

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 151 069
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
21 N° d'enregistrement national : 23 07529

51 Int Cl⁸ : F 16 K 17/20 (2023.01), F 16 K 21/02

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 13.07.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.01.25 Bulletin 25/03.

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) : ARIANEGROUP SAS Société par
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : NOMERANGE Philippe et FAYE Oli-
vier.

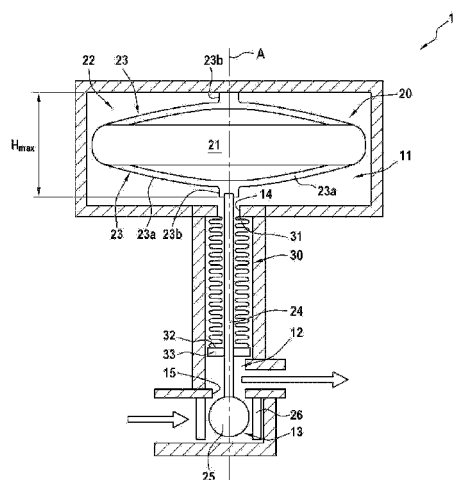
73 Titulaire(s) : ARIANEGROUP SAS Société par actions
simplifiée.

74 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie - 02.

54 vanne pour fluide cryotechnique.

57 Vanne pour fluide cryotechnique ainsi qu'un circuit
d'alimentation pour fluide cryotechnique, la vanne compre-
nant une chambre de commande (11), une première
chambre de circulation (12), communiquant avec la
chambre de commande (11) par l'intermédiaire d'un orifice
de commande (14), une deuxième chambre de circulation
(13), communiquant avec la première chambre de circula-
tion (12) par l'intermédiaire d'un orifice de circulation (15),
formant un siège de vanne, un actionneur à course linéaire
(20), logé dans la chambre de commande (11) et configuré
pour actionner une tige de commande (24) traversant l'ori-
fice de commande (14) et s'étendant axialement dans la
première chambre de circulation (12), un obturateur (25),
mobile entre une position de fermeture et un position d'ou-
verture, et un soufflet (30), étanche tout en étant étirable
axialement, entourant la tige de commande (24).

Fig. 2



FR 3 151 069 - A1



Description

Titre de l'invention : vanne pour fluide cryotechnique

Domaine technique

- [0001] Le présent exposé concerne une vanne pour fluide cryotechnique ainsi qu'un circuit de circulation pour fluide cryotechnique. Une telle vanne peut notamment être utilisée dans un circuit de circulation pour ergol liquide d'un moteur, par exemple d'un moteur d'aviation à hydrogène.

Technique antérieure

- [0002] Afin de réduire drastiquement l'empreinte carbone des avions commerciaux, des projets de moteurs d'aviation à hydrogène sont en cours de développement. Toutefois, l'utilisation d'hydrogène dans un tel moteur d'aviation soulève de nombreuses difficultés techniques de mise en œuvre. En particulier, cet hydrogène est généralement stocké et distribué à l'état liquide, et donc à des températures cryotechniques, avant d'être éventuellement réchauffé avant son admission dans la chambre de combustion du moteur. Or, bien que la technologie des ergols cryotechniques soit bien maîtrisée pour le domaine spatial, elle ne peut être transposée directement au domaine de l'aéronautique en raison des spécificités propres à ce domaine.
- [0003] L'une des difficultés rencontrées concerne le circuit d'alimentation en carburant et, tout particulièrement, la pompe de ce circuit d'alimentation. En effet, les pompes existantes à ce jour dans le domaine spatial sont conçues pour fournir des débits d'alimentation relativement constants : ainsi, ces pompes possèdent un nombre de points de fonctionnement réduit, ce qui simplifie leur conception et permet une optimisation très poussée de la pompe aux conditions de fonctionnement. A l'inverse, un moteur d'aviation doit être capable de fonctionner dans des situations très différentes, avec des régimes de poussée très différents selon la phase de vol : taxi, décollage, croisière, atterrissage etc.
- [0004] En raison des températures très basses, de l'ordre de 20 K, et des pressions très élevées, de l'ordre de 10 bars et pouvant même aller jusqu'à 70 bar, de l'hydrogène liquide fourni par le circuit d'alimentation du moteur, la pompe peut être amenée à fonctionner dans des plages de fonctionnement instables lorsque le débit traversant la pompe est trop faible.
- [0005] Une autre difficulté concerne la conception de vannes capables de fonctionner à très basse température tout en contrôlant de faibles débits. En effet, les vannes connues à ce jour dans le domaine aéronautique ne sont pas conçues pour résister au passage d'un fluide cryotechnique tandis que les vannes connues à ce jour dans le domaine spatial sont pour leur part dimensionnées pour être traversées par des débits beaucoup plus

importants.

[0006] Enfin, pour une application aéronautique, la vanne doit être capable d'assurer un très grand nombre de missions sans se dégrader. La plupart des vannes du domaine spatial sont pour leur part conçues pour n'assurer qu'une seule mission, et ne pourraient donc assurer un temps de fonctionnement satisfaisant pour le domaine aéronautique.

[0007] Il existe donc un réel besoin pour une vanne pour fluide cryotechnique et un circuit de circulation pour fluide cryotechnique qui soient dépourvus, au moins en partie, des inconvénients inhérents aux configurations connues précitées.

Exposé de l'invention

[0008] Le présent exposé concerne une vanne pour fluide cryotechnique, comprenant
 une chambre de commande,
 une première chambre de circulation, communiquant avec la chambre de commande par l'intermédiaire d'un orifice de commande, et configurée pour être connectée à une première ligne de fluide cryotechnique,
 une deuxième chambre de circulation, communiquant avec la première chambre de circulation par l'intermédiaire d'un orifice de circulation, formant un siège de vanne, et configurée pour être connectée à une deuxième ligne de fluide cryotechnique,
 un actionneur à course linéaire, logé dans la chambre de commande et configuré pour actionner une tige de commande traversant l'orifice de commande et s'étendant axialement dans la première chambre de circulation,
 un obturateur, mobile entre une position de fermeture, dans laquelle il est plaqué contre le siège de la vanne, et une position d'ouverture, dans laquelle il est au moins partiellement à distance du siège de vanne, la vanne étant configurée de sorte que la position de l'obturateur soit au moins en partie contrôlée par la position de la tige de commande, et
 un soufflet, étanche tout en étant étirable axialement, entourant la tige de commande, une première extrémité du soufflet étant solidaire d'une paroi de la première chambre de circulation, et une deuxième extrémité du soufflet étant solidaire de la tige de commande.

[0009] L'utilisation d'un actionneur à course linéaire permet un réglage fin du débit de fluide cryotechnique traversant l'orifice de circulation en agissant de manière fine sur l'obturateur de la vanne et donc sur la section de passage du fluide ainsi déterminée.

[0010] L'utilisation d'un soufflet étanche permet pour sa part d'isoler complètement la chambre de commande, dans laquelle est logé l'actionneur, de la circulation de fluide cryotechnique. Ceci permet alors de protéger l'actionneur du contact direct de fluide cryotechnique qui pourrait l'endommager. De plus, ce soufflet permet de décorréler thermiquement, au moins en partie, la chambre de commande et les chambres de cir-

culution, tout en autorisant la transmission de la commande de l'actionneur jusqu'à l'obturateur. En effet, le soufflet peut s'étirer axialement pour suivre le mouvement de la tige de commande sans se rompre et sans rompre l'étanchéité. Il est alors possible de préserver un environnement plus chaud dans la chambre de commande par rapport aux chambres de circulation afin d'utiliser un actionneur qui ne pourrait fonctionner autrement à la température du fluide cryotechnique.

- [0011] Dans le présent exposé, on entend par fluide cryotechnique un fluide, de préférence un liquide, dont la température est inférieure à 120 K, de préférence inférieure à 80 K, de préférence encore inférieure à 30 K. La pression du fluide cryotechnique peut dépasser 2 bars, de préférence 10 bars ou même encore 50 bars.
- [0012] Dans certains modes de réalisation, le fluide cryotechnique est un ergol liquide, par exemple du dihydrogène liquide H_2 , du dioxygène liquide O_2 , du diazote liquide N_2 , de l'hélium liquide He ou du méthane liquide CH_4 .
- [0013] Dans certains modes de réalisation, le débit maximal de passage de la vanne est inférieur à 100 g/s, de préférence inférieur à 50 g/s, de préférence encore inférieur à 10 g/s.
- [0014] Dans certains modes de réalisation, la section de passage hydraulique maximale de la vanne est inférieure à 25 mm², de préférence inférieure à 10 mm², de préférence encore inférieure à 5 mm².
- [0015] Dans certains modes de réalisation, la chambre de commande est maintenue sous vide ou sous atmosphère neutre. Ceci permet de maintenir l'actionneur dans une atmosphère contrôlée, propice au bon fonctionnement de l'actionneur. En particulier, ceci peut contribuer à isoler thermiquement l'actionneur par rapport aux chambres de circulation. Lorsque la chambre est maintenue sous vide, on comprend que la pression résiduelle dans la chambre peut être inférieure à 30 mbar. Lorsque la chambre est maintenue sous atmosphère neutre, elle peut être remplie à l'aide d'hélium He ou d'azote N_2 .
- [0016] Dans certains modes de réalisation, la température dans la chambre de commande est supérieure à 50 K, de préférence supérieure à 150 K.
- [0017] Dans certains modes de réalisation, l'actionneur comprend un actionneur piézo-électrique. Un tel actionneur, dont la course est très réduite, permet d'assurer un réglage particulièrement fin de la position de la tige de commande et donc de la position de l'obturateur. Un tel actionneur est ainsi particulièrement adapté pour former une vanne offrant un réglage fin du débit de passage. De plus, un tel actionneur bénéficie d'une raideur importante, la section de passage de la vanne dépend ainsi pratiquement exclusivement de la tension de commande de l'actionneur. Un contrôle en boucle ouverte de l'actionneur peut alors être envisagé sans risque important de dérive.
- [0018] Dans certains modes de réalisation, l'actionneur piézo-électrique est équipé d'un am-

plificateur de course, de préférence du type à pantographe. La course native d'un actionneur piézo-électrique étant très réduite, un tel amplificateur permet d'amplifier le mouvement de l'actionneur et donc d'augmenter la course maximale de la tige de commande.

- [0019] Dans certains modes de réalisation, la course maximale de l'actionneur est inférieure à 5 mm, de préférence inférieure à 1 mm, de préférence encore inférieure à 0,5 mm. Cette course maximale est de préférence mesurée après amplification lorsqu'un amplificateur est prévu. L'actionneur est ainsi très précis et particulièrement adapté pour une vanne commandant de faibles débits.
- [0020] Dans certains modes de réalisation, la hauteur de la chambre de commande, dans la direction axiale, est inférieure à 10 cm, de préférence inférieure à 6 cm. La vanne est ainsi particulièrement compacte.
- [0021] Dans certains modes de réalisation, la deuxième chambre de circulation est configurée pour constituer la chambre amont de la vanne tandis que la première chambre de circulation est configurée pour constituer la chambre aval de la vanne. Dans un tel cas, on comprend que la pression est plus élevée dans la deuxième chambre de circulation que dans la première chambre de circulation. Toutefois, la configuration inverse est possible. Dans certaines configurations, la position de l'amont et de l'aval pourraient également varier au cours du temps selon le fonctionnement du circuit sur lequel la vanne est installée. En particulier, dans les configurations selon l'exposé, lorsque l'obturateur est fixé à l'extrémité de la tige de commande, le dimensionnement intrinsèque de la vanne la rend insensible aux effets de pression sur l'obturateur devant ceux générés par l'actionneur. Cela permet d'envisager sans difficulté l'inversion des liaisons amont et aval.
- [0022] Dans certains modes de réalisation, l'orifice de circulation est circulaire, de préférence sensiblement centré sur l'axe de la tige de commande. Ceci facilite le centrage de l'obturateur sur son siège et favorise une bonne étanchéité de l'obturateur dans la position de fermeture. Le diamètre de cet orifice peut notamment être de l'ordre de 6 mm.
- [0023] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est installé dans la première chambre de circulation ou dans la deuxième chambre de circulation. Lorsque l'obturateur est installé dans la chambre de circulation amont, la pression du fluide cryotechnique exerce une force sur l'obturateur tendant à refermer la vanne. Ceci favorise le centrage de l'obturateur, lorsque ce dernier est libre, et favorise une bonne étanchéité de l'obturateur dans la position de fermeture.
- [0024] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est fixé à l'extrémité distale de la tige de commande. La position de l'obturateur, et donc la section de passage, est ainsi directement déterminée par la position de la tige de commande et donc par

l'actionneur.

- [0025] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est disjoint de la tige de commande. Dans une telle configuration, l'obturateur est prévu dans la chambre de circulation amont de sorte que la pression du fluide cryotechnique tende à plaquer l'obturateur contre la tige de commande : de cette manière, la position de l'obturateur, et donc la section de passage, reste déterminée par la position de la tige de commande. Toutefois, l'obturateur reste libre de se repositionner et, en particulier, de se recentrer sur son siège dans la position de fermeture, même si la tige de commande est légèrement décentrée : on favorise ainsi une bonne étanchéité de l'obturateur dans sa position de fermeture.
- [0026] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est retenu dans une cage prévue dans la première chambre de circulation ou la deuxième chambre de circulation. Une telle cage, ajourée pour laisser passer le fluide cryotechnique, permet d'éviter que l'obturateur ne réalise des excursions trop importantes, même en cas d'instabilité de la circulation de fluide cryotechnique.
- [0027] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est axisymétrique. Ceci favorise le centrage et la bonne étanchéité de l'obturateur.
- [0028] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur possède une portion dont la section diminue dans la direction axiale, cette portion étant de préférence un tronc de cône ou un tronc de sphère.
- [0029] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est une bille, de préférence sphérique. Le diamètre de la bille peut notamment être de l'ordre de 8 mm.
- [0030] Dans certains modes de réalisation, l'obturateur est une douille cylindrique, fermée au moins à l'une de ses extrémités axiales et dont la surface périphérique comprend au moins une lumière. Une telle douille cylindrique permet un meilleur contrôle de la section de passage de la vanne en fonction de la position de la tige de commande. En particulier, il est possible de configurer la géométrie de ladite lumière pour ajuster la relation déterminant la section de passage en fonction de la position de la douille cylindrique liée à la tige de commande.
- [0031] Dans certains modes de réalisation, au moins une lumière de la douille cylindrique est rectangulaire ou triangulaire. Une lumière rectangulaire aboutit à une loi de commande linéaire de la section de passage en fonction de la position de la tige de commande tandis qu'une lumière triangulaire aboutit à une loi de commande non-linéaire.
- [0032] Dans certains modes de réalisation, l'actionneur est configuré pour régler de manière continue la position de la tige de commande de manière à contrôler la position de l'obturateur de manière continue entre la position de fermeture et une position d'ouverture maximale. La vanne peut ainsi s'ajuster en continu et de manière précise à

n'importe quel point de fonctionnement entre ses deux positions extrêmes.

- [0033] Dans certains modes de réalisation, l'actionneur est configuré pour être commandé en boucle ouverte. Ceci permet de se passer de capteur de position dans la vanne.
- [0034] Dans certains modes de réalisation, la vanne comprend un capteur configuré pour déterminer la position de la tige de commande. Il peut notamment s'agir d'un capteur de position prenant par exemple la forme d'une sonde à effet Hall utilisée en proximètre.
- [0035] Dans certains modes de réalisation, l'actionneur est configuré pour être commandé en boucle fermée. On assure ainsi une meilleure précision de la commande de la vanne.
- [0036] Dans certains modes de réalisation, la paroi du soufflet est ondulée, les ondulations se succédant dans la direction axiale. Ces ondulations offrent au soufflet une certaine élasticité dans la direction axiale. De préférence, ces ondulations sont axisymétriques.
- [0037] Dans certains modes de réalisation, le soufflet possède, au repos, une longueur supérieure à 15 mm, de préférence supérieure à 20 mm. De préférence cette longueur au repos n'excède pas 50 mm.
- [0038] Dans certains modes de réalisation, le soufflet possède, au repos, un diamètre extérieur maximum compris entre 6 et 10 mm.
- [0039] Dans certains modes de réalisation, la profondeur des ondulations du soufflet est comprise entre 1 et 2 mm. Par « profondeur des ondulations », on entend ici la différence entre le diamètre mesuré au niveau des crêtes et le diamètre mesuré au niveau des creux. De préférence, toutes les ondulations sont identiques.
- [0040] Dans certains modes de réalisation, le soufflet est hydroformé.
- [0041] Dans certains modes de réalisation, le soufflet est métallique, de préférence en acier. Un tel matériau métallique est capable de résister aux températures cryotechniques du fluide cryotechnique.
- [0042] Dans certains modes de réalisation, la raideur du soufflet, face à un effort d'extension axiale, est inférieure à 30 N/mm.
- [0043] Dans certains modes de réalisation, la première extrémité du soufflet est fixée, de préférence soudée, sur la paroi de la première chambre de circulation entourant l'orifice de commande.
- [0044] Dans certains modes de réalisation, la deuxième extrémité du soufflet est fixée, de préférence soudée, sur une bride s'étendant radialement depuis la tige de commande.
- [0045] Dans certains modes de réalisation, la première chambre de circulation et la deuxième chambre de circulation sont dépourvues de joints élastomère. En effet, un joint élastomère ne pourrait tenir à la température du fluide cryotechnique. En revanche, des joints polymère ou à contact métal/métal peuvent être utilisés.
- [0046] Le présent exposé concerne également un circuit de circulation pour fluide cryotechnique, comprenant
une pompe, comportant une entrée connectée à une ligne amont et une sortie

connectée à une ligne aval,

une ligne de recirculation, s'étendant depuis la ligne aval jusqu'à la ligne amont, et une vanne selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents, installée sur la ligne de recirculation de manière à contrôler le débit de la ligne de recirculation.

[0047] Grâce à une telle ligne de recirculation, il est possible de commander la pompe avec un débit minimal suffisamment élevé pour assurer un fonctionnement stable de la pompe et de rediriger, lorsque ce débit minimal est supérieur au débit de circulation souhaité, une partie de ce débit vers l'amont de la pompe afin d'obtenir le débit de circulation effectivement souhaité en aval du circuit de circulation. Ainsi, si le débit souhaité est inférieur au débit minimal de stabilité, la pompe est entraînée au débit minimal de stabilité et la vanne de la ligne de recirculation est pilotée pour renvoyer vers la ligne amont la différence de débit entre le débit minimal de stabilité et le débit de circulation souhaité ; si le débit souhaité est supérieur au débit minimal de stabilité, la pompe est entraînée par assurer ledit débit de circulation souhaité et la vanne est commandée en fermeture pour fermer complètement la ligne de recirculation.

[0048] Une vanne selon le présent exposé permet alors d'accomplir cette fonction de régulation fine de la ligne de recirculation en conditions cryotechniques.

[0049] Dans certains modes de réalisation, le circuit de circulation est un circuit d'alimentation prévu pour alimenter un moteur avec ledit fluide cryotechnique, éventuellement après réchauffage de ce dernier.

[0050] Dans certains modes de réalisation, la pompe est une pompe centrifuge, de préférence une turbopompe ou une pompe actionnée par un moteur électrique.

[0051] Dans le présent exposé, les termes « avant » et « distal » s'entendent, le long de la direction de la tige de commande, du côté de l'obturateur ; les termes « arrière » et « proximal » s'entendent alors du côté opposé à l'obturateur.

[0052] Les caractéristiques et avantages précités, ainsi que d'autres, apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, d'exemples de réalisation de la vanne et du circuit de circulation proposés. Cette description détaillée fait référence aux dessins annexés.

Brève description des dessins

[0053] Les dessins annexés sont schématiques et visent avant tout à illustrer les principes de l'exposé.

[0054] Sur ces dessins, d'une figure à l'autre, des éléments (ou parties d'élément) identiques sont repérés par les mêmes signes de référence.

[0055] [Fig.1] La [Fig.1] représente un exemple de circuit de circulation.

[0056] [Fig.2] La [Fig.2] représente un exemple de vanne, dans un état ouvert.

[0057] [Fig.3] La [Fig.3] représente la vanne de la [Fig.2], dans un état fermé.

Description des modes de réalisation

- [0058] Afin de rendre plus concret l'exposé, des exemples de circuit de circulation et de vanne sont décrits en détail ci-après, en référence aux dessins annexés. Il est rappelé que l'invention ne se limite pas à ces exemples.
- [0059] La [Fig.1] représente un exemple de circuit de circulation 1 pour fluide cryotechnique ; plus précisément, il s'agit ici d'un circuit d'alimentation en ergol liquide pour un moteur d'aviation. Le circuit d'alimentation 1 comprend alors un réservoir d'ergol 2, une pompe d'alimentation 3, du type centrifuge, et une sortie d'alimentation 4, connectée au moteur. Une ligne amont 3m connecte le réservoir d'ergol 2 à l'entrée de la pompe d'alimentation 3 ; une ligne aval 3v connecte la sortie de la pompe 3 à la sortie d'alimentation 4. Dans le présent exemple, le réservoir 2 est un réservoir de dihydrogène liquide H_2 , stocké à environ 20 K ; la pression en aval de la pompe 3 est de l'ordre de 10 bar.
- [0060] Le circuit d'alimentation 1 comprend en outre une ligne de recirculation 5 connectant la ligne aval 3v à la ligne amont 3m en contournant la pompe d'alimentation 3. Une vanne pilotable 10 est positionnée sur cette ligne de recirculation 5.
- [0061] La [Fig.2] illustre un exemple d'une telle vanne pilotable 10. Cette vanne 10 comprend une chambre de commande 11, une première chambre de circulation 12 et une deuxième chambre de circulation 13.
- [0062] La première chambre de circulation 12 s'étend depuis la chambre de commande 11, axialement suivant un axe principal A de la vanne 10 ; un orifice de commande 14 est pratiqué, au niveau de l'axe principal A, dans la paroi séparant la première chambre de circulation 12 de la chambre de commande 11.
- [0063] La deuxième chambre de circulation 13 est prévue dans le prolongement de la première chambre de circulation 12, dans la direction axiale ; un orifice de circulation 15 est pratiqué, au niveau de l'axe principal A, dans la paroi séparant la deuxième chambre de circulation 13 de la première chambre de circulation 12. Dans le présent exemple, la deuxième chambre de circulation 13 est la chambre amont, connectée ainsi à la ligne aval 3v de la pompe 3, et la première chambre de circulation 12 est la chambre aval, connectée ainsi à la ligne amont 3m de la pompe 3.
- [0064] Un actionneur 20, comprenant un composant piézo-électrique 21 et un amplificateur 22, est monté dans la chambre de commande 11. Le composant piézo-électrique 21 s'étend dans une direction orthogonale à l'axe principal A. L'amplificateur 22 prend la forme de deux pantographes 23, montés chacun sur une face opposée du composant piézo-électrique 21. Chaque pantographe 23 comprend ainsi deux branches élastiques 23a, fixées chacune à une extrémité opposée du composant piézo-électrique 21 et se rejoignant au niveau d'une base centrale 23b s'étendant axialement.
- [0065] Le composant piézo-électrique 21 possède, au repos, une longueur de repos prédéterminée ; en conséquence, l'actionneur 20 possède dans son ensemble, au repos, une

hauteur de repos prédéterminée, mesurée entre les extrémités des bases 23b des deux pantographes 23 de l'amplificateur 22. Toutefois, lorsqu'une tension électrique est appliquée au composant piézo-électrique 21, le composant piézo-électrique 21 se déforme de sorte que sa longueur augmente ; en conséquence, les branches 23a des pantographes sont écartées, ce qui rapproche les bases 23b l'une de l'autre et diminue donc la hauteur de l'actionneur 20.

[0066] L'une des bases 23b de l'amplificateur 22 est fixée dans la chambre de commande 11 tandis que la seconde base 23b est libre de se déplacer. Une tige de commande 24 est fixée à cette seconde base 23b de manière à s'étendre axialement le long de l'axe principal A : la tige de commande 24 s'étend ainsi à travers l'orifice de commande 14 et le long de la première chambre de circulation 12, sensiblement jusqu'à l'orifice de circulation 15.

[0067] Un obturateur 25, prenant ici la forme d'une bille sphérique, est disposé dans la deuxième chambre de circulation 13, juste en face de l'orifice de circulation 15 qui forme un siège pour ledit obturateur 25.

[0068] Dans cet exemple, l'obturateur 25 est libre, c'est-à-dire qu'il n'est pas fixé à l'extrémité de la tige de commande 24. La position de l'obturateur 25 est néanmoins contrainte par la position de la tige de commande 24, cette dernière pouvant, selon sa position, empêcher l'obturateur 25 de se plaquer contre l'orifice de circulation 15. Par ailleurs, une cage 26, installée dans la deuxième chambre de circulation 13 et dans laquelle est logé l'obturateur 25, permet de retenir radialement l'obturateur 25.

[0069] Ainsi, lorsque l'actionneur 20 est au repos, comme cela est représenté sur la [Fig.2], l'actionneur 20 présente une hauteur maximale $H_{\max}$, correspondant à sa hauteur de repos ; la tige de commande 24 se situe alors dans une position avancée dans laquelle elle s'engage dans l'orifice de circulation 15, repoussant ainsi l'obturateur 25 de manière à l'empêcher de se plaquer contre l'orifice de circulation 15. La vanne 10 se trouve ainsi dans un état ouvert dans lequel de l'ergol peut passer d'amont en aval de la deuxième chambre de circulation 13 à la première chambre de circulation 12.

[0070] A l'inverse, comme cela est représenté sur la [Fig.3], lorsqu'une tension électrique est appliquée sur le composant piézo-électrique 21, la hauteur de l'actionneur 20 diminue jusqu'à atteindre une hauteur minimale $H_{\min}$, ce qui rétracte la tige de commande 24 dans une position reculée dans laquelle elle n'entrave plus le mouvement de l'obturateur 25 ; l'obturateur 25, sous l'effet de la pression du fluide, se centre et se plaque alors contre l'orifice de circulation 15. La vanne 10 se trouve ainsi dans un état fermé dans lequel la circulation de l'ergol entre la deuxième chambre de circulation 13 et la première chambre de circulation 12 est coupée.

[0071] Bien sûr, en ajustant la tension fournie à l'actionneur 20, il est possible de piloter finement ce dernier de manière à régler précisément sa hauteur et donc la position de la

tige de commande 24 et de là la position de l'obturateur 25, ce dernier étant en effet normalement rappelé contre l'extrémité de la tige de commande 24 sous l'effet des forces de pression du fluide. Il est ainsi possible d'ajuster de manière précise et continue la section de passage de la vanne 10 entre les deux états extrêmes, complètement ouvert et fermé, représentés sur les figures 2 et 3.

[0072] Dans le présent exemple, la hauteur maximale $H_{\max}$ de l'actionneur est égale à 55,0 mm tandis que sa hauteur minimale $H_{\min}$ est égale à 54,5 mm.

[0073] La vanne 10 comprend en outre un soufflet métallique 30, réalisé ici en acier inoxydable. Le soufflet 30, généralement axisymétrique, comprend des ondulations se succédant dans la direction axiale. L'extrémité arrière 31 du soufflet 30 est fixée sur la paroi de la première chambre de circulation 12 de manière à entourer l'orifice de commande 14. L'extrémité avant 32 du soufflet est fixée sur une bride radiale 33 solidaire de la tige de commande 24.

[0074] Le soufflet 30 isole ainsi de manière étanche la chambre de commande 11, et donc l'actionneur 20, de la circulation d'ergol présente dans la première chambre de circulation 21. Néanmoins, grâce à ses ondulations, le soufflet présente une élasticité qui lui permet de suivre le mouvement de la tige de commande 24 sans se rompre.

[0075] Dans le présent exemple, le soufflet 30 possède une raideur égale à 27 N/mm et une longueur au repos égale à 20 mm ; son diamètre maximal, mesuré au niveau des crêtes des ondulations, est égal à 8,5 mm.

[0076] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

[0077] Il est également évident que toutes les caractéristiques décrites en référence à un procédé sont transposables, seules ou en combinaison, à un dispositif, et inversement, toutes les caractéristiques décrites en référence à un dispositif sont transposables, seules ou en combinaison, à un procédé.

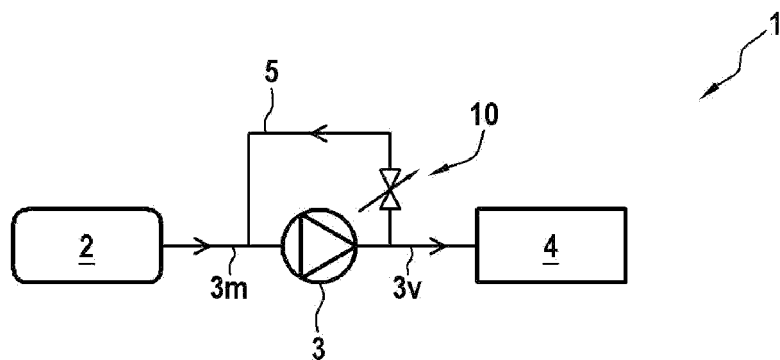
Revendications

- [Revendication 1] Vanne pour fluide cryotechnique, comprenant
 une chambre de commande (11),
 une première chambre de circulation (12), communiquant avec la
 chambre de commande (11) par l'intermédiaire d'un orifice de
 commande (14), et configurée pour être connectée à une première ligne
 de fluide cryotechnique (3m),
 une deuxième chambre de circulation (13), communiquant avec la
 première chambre de circulation (12) par l'intermédiaire d'un orifice de
 circulation (15), formant un siège de vanne, et configurée pour être
 connectée à une deuxième ligne de fluide cryotechnique (3v),
 un actionneur à course linéaire (20), logé dans la chambre de commande
 (11) et configuré pour actionner une tige de commande (24) traversant
 l'orifice de commande (14) et s'étendant axialement dans la première
 chambre de circulation (12),
 un obturateur (25), mobile entre une position de fermeture, dans laquelle
 il est plaqué contre le siège de la vanne (15), et une position
 d'ouverture, dans laquelle il est au moins partiellement à distance du
 siège de vanne (15), la vanne (10) étant configurée de sorte que la
 position de l'obturateur (25) soit au moins en partie contrôlée par la
 position de la tige de commande (24), et
 un soufflet (30), étanche tout en étant étirable axialement, entourant la
 tige de commande (24), une première extrémité (31) du soufflet (30)
 étant solidaire d'une paroi de la première chambre de circulation (12), et
 une deuxième extrémité (32) du soufflet (30) étant solidaire de la tige de
 commande (24).
- [Revendication 2] Vanne selon la revendication 1, dans laquelle la chambre de commande
 (11) est maintenue sous vide ou sous atmosphère neutre.
- [Revendication 3] Vanne selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle l'actionneur (20)
 comprend un actionneur piézo-électrique (21).
- [Revendication 4] Vanne selon la revendication 3, dans laquelle l'actionneur piézo-
 électrique (21) est équipé d'un amplificateur de course (22), de
 préférence du type à pantographe.
- [Revendication 5] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle
 l'obturateur (25) est fixé à l'extrémité distale de la tige de commande
 (24).
- [Revendication 6] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle

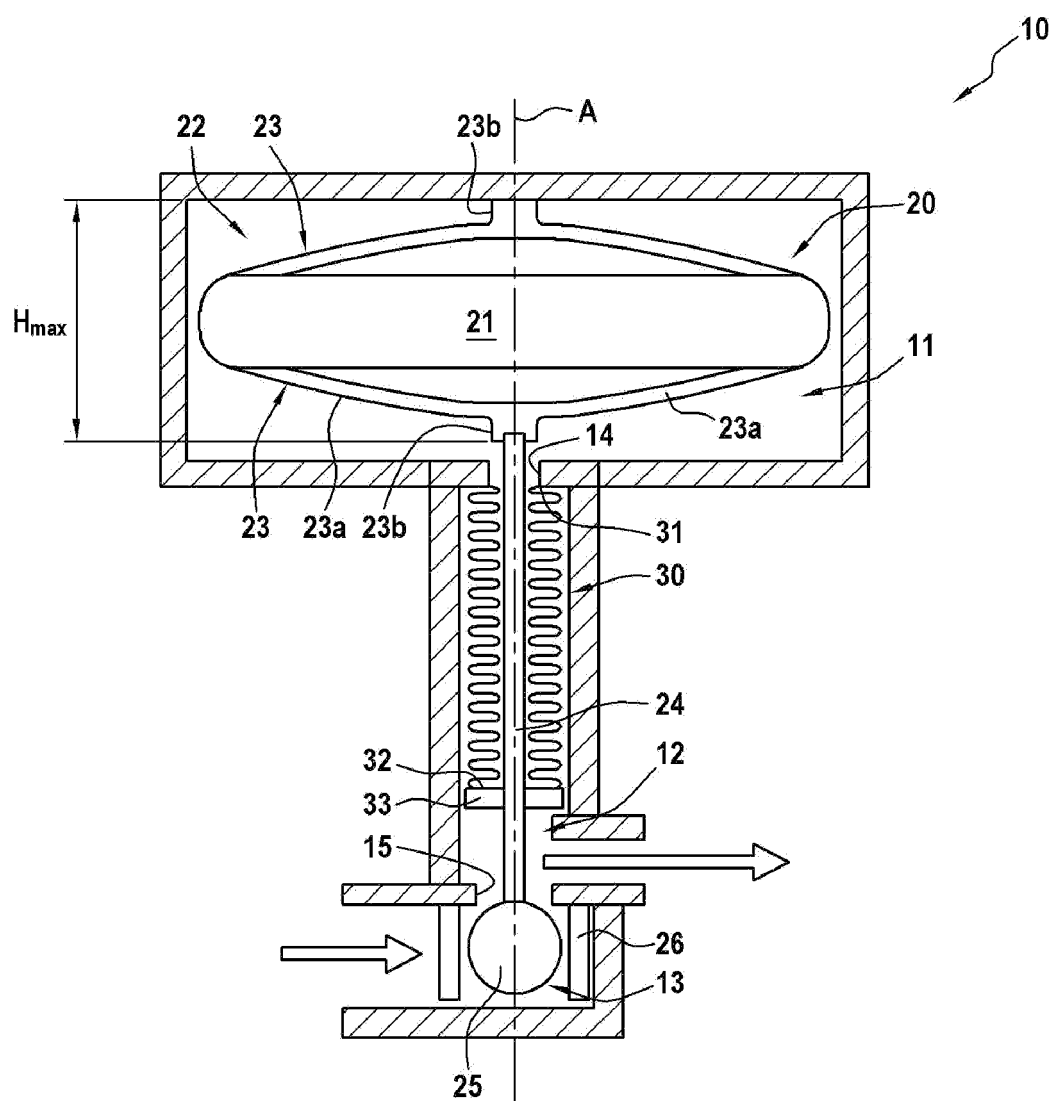
l'obturateur (25) est disjoint de la tige de commande (24), et dans laquelle l'obturateur (25) est retenu dans une cage (26) prévue dans la première chambre de circulation (12) ou la deuxième chambre de circulation (13).

- [Revendication 7] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle l'actionneur (20) est configuré pour régler de manière continue la position de la tige de commande (24) de manière à contrôler la position de l'obturateur (25) de manière continue entre la position de fermeture et une position d'ouverture maximale.
- [Revendication 8] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la paroi du soufflet (30) est ondulée, les ondulations se succédant dans la direction axiale.
- [Revendication 9] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle le soufflet (30) est métallique, de préférence en acier.
- [Revendication 10] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle la raideur du soufflet (30), face à un effort d'extension axiale, est inférieure à 30 N/mm.
- [Revendication 11] Vanne selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle la première extrémité (31) du soufflet (30) est fixée, de préférence soudée, sur la paroi de la première chambre de circulation (12) entourant l'orifice de commande (14), et dans laquelle la deuxième extrémité (32) du soufflet (30) est fixée, de préférence soudée, sur une bride (33) s'étendant radialement depuis la tige de commande (24).
- [Revendication 12] Circuit de circulation pour fluide cryotechnique, comprenant une pompe (3), comportant une entrée connectée à une ligne amont (3m) et une sortie connectée à une ligne aval (3v), une ligne de recirculation (5), s'étendant depuis la ligne aval (3v) jusqu'à la ligne amont (3m), et une vanne (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, installée sur la ligne de recirculation (5) de manière à contrôler le débit de la ligne de recirculation (5).

[Fig. 1]



[Fig. 2]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement
national

**FA 922261
FR 2307529**

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	CN 111 609 148 A (HUBEI SANJIANG AEROSPACE HONGFENG CONTROL CO LTD) 1 septembre 2020 (2020-09-01)	1, 2, 5, 7-11	F16K 17/20 F16K 21/02
Y	* le document en entier *	12	

X	US 2004/051073 A1 (ESTREMS CHRISTIAN [FR]) 18 mars 2004 (2004-03-18)	1, 2, 5-11	
Y	* alinéa [0021] - alinéa [0039]; figures 1-3 *	12	

X	JP S63 6282 A (CKD CONTROLS) 12 janvier 1988 (1988-01-12)	1-5, 7-11	
Y	* alinéa [0001] - alinéa [0003]; figures 1-2 *	12	

Y	US 4 499 737 A (BINNIG GERD K [CH] ET AL) 19 février 1985 (1985-02-19) * colonne 2, ligne 39 - colonne 5, ligne 8; figures 1-5 *	12	

A	DE 10 2008 001142 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 15 octobre 2009 (2009-10-15) * alinéa [0014] - alinéa [0024]; figures 1-3 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F16K B64D F02M

A	EP 3 015 749 B1 (ASCO NUMATICS GMBH [DE]) 27 mai 2020 (2020-05-27) * alinéa [0049] - alinéa [0082]; figures 1-6 *	1-12	

A	DE 101 23 174 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21 novembre 2002 (2002-11-21) * alinéa [0018] - alinéa [0031]; figures 1-2 *	1-12	

Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 février 2024		Müller, Bernhard	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2307529 FA 922261**

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 **13-02-2024**
 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
CN 111609148	A	01-09-2020	AUCUN			

US 2004051073	A1	18-03-2004	AT	E324538 T1		15-05-2006
			AU	2373902 A		21-05-2002
			EP	1336059 A1		20-08-2003
			FR	2816387 A1		10-05-2002
			JP	2004513315 A		30-04-2004
			MX	PA03003893 A		28-07-2003
			US	2004051073 A1		18-03-2004
			WO	0238992 A1		16-05-2002

JP S636282	A	12-01-1988	AUCUN			

US 4499737	A	19-02-1985	EP	0089391 A1		28-09-1983
			JP	S58168854 A		05-10-1983
			US	4499737 A		19-02-1985

DE 102008001142	A1	15-10-2009	AUCUN			

EP 3015749	B1	27-05-2020	EP	3015749 A1		04-05-2016
			US	2016123480 A1		05-05-2016

DE 10123174	A1	21-11-2002	AUCUN			
