompe primaire et une autre pompe dans le système de pompe double est une pompe secondaire. Une pompe peut voir son appellation changer sans modification de son propre point de consigne. Par exemple, si une première pompe est configurée en tant que pompe primaire avec un point de consigne supérieur à celui d'une seconde pompe configurée en tant que pompe secondaire, et le point de consigne de la seconde pompe est augmenté pour être

supérieur au point de consigne de la première pompe, la première pompe devient la pompe secondaire sans modification de son propre point de consigne.

[0027] Selon des aspects de la présente divulgation, l'instabilité associée à une interférence entre les pompes est résolue électroniquement par l'établissement d'une pompe primaire et d'une pompe secondaire au sein du système, chacune présentant un point de consigne de pression différent défini dans leur dispositif de commande respectif. Le retour de pression issu, par exemple, d'un transducteur de pression au niveau d'une sortie hydraulique des pompes, est utilisé et comparé aux points de consigne respectifs pour commander le fonctionnement de chaque pompe. Lorsque la pompe primaire, avec le point de consigne supérieur, sature suite à une demande de débit de système dépassant la capacité de la pompe primaire, la pression de système va chuter, signalant à la pompe secondaire de fournir un débit. La séparation de la commande des pressions de consigne dans le dispositif de commande empêche l'interférence des deux pompes et l'instabilité associée. Des points de consigne de pression peuvent être établis manuellement ou appris par des dispositifs de commande de pompe respectifs pendant le fonctionnement. Des points de consigne de pression peuvent également être ajustés dynamiquement dans certaines conditions de fonctionnement de système pour converger vers la pression de sortie souhaitée.

[0028] Des aspects de la présente divulgation concernent un agencement de deux pompes alimentées par des dispositifs de commande indépendants, raccordées à un orifice de sortie commun dans un système hydraulique. Une première pompe, avec un premier dispositif de commande, est désignée comme étant la source d'alimentation hydraulique primaire. Une seconde pompe, avec un second dispositif de commande, est désignée comme étant la source d'alimentation hydraulique secondaire. Dans certains modes de réalisation, le premier dispositif de commande et le second dispositif de commande contiennent tous deux le même système de commande à boucle fermée pour la pompe associée pour maintenir une pression définie. Le premier dispositif de commande maintient une première pression définie avec la première pompe. Le second dispositif de commande maintient une deuxième pression définie avec la seconde pompe, où la deuxième pression définie est inférieure à la première pression définie. Dans certaines mises en œuvre, un dispositif de commande unique assure à la fois la fonctionnalité des premier et second dispositifs de commande.

[0029] Tant que la capacité de la première pompe n'est pas dépassée, seule la première pompe sera en fonctionnement. Lorsque la première pompe commence à saturer en raison d'une demande de système élevée et ne peut pas maintenir la première pression définie, la pression de système chutera au-dessous de la deuxième pression définie. Lorsque la pression de système chute au-dessous de la deuxième pression définie, la seconde pompe va commencer à fournir un débit supplémentaire au système. Une

régulation de pression électronique permet une optimisation du point de consigne secondaire en réduisant la quantité de séparation nécessaire entre les points de consigne de la pompe primaire et de la pompe secondaire.

[0030] Outre la plus grande précision apportée, ceci favorise également l'alimentation en pression de système globalement supérieure et contribue à une pression plus stable dans le système alimenté. Puisque le point de consigne secondaire peut être optimisé, un flux descendant moindre de la pression de système est nécessaire pour déclencher la mise en service de la pompe secondaire et pour contribuer au maintien de la pression de système dans une plage souhaitée. Tandis qu'un système à base mécanique requiert une différence importante entre les pressions d'ouverture des deux clapets anti-retour en raison d'une sensibilité limitée et d'une réponse relativement lente des clapets anti-retour, des systèmes incarnant la présente divulgation peuvent répondre plus rapidement et avant qu'une forte baisse de la pression ne se produise. Ceci est dû à une pression globale plus constante vers les charges alimentées.

[0031] En outre, dans certains modes de réalisation, le dispositif de commande peut comprendre la programmation d'une intelligence artificielle ou d'un apprentissage automatique pour permettre au dispositif de commande d'optimiser en continu les points de consigne des deux pompes. Ainsi, le dispositif de commande peut rapprocher les deux points de consigne de manière optimale, fournissant une plus grande précision et, en outre, permettant un ajustement automatisé des points de consigne pour modifier les conditions de système.

[0032] La [Fig.1] illustre un schéma d'un exemple de système de distribution de fluide 100 dans lequel des modes de réalisation de la présente divulgation peuvent être mis en œuvre. Le système de distribution de fluide 100 peut fonctionner pour fournir sélectivement un fluide, tel qu'un fluide hydraulique, de refroidissement ou lubrifiant, à une pression donnée à un ou plusieurs composants ou à une ou plusieurs charges. Le système de distribution de fluide 100 peut présenter diverses configurations en fonction de l'application. Le système de distribution de fluide 100, dans certains modes de réalisation, est un système hydraulique et, dans des exemples plus particuliers, est un système hydraulique destiné à permettre le fonctionnement de divers systèmes de commande de vol.

[0033] L'exemple illustré en [Fig.1] fonctionne pour distribuer un fluide sous pression pour utilisation dans des systèmes de vol hydrauliques. Des exemples présentés ici se rapportent à des exemples de système hydraulique et de vol, mais il sera entendu par l'homme du métier que les principes divulgués sont applicables à diverses applications. Des charges hydrauliques données à titre d'exemple pour un système de distribution de fluide 100 comprennent des systèmes de commande de vol, tels qu'une unité de commande d'alimentation (PCU) de becs de bord d'attaque, une PCU de volets, un

train d'atterrissage comprenant des composants associés (par exemple, des trappes de train d'atterrissage), des gouvernes de profondeur et des gouvernes de direction.

- [0034] La pompe primaire 102 fonctionne pour mettre sous pression un écoulement et maintenir un débit à travers un trajet d'écoulement alimenté par le système de distribution de fluide 100. Un exemple de trajet d'écoulement 150, à alimenter par le système de distribution de fluide 100, est présenté en [Fig.2]. Le trajet d'écoulement alimenté est raccordé au système de distribution de fluide 100 par l'intermédiaire d'un orifice de sortie 120. La pompe primaire 102 peut généralement fonctionner en continu pour maintenir une pression de distribution suffisante dans tout le système de distribution de fluide 100.
- [0035] La pompe secondaire 104 fonctionne pour rétablir une pression de distribution dans l'ensemble du système de distribution de fluide 100 lorsque la pression de système chute au-dessous d'un point de consigne secondaire prédéterminé. La pompe secondaire 104 fonctionne également pour fournir un débit supplémentaire pour maintenir un débit vers des charges de système lorsque la pompe primaire 102 devient saturée en raison d'une forte demande. La pompe secondaire 104 peut généralement fonctionner dans un mode de réserve ou un mode d'arrêt.
- [0036] Le moteur primaire 106 fonctionne pour entraîner la pompe primaire 102. Dans certains modes de réalisation, le moteur primaire 106 est un moteur à vitesse variable et la vitesse du moteur primaire 106 détermine la pression de sortie et/ou la cylindrée de la pompe primaire 102. Le moteur secondaire 108 fonctionne pour entraîner la pompe secondaire 104. Dans certains modes de réalisation, le moteur secondaire 108 est un moteur à vitesse variable et la vitesse du moteur secondaire 108 détermine la pression de sortie et/ou la cylindrée de la pompe secondaire 104.
- [0037] Dans certains modes de réalisation, chacune de la pompe primaire 102 et de la pompe secondaire 104 est une pompe à compensation de pression. Chacune de la pompe primaire 102 et de la pompe secondaire 104 est configurée pour maintenir une pression de sortie prédéterminée en fonctionnement. Dans certains exemples, une ou plusieurs des pompes sont une pompe à cylindrée fixe. Une pression de sortie peut être maintenue par ajustement d'une vitesse de pompe, par exemple par l'ajustement de la vitesse du moteur primaire 106 ou du moteur secondaire 108. Dans certains modes de réalisation, une pompe primaire 102 et une pompe secondaire 104 sont deux unités de la même pompe, avec des caractéristiques et des capacités correspondantes. Dans certains modes de réalisation, la pompe primaire 102 et la pompe secondaire 104 peuvent ne différer que par leur point de consigne désigné.
- [0038] Dans certains exemples, une ou plusieurs pompes dans le système, telles qu'une pompe primaire 102 et une pompe secondaire 104, sont une pompe à cylindrée variable. Une pompe à cylindrée variable peut fonctionner en tant que pompe à

compensation de pression, par exemple, par intégration d'un compensateur mécanique, tel qu'un servo clapet anti-retour ou des clapets anti-retour primaire et secondaire avec différentes pressions d'ouverture. L'intégration des principes de la présente divulgation, comprenant un ajustement par dispositif de commande de la vitesse de pompe en réponse à une pression de système, peut réduire les instances d'instabilité ou d'oscillation de débit par l'utilisation de la compensation mécanique.

[0039] L'appellation de pompe primaire 102 et de pompe secondaire 104 n'est pas fixe et peut-être modifiée ou échangée. Les appellations primaire et secondaire sont déterminées en fonction d'une pression de consigne, qui peut être ajustée. Dans certains modes de réalisation, l'appellation de primaire et de secondaire peut être échangée de manière programmée et prédéterminée ou lorsque des critères prédéterminés sont satisfaits. Par exemple, les appellations primaire et secondaire peuvent être échangées à chaque cycle de vol ou à chaque fois que le système est démarré. Les appellations peuvent être échangées périodiquement, par exemple de manière hebdomadaire, mensuelle, trimestrielle, etc. Les appellations peuvent être échangées sur la base de la condition de chaque pompe, par exemple une pompe avec une usure plus importante est désignée en tant que pompe secondaire et une pompe avec une usure moindre est désignée en tant que pompe primaire. Étant donné que la pompe primaire fonctionne davantage que la pompe secondaire dans des conditions normales, l'échange d'appellations, et ainsi la répartition du temps de fonctionnement nettement supérieur de la pompe primaire entre deux pompes ou plus, permet une usure plus homogène des composants de système et peut prolonger la durée de vie des composants, en réduisant l'entretien global nécessaire au système.

[0040] Dans certaines mises en œuvre, l'une et/ou l'autre de la pompe primaire 102 et de la pompe secondaire 104 est une pompe bidirectionnelle. L'une et/ou l'autre de la pompe primaire 102 et de la pompe secondaire 104 peut être une pompe unidirectionnelle. Dans certains modes de réalisation, l'une de la pompe primaire 102 et de la pompe secondaire 104 est une pompe bidirectionnelle et l'une est une pompe unidirectionnelle.

[0041] Le dispositif de commande primaire 110 fonctionne pour fournir des opérations de commande à la pompe primaire 102 et au moteur primaire 106. Le dispositif de commande secondaire 112 fonctionne pour fournir des opérations de commande à la pompe secondaire 104 et au moteur secondaire 108. Le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112 peuvent être un dispositif de commande unique, ou peuvent être des dispositifs de commande distincts avec une architecture et des opérations communes, ou peuvent être des dispositifs de commande distincts avec une architecture ou des opérations différentes. Dans certains modes de réalisation, le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif

de commande secondaire 112 sont des dispositifs de commande différents. Par exemple, le dispositif de commande primaire 110 peut être un dispositif de commande intelligent contenant une logique pour ajuster des points de consigne et le dispositif de commande secondaire 112 peut être un dispositif de commande de base répondant à des communications provenant du dispositif de commande primaire 110.

- [0042] Dans certains modes de réalisation, l'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 et du dispositif de commande secondaire 112 actionnent la pompe associée en tant que pompe à compensation de pression. Par exemple, une fois que la pression de sortie de la pompe atteint la pression de consigne, la pression de sortie est régulée par le dispositif de commande pour maintenir la pression de consigne en changeant la vitesse de la pompe. Dans certaines mises en œuvre, l'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 ou du dispositif de commande secondaire 112 va réguler la pression de la pompe sur toute la plage de vitesse.
- [0043] L'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 et du dispositif de commande secondaire 112 peuvent recevoir des lectures de pression provenant du transducteur de pression 114, ou bien être en communication avec le transducteur de pression 114. Sur la base des mesures de pression de système reçues en provenance du transducteur de pression 114 et, dans un certain mode de réalisation, d'autres données liées aux conditions de système et aux opérations de pompe, l'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 et du dispositif de commande secondaire 112 peuvent effectuer des analyses de système.
- [0044] Les analyses de système peuvent comprendre la détermination d'un ajustement d'une ou plusieurs parmi la pression de consigne primaire et la pression de consigne secondaire. Dans des modes de réalisation dans lesquels les appellations primaire et secondaire sont échangées entre les deux pompes, les dernières pressions de consigne primaire et secondaire utilisées dans le système peuvent être conservées, de sorte que chaque pompe adopte la même pression de consigne dernièrement utilisée par la pompe avec laquelle elle échange d'appellation. Dans certaines mises en œuvre, chaque pompe peut enregistrer et maintenir ses propres pressions de consigne à la fois dans le cas d'une appellation primaire et d'une appellation secondaire.
- [0045] Les points de consigne primaire et secondaire peuvent être optimisés pour chaque paire de modèles de pompe, ou chaque paire individuelle de pompes. Dans certains modes de réalisation, des points de consigne sont optimisés pour diverses conditions thermiques ou autres d'un système de distribution de fluide 100, et des points de consigne sont ajustés par le dispositif de commande en réponse aux conditions de système détectées.
- [0046] Dans certains modes de réalisation, la pression de consigne primaire est relativement fixe, par rapport à la pression de consigne secondaire, par des paramètres de pression

globaux ou une exigence du système de distribution de fluide 100 et du trajet d'écoulement 150. La pression de consigne secondaire peut être ajustée à des fins d'optimisation ou d'amélioration en tenant compte d'un ou plusieurs facteurs. Les facteurs pouvant être considérés comprennent, à titre d'exemples non limitatifs, la séparation entre la pression de consigne primaire et la pression de consigne secondaire, le temps écoulé entre une chute initiale de la pression de système et la réponse par la pompe secondaire, le temps écoulé entre la saturation de la pompe primaire et la réponse par la pompe secondaire, la stabilité du système pendant le fonctionnement de la pompe secondaire, et la fréquence des fluctuations de pression. Dans certains modes de réalisation, la pression de consigne primaire est totalement variable et alimente un système de pression variable.

- [0047] Par exemple, la pression de consigne secondaire peut être ajustée pour se rapprocher de la pression de consigne primaire pour améliorer le temps de réponse de la pompe secondaire lorsqu'une fluctuation de pression basse se produit dans le système de distribution de fluide 100. La pression de consigne secondaire peut être ajustée pour être inférieure et ainsi plus éloignée de la pression de consigne primaire s'il est déterminé qu'une instabilité est présente dans le système pendant le fonctionnement de la pompe secondaire. La réduction de la pression de consigne secondaire réduit l'occurrence d'interférence entre la pompe primaire et la pompe secondaire et augmente la stabilité de système.
- [0048] Dans certains modes de réalisation, chacun du dispositif de commande primaire 110 et du dispositif de commande secondaire 112 réalise des analyses et applique indépendamment les analyses pour optimiser la pression de consigne de la pompe associée. Le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112 peuvent réaliser indépendamment des analyses et se communiquent les résultats d'analyse pour former un ensemble d'analyses partagées. Les points de consigne pour chacune de la pompe primaire 102 et de la pompe secondaire 104 peuvent être déterminés sur la base des analyses partagées.
- [0049] Dans certaines mises en œuvre, le dispositif de commande comprend des algorithmes ou des modèles d'intelligence artificielle ou d'apprentissage automatique. Le dispositif de commande peut être configuré pour ajuster la pression de consigne secondaire pour qu'elle soit la plus proche possible de la pression de consigne primaire, tout en restant inférieure à la pression de consigne primaire et en maintenant la stabilité de système pendant le déclenchement et le fonctionnement de la pompe secondaire. L'ajustement de l'une et/ou l'autre de la pression de consigne secondaire et de la pression de consigne primaire peut être automatisé, le dispositif de commande ajustant automatiquement la pression de consigne dès qu'une détermination est effectuée.

- [0050] Dans certains modes de réalisation, l'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 et du dispositif de commande secondaire 112 comprend un dispositif de commande proportionnelle, intégrale et dérivée (PID). La mesure de la pression de système reçue en provenance d'un transducteur de pression 114 fournit un retour au dispositif de commande PID. Dans certaines mises en œuvre, le dispositif de commande PID utilise à la fois une boucle de pression externe, sur la base d'une pression de système, et une boucle de vitesse interne, sur la base de la vitesse de moteur de la pompe associée.
- [0051] Le transducteur de pression 114 fonctionne pour fournir une mesure ou une autre indication de pression de système au sein du système de distribution de fluide 100. Le transducteur de pression 114 peut généralement être conçu pour mesurer une pression à la fois à la sortie hydraulique de la pompe primaire 102 et à celle de la pompe secondaire 104. Dans certains modes de réalisation, le système de distribution de fluide 100 comprend plus d'un transducteur de pression 114. Par exemple, un premier transducteur de pression est conçu pour mesurer une pression à la sortie de la pompe primaire 102 et un second transducteur de pression est conçu pour mesurer la pression à la sortie de la pompe secondaire 104. Dans certaines mises en œuvre, il peut être préférable d'utiliser un transducteur de pression 114 pour surveiller une pression de système et pour informer à la fois le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112. L'utilisation d'un transducteur de pression commun 114 pour informer à la fois le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112 peut assurer une meilleure stabilité de système.
- [0052] Un faisceau de câblage 116 permet la communication entre des composants du système de distribution de fluide 100. Dans certains modes de réalisation, le faisceau de câblage 116 permet une communication entre le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112. Le faisceau de câblage 116 peut permettre une communication entre le transducteur de pression 114 et un ou plusieurs parmi le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112. Dans des modes de réalisation comprenant plus d'un transducteur de pression 114, le faisceau de câblage 116 peut permettre une communication supplémentaire entre le plus d'un transducteur de pression 114 et un ou plusieurs parmi le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112. Dans certaines mises en œuvre, le faisceau de câblage 116 peut être absent. Le dispositif de commande primaire 110, le dispositif de commande secondaire 112 et le transducteur de pression 114 peuvent communiquer sans fil ou être intégrés les uns aux autres. Dans certains modes de réalisation, le dispositif de commande primaire 110 et le dispositif de commande secondaire 112 fonctionnent indépendamment et ne communiquent pas

l'un avec l'autre. Un dispositif de commande unique peut réaliser à la fois les fonctions du dispositif de commande primaire 110 et du dispositif de commande secondaire 112.

- [0053] Un réservoir 118 fournit une source de liquide d'appoint et un volume de surpression au système de distribution de fluide 100. Un volume global du système de distribution de fluide 100 et d'un trajet d'écoulement associé peut varier en fonction des opérations de charges sur le trajet d'écoulement. Le réservoir 118 fournit une source de fluide pour maintenir un volume courant du collecteur et du trajet d'écoulement suffisamment occupé par du fluide pour assurer la pression de système dans les limites des paramètres.
- [0054] Un orifice de sortie 120 fournit une sortie du système de distribution de fluide 100 à un trajet d'écoulement ou à d'autres charges à alimenter. Un orifice de retour 122 fournit un retour de liquide provenant de charges alimentées par le système de distribution de fluide 100 et ferme la boucle de la distribution. Le système de distribution de fluide 100 peut généralement être un système en boucle fermée dans lequel un fluide sous pression est distribué à des charges agencées le long d'un trajet d'écoulement par l'intermédiaire d'un orifice de sortie 120 et renvoyé au système de distribution de fluide 100 par l'intermédiaire de l'orifice de retour 122 pour le remettre sous pression. Dans des modes de réalisation, le système de distribution de fluide 100 peut comprendre de multiples trajets d'écoulement pour distribuer sélectivement le fluide sous pression à divers composants à commande hydraulique associés aux trajets d'écoulement respectifs.
- [0055] La [Fig.2] illustre un schéma du système de distribution de fluide 100 donné à titre d'exemple de la [Fig.1] lié à un exemple de trajet d'écoulement 150 dans lequel des modes de réalisation de la présente divulgation peuvent être mis en œuvre. À titre d'illustration, le trajet d'écoulement 150 est représenté comme ne comprenant qu'un seul trajet d'écoulement, bien qu'en pratique des trajets d'écoulement supplémentaires puissent être fournis en fonction des exigences d'une application particulière. À titre d'exemple, deux trajets d'écoulement peuvent être fournis pour comprendre un trajet haute pression et un trajet basse pression alimentant chacun des charges selon des exigences de pression et de débit différentes. Le trajet d'écoulement 150 représente différents exemples de charges, dans le contexte de systèmes de commande de vol hydrauliques, et est non limitatif puisque d'autres charges et applications possibles apparaîtront clairement à l'homme du métier. Des exemples de charges présentés en [Fig.2] comprennent une PCU de bords d'attaque 152, un train d'atterrissage 154, des trappes de train d'atterrissage 156, une PCU de volets 158, des gouvernes de profondeur 160 et 164, et des gouvernes de direction 162.
- [0056] La [Fig.3] illustre un diagramme de flux d'un exemple de procédé 200 de commande des pompes d'un système de pompe double. Le procédé 200 est présenté dans le

contexte d'un système hydraulique, tel qu'un système de distribution de fluide 100, mais les principes du procédé 200 pourront facilement s'appliquer à d'autres systèmes de pompe double, ou à de plus grands systèmes multi-pompe, par l'homme du métier. Bien que l'exemple de procédé 200 soit présenté dans le contexte d'un système de pompe double, l'homme du métier comprendra l'applicabilité des principes présentés ici à d'autres systèmes avec différents nombres de pompes. Dans certains modes de réalisation, le procédé 200 peut être mis en œuvre par un seul dispositif de commande actionnant à la fois une pompe primaire et une pompe secondaire.

- [0057] En général, une pompe primaire, telle que la pompe primaire 102 de la [Fig.1], maintient une pression dans un collecteur de distribution de fluide à une pression de consigne primaire, illustré en 202. La pression de système est surveillée et une détermination est effectuée établissant si la pression de système est maintenue à la pression de consigne primaire. S'il est déterminé que la pression de système n'est pas au-dessous de la pression de consigne primaire, comme illustré en 204, la pompe primaire poursuit le maintien de la pression de système, illustré en 202. La pression de système est surveillée par un détecteur de pression, tel qu'un transducteur de pression 114 de la [Fig.1].
- [0058] Dans certaines conditions, une telle demande de débit accrue en raison d'une ou plusieurs opérations utilisant le système hydraulique, une détermination que la pression dans le collecteur de distribution de fluide est au-dessous d'un point de consigne primaire sera effectuée, illustré en 204, et la vitesse de la pompe primaire peut être ajustée pour faire remonter la pression de système à la pression de consigne primaire, illustré en 206. La détermination et l'ajustement peuvent être effectués par un dispositif de commande primaire, tel que le dispositif de commande primaire 110 de la [Fig.1], actionnant la pompe primaire 102 qui est entraînée par le moteur primaire 106.
- [0059] La pression de système est surveillée et une détermination est effectuée établissant si une pression de système descend au-dessous d'une pression de consigne secondaire. S'il est déterminé que la pression de système n'est pas au-dessous de la pression de consigne secondaire, comme illustré en 208, la pompe primaire poursuit le maintien de la pression de système, illustré en 202. S'il est déterminé que la pression de système est au-dessous de la pression de consigne secondaire, comme illustré en 208, la pompe secondaire est déclenchée en complément de la pompe primaire, illustré en 210. La détermination et le déclenchement peuvent être effectués par un dispositif de commande secondaire, tel que le dispositif de commande secondaire 112 de la [Fig.1], actionnant une pompe secondaire 104 entraînée par un moteur secondaire 108. En complétant la pompe primaire, la pompe secondaire fonctionne pour maintenir une pression de système au-dessus de la pression de consigne secondaire, illustré en 212.

- [0060] La pression de système est surveillée et une détermination est effectuée établissant si une pression de système s'élève au-dessus du point de consigne, illustré en 214. Le point de consigne en 214 peut se rapporter à la pression de consigne secondaire, où, dans certains modes de réalisation, la pompe secondaire est arrêtée lorsque la pression de système s'élève au-dessus de la pression de consigne secondaire. Le point de consigne en 214 peut se rapporter à la pression de consigne primaire, où, dans certains modes de réalisation, la pompe secondaire est arrêtée lorsque la pression de système s'élève au-dessus de la pression de consigne primaire. Le point de consigne en 214 peut se rapporter à une troisième pression de consigne, où, dans certains modes de réalisation, la pompe secondaire est arrêtée lorsque la pression de système s'élève au-dessus de la troisième pression de consigne. La troisième pression de consigne peut être différente de l'une et/ou l'autre de la pression de consigne secondaire et de la pression de consigne primaire. Dans certains modes de réalisation, la troisième pression de consigne peut être supérieure à la pression de consigne secondaire et inférieure à la pression de consigne primaire.
- [0061] S'il est déterminé que le point de consigne n'a pas été dépassé, illustré en 214, la pompe secondaire poursuit le maintien de la pression de système au niveau ou au-dessus de la pression de consigne secondaire, illustré en 212. S'il est déterminé que le point de consigne a été dépassé, illustré en 214, la vitesse de pompe secondaire est ajustée, illustré en 216. La pompe secondaire peut être arrêtée, puisque la pression de système s'élevant au-dessus du point de consigne indique que la pompe primaire n'est plus saturée par la demande de système. Dans certains modes de réalisation, la pompe secondaire est ralentie.
- [0062] Le maintien et les fluctuations de la pression de système peuvent être analysés, illustré en 218. L'analyse de la performance de pompe et du fonctionnement de système par un dispositif de commande peut porter sur la pression au fil du temps.
- [0063] La [Fig.4] illustre un graphique 300 d'un exemple d'analyse d'une réponse de pression de système sur la base de la pression de consigne secondaire pendant une fluctuation de pression. De multiples exemples de valeurs d'une pression de consigne secondaire sont étudiés dans le graphique 300 et comparés pour déterminer laquelle des valeurs analysées pour la pression de consigne secondaire produit la meilleure performance. Comme illustré en 302, une instabilité des pompes apparaît lorsque la pression fluctue fortement au cours d'une période. L'instabilité peut également être identifiée par le dispositif de commande en raison d'une élévation de pression au-dessus d'une pression de sortie attendue et d'une chute au-dessous de celle-ci, sur la base de la vitesse de moteur de la pompe avant qu'elle ne se stabilise. Comme illustré en 304, la stabilité des pompes se manifeste par une pression relativement constante,

où une pression monte à la pression de sortie attendue, sur la base de la vitesse de moteur de la pompe, sans fluctuations rapides ou répétées de la pression de sortie.

[0064] En se référant plus précisément à l'exemple de la [Fig.4], la pression de consigne primaire est définie à 3 000 psi, sur la base des paramètres de système. La pression de consigne secondaire est volontairement définie plus basse que la pression de consigne primaire de sorte que la pompe secondaire ne fonctionne que lorsque la pompe primaire ne peut pas maintenir la pression de système. Lors d'une opération de demande de débit faible, par exemple, la pompe secondaire reste dans un mode d'attente ou bien coupée. La définition de la pression de consigne secondaire trop proche de la pression de consigne primaire peut entraîner une instabilité, telle que les pompes rivalisant pour commander la pression de système.

[0065] Cinq points de consigne de pression secondaires sont présentés dans le graphique 300 de 2 900 psi à 3 000 psi. Alors qu'à 2 900 psi et 2 950 psi le fonctionnement de la pompe secondaire est relativement stable, à 2 975 psi, 2 990 psi et 3 000 psi une instabilité marquée apparaît, observable en 302. 2 950 psi apparaît donc comme un seuil pour un comportement stable d'une configuration de base et 2 900 psi peut fournir un point de départ pour des ajustements effectués manuellement ou automatiquement par le dispositif de commande. Dans certains modes de réalisation, la marge entre la pression de consigne primaire et la pression de consigne secondaire est réduite au fil du temps par le réglage constant de la pression de consigne secondaire. Des conditions et des configurations permettant une marge nulle entre la pression de consigne primaire et la pression de consigne secondaire peuvent être déterminées, par exemple, par le déclenchement actif de la pompe secondaire, l'intégration de l'hystérésis, ou l'ajout d'une logique pour augmenter progressivement la pression de consigne secondaire une fois que la pompe primaire a atteint saturation.

[0066] L'analyse de la pression de système et de la performance de pompe peut porter sur un débit de pompe au fil du temps. La [Fig.5] illustre un graphique 400 de débit de pompe au fil du temps pendant une fluctuation de pression. Le graphique 400 décrit comment un dispositif de commande peut analyser, par exemple, le temps de réponse de l'une et/ou l'autre de la pompe primaire et de la pompe secondaire pendant une fluctuation de pression.

[0067] Comme illustré en 402, pendant un fonctionnement normal ou de base, seule la pompe primaire est requise pour répondre à une demande de débit, ce qui, dans certains modes de réalisation, peut se limiter à un écoulement de fuite. La pompe secondaire reste à l'arrêt ou bien dans un mode d'attente. Comme illustré en 404, une fluctuation de pression se produit dans le système et la pompe primaire et la pompe secondaire accélèrent ensemble après la détection de la chute de pression par l'intermédiaire du transducteur de pression et des dispositifs de commande. L'analyse

peut porter, par exemple, sur le taux de changement de la vitesse de chaque pompe, le taux de changement de pression dans le système de distribution de fluide, le temps écoulé entre la chute de pression et la réponse de pompe (par exemple, un changement initial de la vitesse de la pompe pour chaque pompe), etc. Comme illustré en 406, la pression de système revient à la normale et seule la pompe primaire est requise pour répondre à une demande de débit normal, tel qu'un écoulement de fuite. La pompe secondaire reste à l'arrêt.

- [0068] Dans certains modes de réalisation, le dispositif de commande ou un autre système analysant les données de système peut effectuer des comparaisons sans générer de graphiques. Un fonctionnement normal et un maintien de la pression de système au point de consigne de pression primaire par la pompe primaire est rétabli, illustré en 202.
- [0069] La [Fig.6] illustre un exemple de schéma fonctionnel d'un système informatique 500 virtuel ou physique. Un ou plusieurs aspects du système informatique 500 peuvent être utilisés pour mettre en œuvre les systèmes et les procédés de régulation électronique de pompes doubles décrites ici. En particulier, le système informatique 500 peut être utilisé pour mettre en œuvre l'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 ou du dispositif de commande secondaire 112.
- [0070] Dans le mode de réalisation présenté, le système informatique 500 comprend un ou plusieurs processeurs 502, une mémoire système 508, et un bus système 522 qui couple la mémoire système 508 aux un ou plusieurs processeurs 502. La mémoire système 508 comprend une RAM (mémoire vive) 510 et une ROM (mémoire morte) 512. Un système d'entrée/sortie de base qui contient les routines de base qui aident au transfert d'informations entre des éléments au sein du système informatique 500, tel que pendant le démarrage, est stocké dans la ROM 512. Le système informatique 500 comprend en outre un dispositif de grande capacité 514. Le dispositif de grande capacité 514 est apte à stocker des instructions logicielles et des données. Les un ou plusieurs processeurs 502 peuvent être une ou plusieurs unités centrales ou d'autres processeurs.
- [0071] Le dispositif de grande capacité 514 est connecté aux un ou plusieurs processeurs 502 par l'intermédiaire d'un dispositif de commande de grande capacité (non représenté) connecté au bus système 522. Le dispositif de grande capacité 514 et ses supports de stockage de données lisibles par ordinateur associés fournissent un stockage non volatile non transitoire au système informatique 500. Bien que la description des supports de stockage de données lisibles par ordinateur contenus ici se rapporte à un dispositif de grande capacité, tel qu'un disque dur ou un disque SSD, il doit être considéré par l'homme du métier que les supports de stockage de données lisibles par ordinateur peuvent être tout dispositif ou article physique non transitoire

disponible dont la fabrication permet au poste d'affichage central de lire des données et/ou des instructions.

- [0072] Les supports de stockage de données lisibles par ordinateur comprennent des supports volatiles et non volatiles, amovibles et non amovibles mis en œuvre dans un quelconque procédé ou une quelconque technologie pour le stockage d'informations telles que des instructions logicielles lisibles par ordinateur, des structures de données, des modules de programmes ou autres données. Des exemples de types de supports de stockage de données lisibles par ordinateur comprennent, sans s'y limiter, une RAM, une ROM, une EPROM, une EEPROM, une mémoire flash ou une autre technologie de mémoire à semi-conducteurs, des CD-ROM, un DVD (disques numériques polyvalents), d'autres supports de stockage optiques, des cassettes magnétiques, des bandes magnétiques, une mémoire à disques magnétiques ou d'autres dispositifs de stockage magnétiques, ou un quelconque autre support qui peut être utilisé pour stocker les informations souhaitées et auquel peut accéder le système informatique 500.
- [0073] Selon divers modes de réalisation de l'invention, le système informatique 500 peut fonctionner dans un environnement en réseau en utilisant des connexions logiques à des dispositifs réseau distants par l'intermédiaire du réseau 501. Le réseau 501 peut être un réseau informatique, tel qu'un intranet d'entreprise et/ou l'Internet. Le réseau 501 peut comprendre un LAN, un réseau étendu (WAN), l'Internet, des supports de transmission sans fil, des supports de transmission filaire, d'autres réseaux tels que des réseaux de protocoles aéronautiques (par exemple, ARINC, bus CAN, etc.) et des combinaisons de ceux-ci. Le système informatique 500 peut se connecter au réseau 501 par l'intermédiaire d'une unité d'interface réseau 504 connectée au bus système 522. Il convient de souligner que l'unité d'interface réseau 504 peut également être utilisée pour se connecter à d'autres types de réseaux et systèmes informatiques distants. Le système informatique 500 comprend également un dispositif de commande d'entrée/sortie 506 pour recevoir et traiter une entrée provenant d'un certain nombre d'autres dispositifs, comprenant un écran d'affichage d'interface utilisateur tactile, ou un autre type de dispositif d'entrée. Par ailleurs, le dispositif de commande d'entrée/sortie 506 peut fournir une sortie à un écran d'affichage d'interface utilisateur tactile ou à un autre type de dispositif de sortie.
- [0074] Tel qu'évoqué brièvement ci-dessus, le dispositif de grande capacité 514 et la RAM 510 du système informatique 500 peuvent stocker des instructions logicielles et des données. Les instructions logicielles comprennent un système d'exploitation 518 approprié pour commander le fonctionnement du système informatique 500. Le dispositif de grande capacité 514 et/ou la RAM 510 stockent également des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par les un ou plusieurs

processeurs 502, amènent un ou plusieurs parmi les systèmes, les dispositifs ou les composants décrits ici à assurer une fonctionnalité décrite dans le présent document. Par exemple, le dispositif de grande capacité 514 et/ou la RAM 510 peuvent stocker des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par les un ou plusieurs processeurs 502, amènent le système informatique 500 à recevoir et à exécuter des processus de commande d'accès au réseau de gestion et de système de construction.

[0075] En se rapportant aux figures et aux exemples présentés ici de manière générale, l'environnement divulgué fournit un environnement physique dont les aspects des systèmes et des procédés ici divulgués peuvent être mis en œuvre. D'autres environnements sont également possibles et envisagés sur la base de l'objet ici divulgué. Par exemple, les systèmes et les procédés de la présente divulgation peuvent être mis en œuvre dans le contexte d'un système informatique intégré, qui peut être un système autonome ou un système informatique intégré dans un réseau. Des mises en œuvre utilisant des systèmes informatiques intégrés peuvent être le système intégré équipé de l'un et/ou l'autre du dispositif de commande primaire 110 ou du dispositif de commande secondaire 112, par exemple.

[0076] Après avoir décrit les aspects et les mises en œuvre préférés de la présente divulgation, des modifications et des équivalences des concepts divulgués peuvent aisément venir à l'esprit de l'homme du métier. Cependant, il est entendu que de telles modifications et équivalences soient comprises dans la portée des revendications figurant en annexe.

## Revendications

- [Revendication 1]      Système de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double, le système comportant :
- un dispositif de commande ;
  - une pompe primaire (102) actionnée par le dispositif de commande pour maintenir une pression de système dans un trajet d'écoulement (150) à un premier point de consigne de pression ;
  - un transducteur de pression (114) lisant la pression de système et fournissant la pression de système au dispositif de commande (110, 112) ; et
  - une pompe secondaire (104) actionnée par le dispositif de commande (110, 112) pour maintenir la pression de système à un second point de consigne de pression, le second point de consigne de pression étant inférieur au premier point de consigne de pression.
- [Revendication 2]      Système selon la revendication 1, comportant en outre un moteur primaire (106) entraînant la pompe primaire (102), dans lequel le dispositif de commande actionne la pompe primaire (102) pour maintenir la pression de système au premier point de consigne de pression en faisant varier une première vitesse du moteur primaire (106).
- [Revendication 3]      Système selon la revendication 2, comportant en outre un moteur secondaire (108) entraînant la pompe secondaire (104), dans lequel le dispositif de commande actionne la pompe secondaire (104) pour maintenir la pression de système à un second point de consigne de pression en faisant varier une seconde vitesse du moteur secondaire (108).
- [Revendication 4]      Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif de commande comporte un dispositif de commande proportionnelle, intégrale et dérivée (PID) comprenant une boucle externe surveillant la pression de système et une boucle interne régulant au moins l'une parmi une première vitesse de la pompe primaire (102) et une seconde vitesse de la pompe secondaire (104).
- [Revendication 5]      Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel au moins l'une parmi la pompe primaire (102) et la pompe secondaire (104) est une pompe à compensation électronique de pression.
- [Revendication 6]      Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le dispositif de commande est un premier dispositif de commande

(110) associé à la pompe primaire (102) et le système comporte en outre un second dispositif de commande (112) associé à la pompe secondaire (104).

[Revendication 7]

Procédé (200) de régulation de pression électronique de pompes dans un système de pompe double, le procédé comportant :

le maintien, par un dispositif de commande actionnant une première pompe, d'une pression de système dans un circuit de fluides fermé au niveau ou au-dessus d'une première pression de consigne par :

la réception, en provenance d'un transducteur de pression (114), de la pression de système ;

la comparaison de la pression de système avec la première pression de consigne ; et

l'ajustement, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la première pression de consigne, d'une première vitesse de la première pompe ; et

la surveillance, par le dispositif de commande actionnant une seconde pompe, de la pression de système, reçue en provenance du transducteur de pression (114), pour maintenir la pression de système au-dessus d'une deuxième pression de consigne, la deuxième pression de consigne étant inférieure à la première pression de consigne, par :

la comparaison de la pression de système avec la deuxième pression de consigne ;

la détermination, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la deuxième pression de consigne, que la pression de système est au-dessous de la deuxième pression de consigne ; et

le déclenchement de la seconde pompe, en réponse à la détermination que la pression de système est au-dessous de la deuxième pression de consigne.

[Revendication 8]

Procédé selon la revendication 7, comportant :

la détermination, sur la base de la comparaison de la pression de système avec la pression de consigne secondaire, que la pression de système est au-dessus d'une troisième pression de consigne ; et

la mise en mode d'attente de la pompe secondaire (104), en réponse à la détermination que la pression de système est au-dessus d'une troisième pression de consigne.

[Revendication 9]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, comportant en outre :

la détection d'une instabilité de la pression de système ; et  
la réduction de la pression de consigne secondaire.

[Revendication 10]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, comportant  
en outre :

l'analyse de la pression de système au cours d'un ou plusieurs  
fonctionnements de la pompe secondaire (104) ;

la détermination que la pression de système est stable au cours des un  
ou plusieurs fonctionnements de la pompe secondaire (104) ; et

l'augmentation de la pression de consigne secondaire.

[Fig. 1]

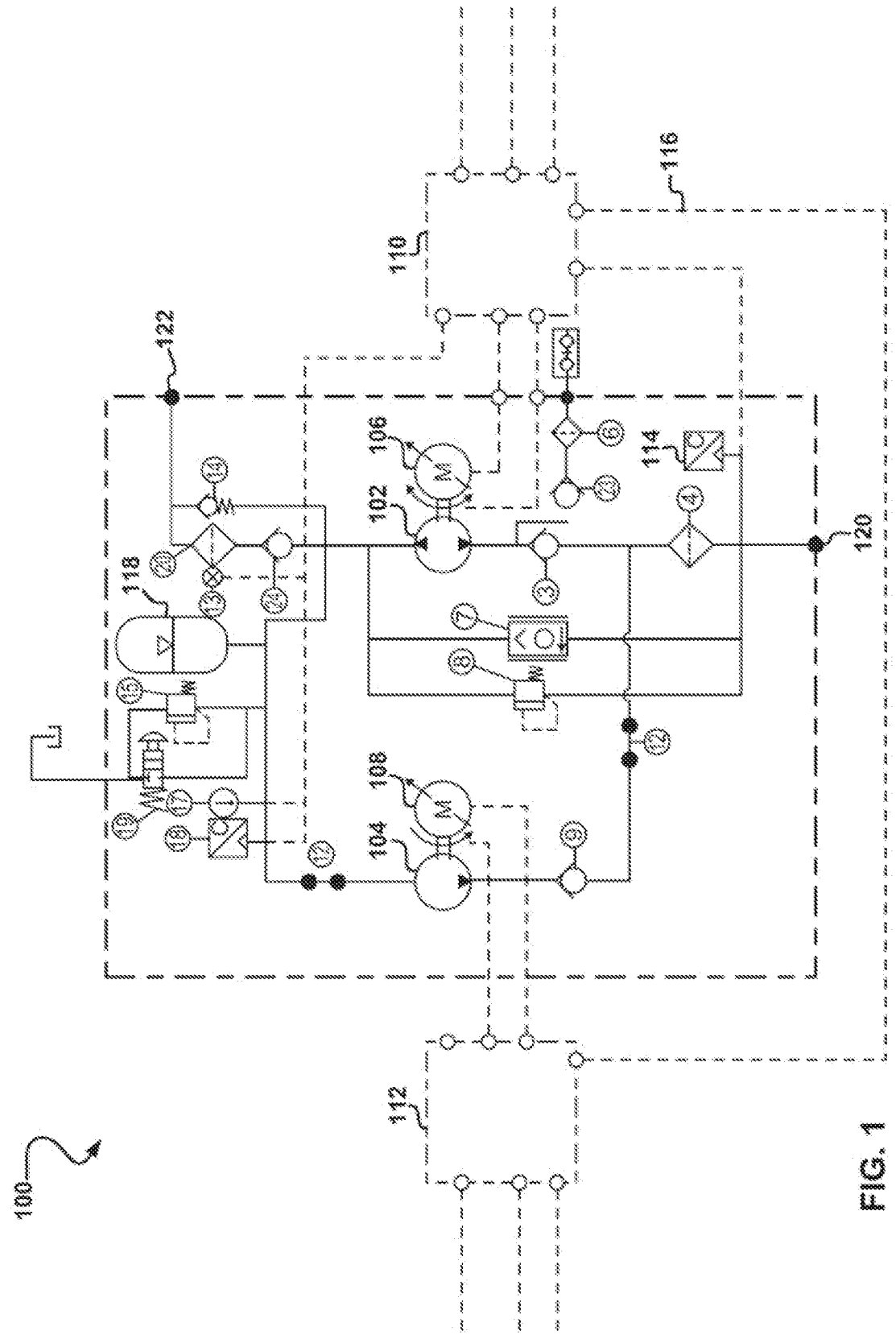


FIG. 1

[Fig. 2]

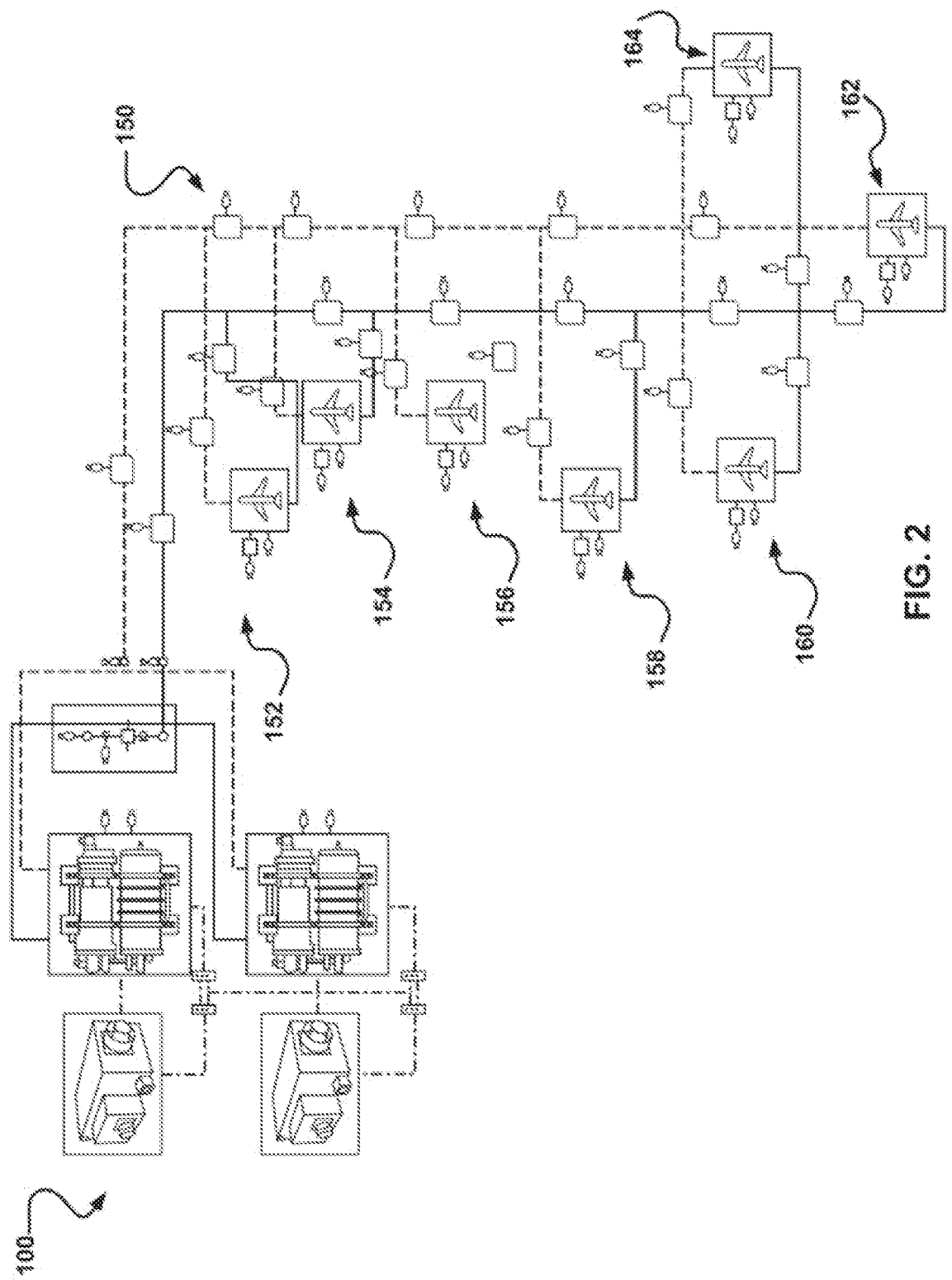


FIG. 2

[Fig. 3]

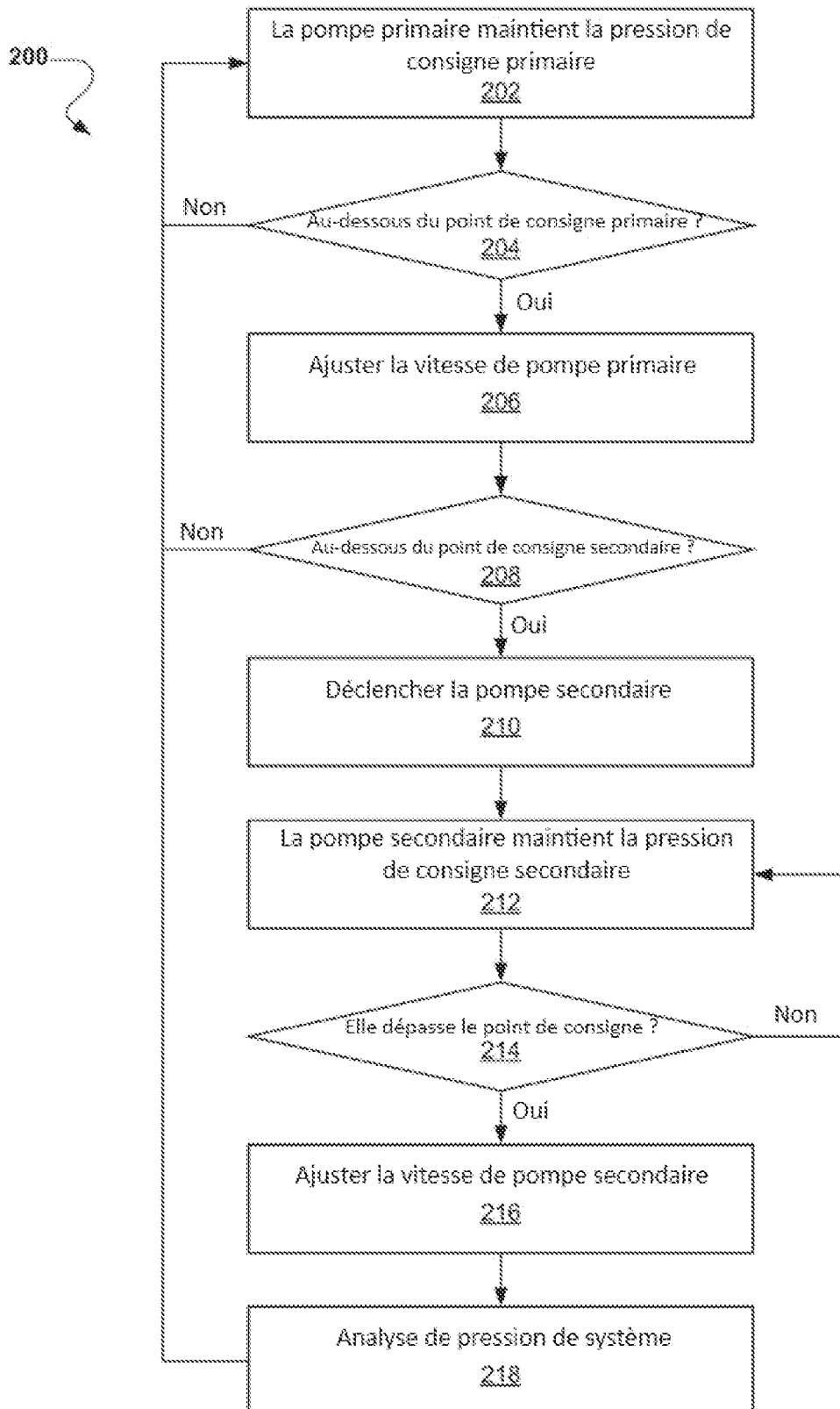


FIG. 3

[Fig. 4]

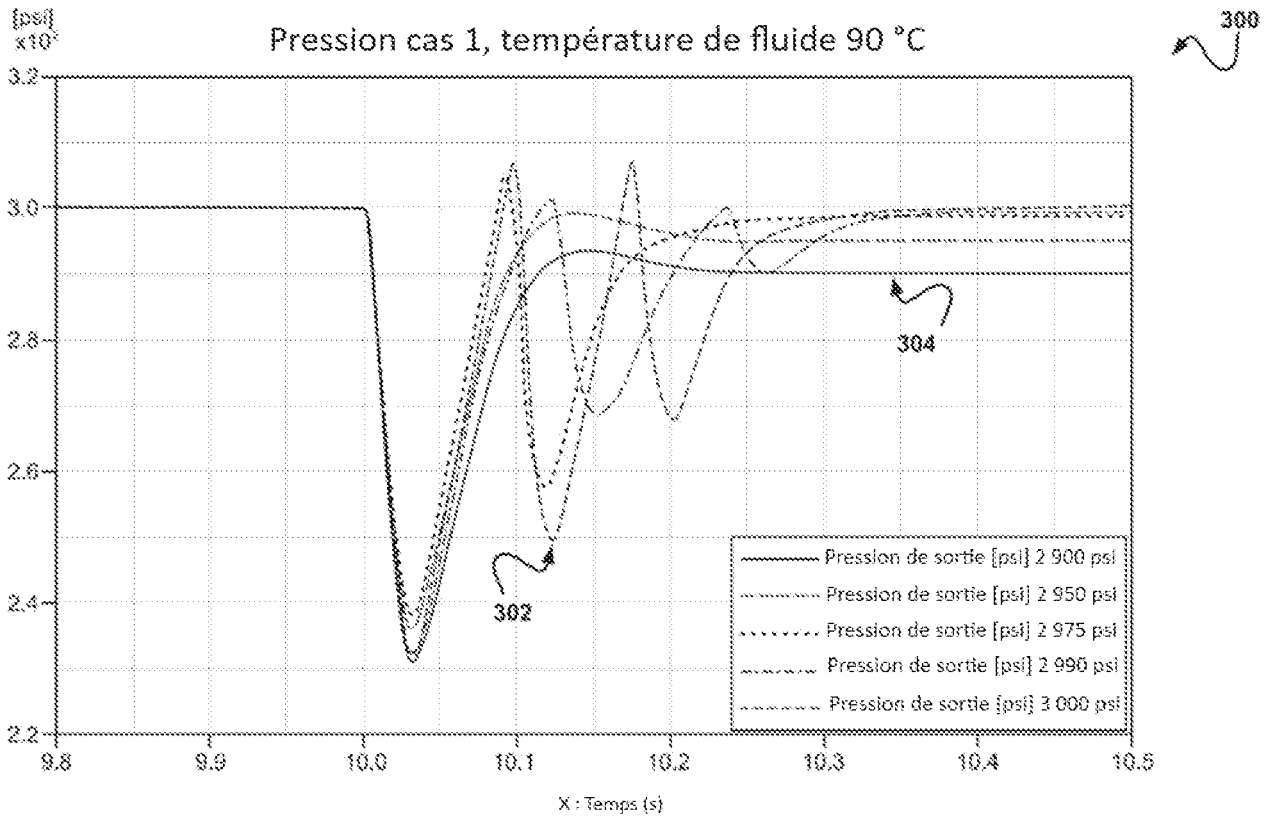


FIG. 4

[Fig. 5]

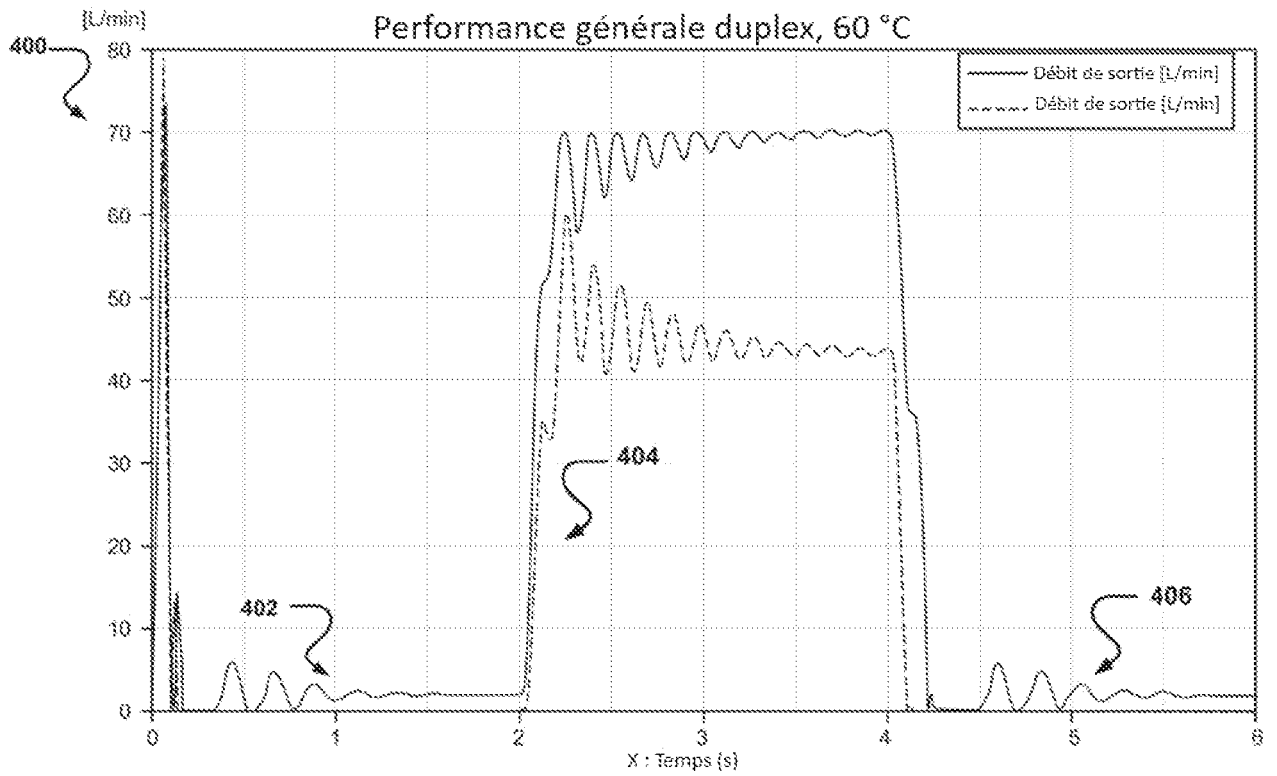
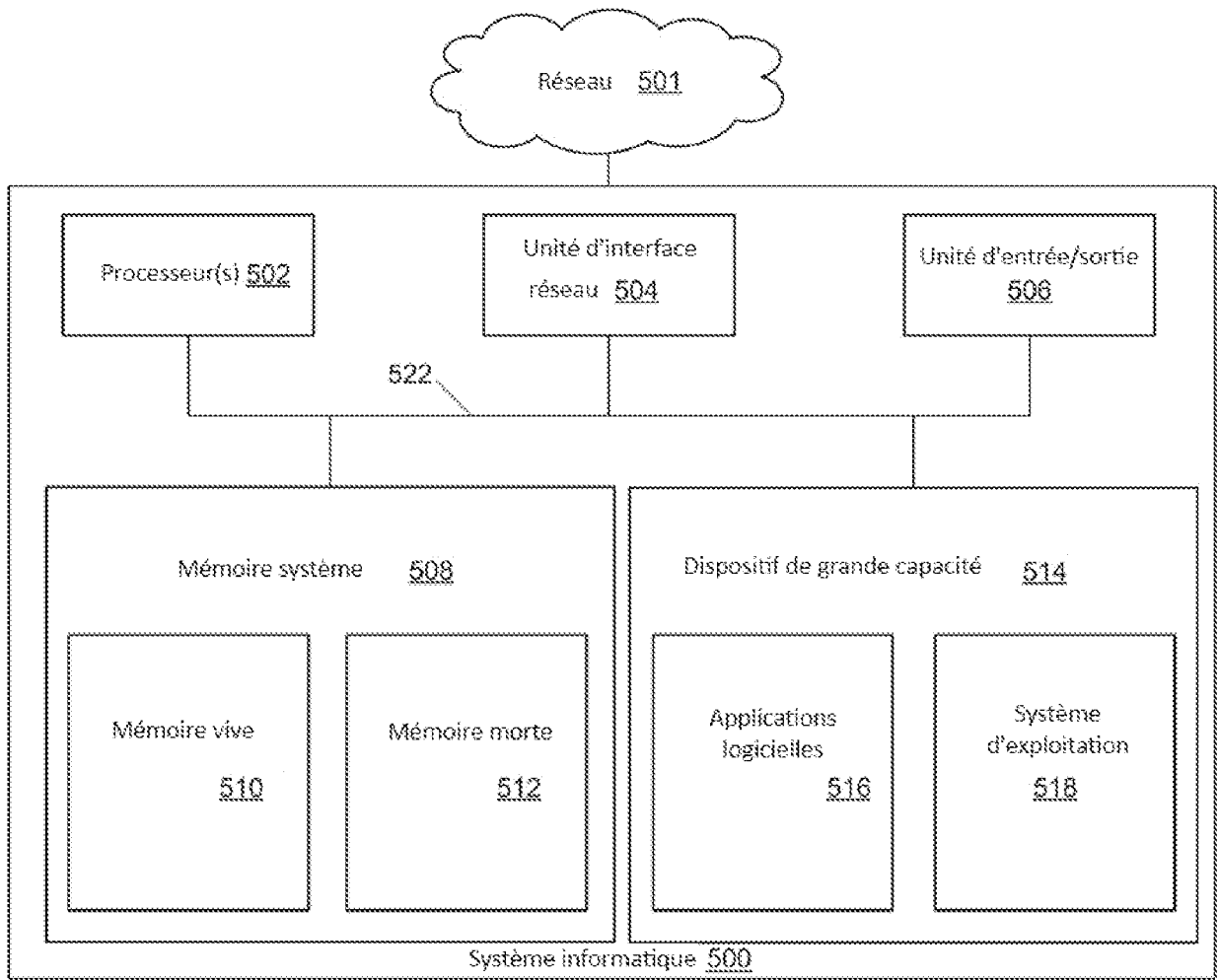


FIG. 5

[Fig. 6]

**FIG. 6**