



(11)

EP 2 376 789 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
12.09.2018 Bulletin 2018/37

(51) Int Cl.:
F04D 29/22^(2006.01) F04D 29/042^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10706014.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2010/050027

(22) Date de dépôt: **08.01.2010**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2010/079309 (15.07.2010 Gazette 2010/28)

(54) **POMPE A DISPOSITIF D'EQUILIBRAGE AXIAL.**

PUMPE MIT ACHSENAUSGLEICHSVORRICHTUNG

PUMP HAVING AN AXIAL BALANCING DEVICE

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **09.01.2009 FR 0950107**

(43) Date de publication de la demande:
19.10.2011 Bulletin 2011/42

(73) Titulaire: **ArianeGroup SAS
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **BOUFFLERT, Sébastien
F-27400 Louviers (FR)**

- **JUHEL, Nicolas
F-27200 Vernon (FR)**
- **FAYOLLE, Patrice
F-27950 Saint Marcel (FR)**
- **LAFFITE, Stéphane
F-27200 Vernon (FR)**

(74) Mandataire: **Intès, Didier Gérard André et al
Cabinet Beau de Loménie
158 rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
**CH-A- 330 272 DE-A1- 1 528 717
DE-A1- 19 631 824 DE-C- 922 807
FR-A- 405 266 US-A- 4 867 633**

EP 2 376 789 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne l'équilibrage axial d'une pompe, en particulier d'une turbopompe, notamment de moteur spatial.

[0002] On sait que les rotors de ces machines supportent des poussées axiales souvent considérables dues aux différences de pression qui s'établissent de part et d'autre des roues, aux variations de quantité de mouvement des fluides véhiculés et, dans certains cas, au poids ou à une fraction du poids du rotor lui-même.

[0003] De ce fait, on trouve habituellement dans les pompes des dispositifs permettant la compensation de la poussée axiale exercée par le fluide sur le rotor.

[0004] Ces dispositifs sont susceptibles d'utiliser l'ensemble des surfaces en face avant (du côté des aubes) et inversement en face arrière ou de dos des roues centrifuges comme surfaces sur lesquelles on vient faire circuler du fluide, de manière à compenser la résultante axiale des efforts exercés sur les parties rotoriques. De manière connue, on utilise plus particulièrement pour réaliser cet équilibrage le dos de la dernière roue centrifuge, qui est appelé pour cette raison le 'piston d'équilibrage'.

[0005] Les figures 1 et 2 représentent un tel dispositif d'équilibrage de poussée axiale connu, aménagé entre une roue 11 et un stator 12.

[0006] La turbopompe de la figure 1 comprend essentiellement un ensemble tournant constitué autour d'un arbre central 26, de longueur réduite, et comprenant une roue à aubes 11 unique de pompe centrifuge monoétagée montée sur l'arbre 26, dans la partie médiane de celui-ci, ainsi que deux roues de turbine 22, montées sur l'arbre 26 dans la partie arrière de celui-ci.

[0007] Les roues de turbine 22, montées en porte-à-faux à l'arrière de l'arbre 26, entraînent celui-ci en rotation sous l'action d'un flux de gaz chauds appliqué à la périphérie des roues de turbine 22, à partir d'un tore 24 d'amenée des gaz.

[0008] Sur la figure 1, on a représenté pour la pompe monoétagée une roue à aubes 11 de type ouvert, avec des aubes 6 recevant le fluide de travail à travers un canal d'aspiration 2 et refoulant le fluide de travail pressurisé à travers un canal de refoulement 3.

[0009] Le fluide de travail est introduit axialement par la section d'entrée 28 et passe directement dans le canal d'aspiration 2 de la pompe.

[0010] Les différents composants de la pompe sont connus et leur description ne sera pas détaillée davantage, à l'exception du système d'équilibrage axial de la pompe dont une partie est visible sur la figure 2.

[0011] Ce dispositif d'équilibrage axial ou d'équilibrage de poussée axiale de l'ensemble tournant est intégré à la roue à aubes 11 et comprend une unique chambre d'équilibrage arrière 18 interposée entre la partie arrière de la roue 11 et une partie du stator 12, et un passage 20 reliant la chambre d'équilibrage arrière à la veine de fluide.

[0012] Une chambre d'équilibrage est une chambre dans laquelle règne une pression de fluide, l'action de cette pression sur un élément mobile (ici, le rotor) servant à réguler et asservir la position dudit élément mobile.

[0013] Via le passage 20, une partie du fluide passant dans la veine de fluide est prélevée pour alimenter la chambre d'équilibrage arrière 18 située sur la face arrière 16 de la roue 11.

[0014] La face avant de cette roue 11 reçoit la pression de la veine de fluide 14 qui tend à déplacer le rotor 10 vers l'arrière. D'autre part, la pression de fluide dans la chambre d'équilibrage arrière 18 au contraire tend à déplacer le rotor 10 vers l'avant. L'équilibre est atteint lorsque ces forces se compensent axialement, l'effort exercé par le fluide sur le rotor 10 au niveau de la chambre arrière 18 compensant alors la résultante axiale des efforts exercés par le fluide sur les autres parties du rotor, durant les diverses phases de fonctionnement de la pompe.

[0015] Pour atteindre et maintenir cet équilibre, le dispositif d'équilibrage axial permet de moduler la pression d'alimentation de la chambre arrière 18, via le déplacement axial du rotor, de la manière suivante :

Le passage 20 de transfert de fluide présente un ajutage 40, radial, s'étendant entre la paroi tournante liée au rotor 10, c'est-à-dire à la roue centrifuge 11, et une paroi en vis-à-vis du stator 12, c'est-à-dire une paroi fixe de la pompe. La section pour le passage de fluide de cet ajutage radial dépend de la position axiale relative du rotor et du stator : Elle augmente lorsque le rotor se déplace vers l'arrière (augmentation de l'épaisseur A de film de fluide traversant le passage 20, sur la figure 2, lorsque la roue 11 se déplace vers la droite), ce qui entraîne une augmentation du débit entrant dans la chambre arrière, une montée de la pression dans la chambre arrière, et de ce fait une augmentation de la force de rappel exercée par le fluide sur le rotor tendant à le repousser vers l'avant. Inversement, si le rotor 10 tend à se déplacer vers l'avant (au détriment de l'épaisseur A de film de fluide), par un mécanisme inverse la force de rappel diminue ce qui conduit le rotor à revenir davantage en arrière.

[0016] On comprend donc que le déplacement du rotor permet de moduler la pression dans la chambre d'équilibrage arrière 18, et ainsi de maintenir le rotor dans une position axiale sensiblement constante, et cela avantageusement avec un minimum de frottements. Le système est auto-régulé, et tend à maintenir le rotor dans sa position d'équilibre.

[0017] Toutefois, dans un tel système d'équilibrage de charge, la section de passage du fluide étant intrinsèquement variable, le seul degré de liberté dont dispose le concepteur pour faire varier l'effet du dispositif et donc la perte de charge entre l'aval et l'amont de ce passage, est la distance radiale B parcourue par le fluide dans l'ajutage du passage, qui correspond dans ce cas à l'écart entre les rayons intérieur et extérieur de la couronne que forme cet ajutage.

[0018] Or, il n'est pas forcément souhaitable de trop

augmenter cette distance B, et avec elle la dimension des parois correspondantes du rotor et/ou du stator, car la pompe est alors plus sensible aux déformations de ces pièces, du fait du risque de contacts néfastes entre le rotor et le stator.

[0019] De plus, l'augmentation de cette distance B peut ne pas suffire à obtenir la perte de charge nécessaire pour réaliser l'équilibrage de poussée axiale, en particulier dans le cas d'une pompe monoétagée à roue centrifuge ouverte : Dans ce cas en effet, la seule surface sur laquelle on peut venir faire circuler du fluide est le piston d'équilibrage situé en dos de la roue. Dans des pompes multi-étages, chaque roue peut contribuer à l'équilibrage axial de la pompe.

[0020] Comme une solution alternative connue, on peut avoir recours, si l'augmentation de la largeur de l'ajutage radial ne suffit pas pour compenser les efforts axiaux, à un plateau d'équilibrage axial déporté. Cela entraîne un accroissement de la complexité de la pompe et de sa mise en oeuvre, et une perte de rendement de la pompe. De plus, notamment du fait de l'allongement de l'arbre qui en résulte, l'encombrement axial et/ou radial de la pompe est augmenté.

[0021] D'autres solutions pour l'équilibrage axial de pompes sont proposées par les documents DE 19631824, DE 922 807, DE 1528717 et CH330272.

[0022] Le but de l'invention est de remédier aux inconvénients précités en définissant une pompe comprenant un stator, un rotor comportant au moins une roue à aubes, et un dispositif d'équilibrage axial aménagé sur au moins une roue à aubes du rotor dans laquelle (ou notamment, mais non exclusivement, présentant une paroi, en particulier une paroi avant, contre laquelle) passe une veine de fluide, ledit dispositif comportant pour chaque roue impliquée dans ce dispositif, une chambre d'équilibrage s'étendant entre une paroi de ladite roue impliquée et le stator, et un passage aménagé entre ladite roue impliquée et le stator, permettant une évacuation de fluide depuis ladite veine de fluide jusqu'à ladite chambre d'équilibrage, ledit rotor ayant un léger jeu axial permettant un déplacement axial limité, la pression de fluide dans la ou les chambre(s) d'équilibrage pouvant ainsi compenser les pressions exercées par le fluide sur les autres parties du rotor pour réaliser l'équilibrage axial du rotor ; pompe dont le dispositif d'équilibrage de poussée axiale soit réalisable avec les moyens conventionnels d'usinage, et présente un encombrement radial et axial optimisé de manière à permettre l'obtention d'une pompe compacte présentant un bon rendement hydraulique.

[0023] Cet objectif est atteint grâce au fait que ledit passage comportant un ajutage amont et un ajutage aval, tous deux axialement variables, s'étendant entre deux parois en couronne se faisant face avec un recouvrement positif, nul ou négatif, respectivement de la roue impliquée et du stator, et une chambre annulaire intermédiaire aménagée entre des parois de la roue impliquée et du stator, s'ouvrant en aval de l'ajutage amont et en amont

de l'ajutage aval dudit passage. Grâce à la disposition du passage avec une chambre annulaire disposée entre deux ajutages, le jet de fluide est amené à traverser et circuler dans la chambre intermédiaire, dans laquelle il dissipe son énergie cinétique en tourbillonnant, d'où une perte de charge accrue de part et d'autre du passage. Le terme 'chambre' implique ici que la chambre annulaire se distingue des ajutages amont et aval par une section de passage grande par rapport à celle des ajutages, pouvant être notamment supérieure au triple de leur section de passage. Dans la formulation précédente, lesdits ajutages amont et aval sont des parties annulaires du passage présentant des sections particulièrement faibles par rapport au reste du passage, ou du moins plus faibles que la section moyenne de celui-ci. Ces ajutages sont dits axialement variables, car leurs sections de passage varient en fonction des déplacements axiaux du rotor par rapport au stator. Un exemple d'ajutage axialement variable est un passage s'étendant radialement entre deux couronnes circulaires planes parallèles, perpendiculaires à l'axe de rotation de la pompe. Le rapprochement ou l'écartement axial de ces couronnes entraîne une réduction ou une augmentation proportionnelle de la section de passage entre les couronnes.

[0024] On notera que les parois en couronne se faisant face des ajutages amont et/ou aval peuvent présenter un recouvrement positif, nul ou négatif. Ces parois peuvent ainsi présenter ou non un recouvrement radial. Il y a recouvrement radial lorsque les deux surfaces en regard qui constituent l'ajutage, présentent un recouvrement effectif dans le sens radial, c'est-à-dire sont au moins en partie en vis-à-vis suivant l'axe de la pompe (cela signifie qu'un déplacement suivant l'axe de la pompe du rotor par rapport au stator pourrait mettre en contact ces surfaces). A l'inverse, l'absence de recouvrement correspond à la situation dans laquelle ces deux surfaces ne présentent aucun vis-à-vis suivant l'axe de la pompe ; cela, bien qu'elles se fassent face, c'est-à-dire, bien que leurs normales soient de même direction mais de sens opposés. Dans tous les cas (avec ou sans recouvrement radial), les surfaces d'un ajutage sont disposées de telle sorte que leur déplacement axial relatif induit une variation de la section de passage de l'ajutage, c'est-à-dire de la section de passage entre elles.

[0025] Dans un mode de réalisation, la section de la chambre annulaire dans un plan méridien est peu allongée, c'est-à-dire présente une plus grande dimension inférieure au double de sa plus faible dimension. Cette disposition favorise la dissipation d'énergie par tourbillon.

[0026] L'invention est particulièrement avantageuse dans le cas de pompes agencées pour le pompage d'hydrogène liquide. Dans de telles pompes en effet, la ou les roues à aubes peuvent atteindre une vitesse en périphérie supérieure à 400 m/s, voire 500 m/s.

[0027] On comprend que dans ces conditions, tout contact non souhaité se produisant à la périphérie des roues entre une roue à aube et le stator peut avoir des

conséquences considérables. La forme du passage d'évacuation de fluide est donc essentielle, puisqu'elle concerne précisément cette partie de la pompe. Avantageusement, l'invention permet que le passage crée une perte de charge importante, tout en ayant un encombrement axial et radial très faible, et cela sans entraîner de surcoût de fabrication inacceptable.

[0028] Dans un mode de réalisation, le passage d'évacuation de fluide est sensiblement étanche, à l'exception de l'entrée de fluide via l'ajutage amont, et l'évacuation de fluide via l'ajutage aval. Ainsi, aucune évacuation ni aucun apport de fluide n'a lieu de l'amont à l'aval du passage. En particulier, la chambre annulaire intermédiaire est sensiblement étanche à l'exception du passage de fluide à travers les ajutages amont et aval, et aucune voie d'échange de fluide autre que les ajutages amont et aval n'est prévue.

[0029] Enfin, dans un mode de réalisation l'ajutage amont et l'ajutage aval sont radialement étagés. En d'autres termes, l'ajutage amont et l'ajutage aval sont situés à des distances différentes l'un et l'autre par rapport à l'axe de rotation de la pompe. Grâce à cette disposition, il est possible de réaliser un dispositif d'équilibrage axial axialement compact, c'est-à-dire de faible longueur suivant l'axe de la pompe. La chambre annulaire peut notamment être disposée radialement entre un rayon de l'ajutage amont et un rayon de l'ajutage aval (un rayon d'un ajutage désignant ici le rayon d'une section de moindre passage de l'ajutage).

[0030] De manière générale, diverses formes de révolution autour de l'axe de la pompe peuvent être adoptées pour les ajutages, les ajutages devant toutefois nécessairement s'étendre radialement, mais pouvant par exemple présenter une forme conique ou autre, et les surfaces en regard respectives de la roue et du stator devant se correspondre géométriquement. On notera que l'expression 'se faisant face' indique ici que respectivement pour chacun des ajutages, les parois de la roue et du stator sont sensiblement en face l'une de l'autre, les deux ajutages étant par ailleurs décalés l'un par rapport à l'autre axialement et/ou radialement.

[0031] Grâce à la présence dans le passage, au lieu d'un unique ajutage radial, de deux ajutages séparés par une chambre intermédiaire, pour un jeu axial donné la perte de charge générée par le passage est augmentée, sans que l'extension radiale de l'ajutage n'ait augmenté.

[0032] Inversement, la perte de charge qui permet l'équilibrage du rotor étant donnée, le choix de cette conformation conduit avantageusement à augmenter le jeu axial entre le rotor et le stator, ce qui conduit à une sécurité de fonctionnement accrue pour ces deux pièces.

[0033] La compacité axiale et/ou radiale de la pompe est améliorée, notamment en évitant l'ajout d'un plateau d'équilibrage axial déporté.

[0034] Dans un mode de réalisation, l'un au moins parmi l'ajutage amont et l'ajutage aval s'étend dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pompe.

[0035] Par ailleurs, avantageusement, le dispositif

d'équilibrage de poussée axiale peut n'être aménagé que dans une roue à aubes unique. Il peut donc être utilisé lorsque le rotor ne comporte qu'une seule roue à aubes.

[0036] Cela étant, le dispositif d'équilibrage de poussée peut aussi bien être utilisé dans un rotor comportant une pluralité de roues à aubes.

[0037] Dans ce cas, on peut prévoir que la seule roue impliquée est la dernière roue en arrière de la pompe, c'est-à-dire celle située la plus en aval dans le sens d'avancée du fluide dans la pompe.

[0038] Comme solution alternative, on peut également prévoir que le dispositif d'équilibrage de poussée axiale implique au moins deux roues, et en particulier toutes les roues. Ainsi, les efforts sont répartis de manière plus homogènes au sein du rotor.

[0039] Enfin, il convient de noter que le principe d'interposition de chambre intermédiaire, séparée par des ajutages radiaux, peut être multiplié ou réitéré. Ainsi selon l'invention, il est possible de prévoir que le passage comporte en outre au moins un autre ajutage, intermédiaire, s'étendant entre deux parois en couronne se faisant face, respectivement du rotor et du stator, et au moins une autre chambre annulaire intermédiaire aménagée entre le rotor et le stator, s'ouvrant en aval de cet ajutage intermédiaire, le ou les ajutage(s) intermédiaire(s) et chambre(s) annulaire(s) intermédiaire(s) étant interposés alternés sur le trajet de fluide en aval de la première chambre annulaire intermédiaire et en amont de l'ajutage aval.

[0040] Dans la configuration ainsi obtenue, on a donc une suite de chambres intermédiaires se faisant suite, séparées par des ajutages radiaux. A débit de fluide identique, le saut de pression généré par le passage peut ainsi être encore plus important qu'avec une seule chambre intermédiaire.

[0041] Enfin, l'invention s'applique plus particulièrement à la réalisation de turbopompes pour moteur spatial, associant une pompe telle que décrite précédemment couplée à une turbine.

[0042] L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation représentés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins annexés, sur lesquels :

la figure 1 déjà décrite est une vue en coupe axiale d'une pompe centrifuge équipée d'un dispositif d'équilibrage de poussée axiale,

la figure 2 déjà décrite est une vue en coupe axiale d'un passage de transfert de fluide de ce dispositif, dans une conformation connue,

la figure 3 est une vue en coupe axiale d'un passage de transfert de fluide d'un dispositif d'équilibrage axial de pompe, dans un premier mode de réalisation de l'invention,

la figure 4 est une vue en coupe axiale d'un passage de transfert de fluide d'un dispositif d'équilibrage axial de pompe, dans un deuxième mode de réali-

sation de l'invention, et

la figure 5 est une vue en coupe axiale d'un passage de transfert de fluide d'un dispositif d'équilibrage axial de pompe, dans un troisième mode de réalisation de l'invention.

Lorsqu'un élément apparaît sur plusieurs figures, soit à l'identique, soit sous une forme analogue, il est décrit en relation avec la première figure sur laquelle il apparaît ; sur les suivantes, il porte une référence numérique qui est sa référence numérique initiale, augmentée de 100, 200, etc. ; de plus, la description de l'élément n'est faite qu'une fois ; dans les figures suivantes, elle est omise ou simplifiée.

Les figures 3 à 5 présentent des dispositifs d'équilibrage axial, susceptibles d'être mis en oeuvre dans une pompe telle que celle présentée en relation avec la figure 1.

[0043] Le fonctionnement d'un dispositif d'équilibrage axial de pompe, dans un premier mode de réalisation de l'invention, va maintenant être décrit en faisant référence à la figure 3.

[0044] La figure 3 est une section partielle d'une pompe globalement similaire à celle présentée sur la figure 1, à savoir une pompe monoétagée comportant une roue 111 de type ouvert. Cependant, le dispositif d'équilibrage de la pompe de la figure 3 est différent de celui de la pompe de la figure 1.

[0045] La pompe représentée sur la figure 3 comporte un rotor 114 et un stator 112, et un dispositif d'équilibrage de poussée comportant notamment un passage de fluide 120 formé entre le rotor 114 et le stator 112.

[0046] Sur la pompe de la figure 3, le dispositif de poussée est agencé sur la paroi arrière de la roue à aubes. On comprend naturellement que de manière générale, le dispositif de poussée peut être agencé aussi bien sur une paroi arrière de la roue 111, que sur une paroi avant de celle-ci.

[0047] En amont du côté de la veine de fluide, le passage 120 comporte une partie axiale amont 130 s'étendant entre deux parois sensiblement cylindriques 131, 132 de section circulaire se faisant face, respectivement de la roue 111 (roue impliquée) et du stator 112, située en amont de l'ajutage amont 140. Cette partie axiale amont constitue une cavité qui permet avantageusement une première dissipation d'énergie cinétique du fluide passant à travers le passage 120.

[0048] Immédiatement en aval de la partie axiale amont s'étend l'ajutage amont 140. Celui-ci est un passage s'étendant radialement sur une distance B entre les parois 141 et 142 respectivement de la roue et du stator. Il y a donc, sur la distance B, un recouvrement radial effectif entre les surfaces 141 et 142.

[0049] En aval de l'ajutage amont 140, s'étend la chambre intermédiaire 150. Celle-ci est de forme annulaire et s'étend entre les parois 151 et 152 de la roue 111 et du stator 112. La chambre peut indifféremment être aménagée dans le volume de la roue et/ou du stator. A

l'exception des ajutages amont et aval, la chambre 150 est étanche.

[0050] La chambre annulaire 150 est de faible longueur dans le sens radial, puisqu'elle s'étend radialement sur moins d'un dixième, et plus précisément moins d'un vingtième du rayon de la roue 111 au niveau de l'ajutage amont.

[0051] De plus, elle est également de faible longueur dans le sens axial, puisqu'elle s'étend axialement sur moins d'un dixième, et plus précisément moins d'un vingtième du rayon de la roue 111 au niveau de l'ajutage amont.

[0052] En aval de cette chambre intermédiaire 150 s'étend l'ajutage aval 160, entre les parois 161 et 162 respectivement de la roue et du stator. Celui-ci est également à recouvrement positif.

[0053] Les ajutages radiaux amont et aval définissent respectivement des jeux axiaux A101 et A102, égaux ou non, entre la roue 111 et le stator 112.

[0054] Par ailleurs, les ajutages amont et aval sont radialement étagés. Ainsi, l'ajutage amont 140 se trouve à une distance radiale plus faible par rapport à l'axe de rotation de la pompe que l'ajutage aval 160. Ces deux ajutages sont séparés par la distance séparant radialement les parois 151 et 152 respectivement du rotor et du stator, qui correspond à l'extension radiale de la chambre annulaire 150.

[0055] Enfin, en aval de l'ajutage aval 160, le passage 120 comporte une partie axiale aval 170 s'étendant entre deux parois 171, 172 sensiblement cylindriques de section circulaire se faisant face, respectivement de la roue 111 (roue impliquée) et du stator 112, située en aval de l'ajutage aval 160.

[0056] Comme la partie axiale amont, cette partie axiale aval constitue également une cavité permettant la dissipation d'énergie cinétique du fluide passant à travers le passage 120.

[0057] Même si une forme cylindrique de section circulaire (l'axe étant celui de la pompe) est préférable, ces parties axiales amont et aval du passage 120 peuvent adopter d'autres formes de révolution autour de l'axe de la pompe, par exemple présenter un convergent (en amont) ou un divergent (en aval) entre des surfaces tronconiques se faisant face respectivement de la roue 111 et du stator 112.

[0058] En faisant référence à la figure 4, un dispositif dans une pompe centrifuge dans un deuxième mode de réalisation de l'invention, va maintenant être décrit.

[0059] Dans ce mode de réalisation, au moins une roue impliquée dans le dispositif d'équilibrage axial, et dans ce cas la roue à aubes 211 est une roue fermée, ou flasquée, c'est-à-dire fermée par un couvercle 290 (ou flasque) du côté avant des aubes. Pour permettre l'équilibrage axial dans les deux sens le long de l'axe de la pompe, le dispositif d'équilibrage axial est doublé, comprenant de premiers moyens d'équilibrage axial (notamment un premier passage 220) très similaires à ceux présentés en relation avec la figure 3, et de deuxièmes

moyens d'équilibrage axial agissant dans le sens opposé, disposés du côté du couvercle.

[0060] Dans ce mode de réalisation, les différents éléments des premiers moyens d'équilibrage axial, et notamment le passage 220, sont sensiblement les mêmes que dans le mode de réalisation précédent et ne seront donc pas décrits à nouveau en détail.

[0061] Concernant ces premiers moyens d'équilibrage axial, disposés sur la côté arrière de la roue 211, les différences sont les suivantes.

[0062] Tout d'abord, les ajutages radiaux amont et aval s'étendent sensiblement dans le même plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor, alors qu'au contraire dans le mode de réalisation présenté en figure 3, les ajutages radiaux amont 140 et aval 160 sont légèrement décalés suivant l'axe de rotation de la pompe. Ainsi dans le mode de réalisation de la figure 4, dans lequel les ajutages radiaux amont et aval sont dans un même plan, l'usinage des surfaces 241, 261 de la roue et 242, 262, du stator est simplifié. De plus, l'encombrement axial du dispositif d'équilibrage axial n'est ainsi pas augmenté, par rapport au dispositif d'équilibrage axial présenté en figure 1.

[0063] On note en outre que la chambre intermédiaire a été aménagée uniquement dans le stator. Comme cette chambre peut être soumise à une usure rapide et/ou des vibrations, avantageusement celles-ci sont concentrées dans le stator et non dans l'ensemble tournant de la pompe.

[0064] D'autre part, une chambre annulaire 273 est aménagée dans la partie amont de la partie axiale aval 270, au voisinage de la section de sortie de l'ajutage aval 260 du passage 220. En forçant le fluide à circuler également dans cette chambre annulaire 273, on augmente encore la perte de charge lors de la traversée du passage 220. Une cavité similaire peut de manière symétrique être prévue dans la partie aval de la partie axiale amont 230, au voisinage de la section d'entrée de l'ajutage amont 240.

[0065] Enfin, le dispositif d'équilibrage axial comporte de deuxième moyens d'équilibrage axial pour la roue 211, pour empêcher les déplacements de celle-ci vers l'avant.

[0066] Le dispositif d'équilibrage axial comporte ainsi une autre chambre d'équilibrage 288 dite chambre d'équilibrage avant, s'étendant entre une paroi avant du couvercle 290 et le stator 212, un deuxième passage 292 aménagé entre le couvercle et le stator, permettant une évacuation de fluide depuis la veine de fluide 214 jusqu'à la chambre d'équilibrage avant 288, le deuxième passage 292 comportant un ajutage amont 294 et un ajutage 296, ces ajutages s'étendant entre deux parois en couronne se faisant face, respectivement du couvercle 290 sur le côté avant et du stator 212 sur le côté arrière, et une chambre annulaire intermédiaire 298 aménagée entre des parois respectivement du couvercle 290 et du stator 212, la chambre annulaire intermédiaire 298 s'ouvrant en aval de l'ajutage amont 294 et en amont de

l'ajutage aval 296 du deuxième passage 292.

[0067] La structure des deuxième moyens d'équilibrage est fonctionnellement équivalente à celle des premiers moyens, mais les deuxième moyens sont disposés dans un sens opposé par rapport à l'axe de la pompe. Grâce à cette conformation du dispositif d'équilibrage axial avec des moyens d'équilibrage de sens opposés disposés sur les deux côtés de la roue, les déplacements axiaux du rotor sont compensés dans les deux sens. On notera enfin que suivant l'invention, le dispositif d'équilibrage peut être disposé sur une ou plusieurs roues flasquées, pourvues chacune de moyens d'équilibrage dans les deux sens.

[0068] En faisant référence à la figure 5, un dispositif dans une pompe centrifuge dans un troisième mode de réalisation de l'invention, va maintenant être décrit.

[0069] Dans ce mode de réalisation, les différents éléments des moyens d'équilibrage axial, et notamment le passage 320, sont sensiblement les mêmes que dans le premier mode de réalisation et ne seront donc pas décrits à nouveau en détail.

[0070] La particularité de ce troisième mode de réalisation, par rapport au premier mode de réalisation, réside dans l'absence de recouvrement radial entre les surfaces des ajutages amont 340 et aval 360.

[0071] Dans ce mode de réalisation, les ajutages 340 et 360 ne présentent en effet aucun recouvrement radial. En effet, pour chacun de ces ajutages, les surfaces des ajutages 341, 361 ; 342, 362 respectivement du rotor et du stator, ne comportent aucune partie en vis-à-vis suivant l'axe de la pompe. Plus précisément, concernant l'ajutage amont 340, les surfaces 341 et 342 constituant cet ajutage sont séparées par un écart radial C ; concernant l'ajutage aval 360, un écart radial D sépare les surfaces 361 et 362 constituant cet ajutage. L'intérêt de cette conformation est que, les surfaces des ajutages n'ayant pas de partie radialement commune, ou en d'autres termes, étant radialement décalées, les mouvements axiaux relatifs du rotor par rapport au stator ne peuvent conduire à un contact entre rotor et stator. Cette propriété peut être absolument indispensable, au cas où un tel contact provoquerait un échauffement pour la machine pouvant conduire à la destruction de celle-ci.

Revendications

1. Pompe (8) comprenant
 - un stator (112),
 - un rotor (10) comportant au moins une roue à aubes, et
 - un dispositif d'équilibrage axial aménagé sur au moins une roue à aubes (111) du rotor dans laquelle passe une veine de fluide (114),
 - ledit dispositif comportant pour chaque roue impliquée dans ce dispositif, une chambre d'équilibrage (118) s'étendant entre une paroi (116) de ladite roue impliquée (111) et le stator (112), et

- un passage (120) aménagé entre ladite roue impliquée (111) et le stator, permettant une évacuation de fluide depuis ladite veine de fluide (114) jusqu'à ladite chambre d'équilibrage (118) ;
 ledit rotor ayant un léger jeu axial permettant un déplacement axial limité ;
 ledit passage (120) comportant un ajutage amont (140) et un ajutage aval (160), tous deux axialement variables ;
 la pompe étant **caractérisée en ce que** l'ajutage amont (140) et l'ajutage aval (160) s'étendent entre deux parois (141,142 ; 161,162) en couronne se faisant face avec un recouvrement positif, nul ou négatif, respectivement de la roue impliquée (111) et du stator (112), et **en ce que** ledit passage (120) comporte en outre une chambre annulaire intermédiaire (150) aménagée entre des parois (151,152) de la roue impliquée (111) et du stator (112), s'ouvrant en aval de l'ajutage amont (140) et en amont de l'ajutage aval (160) dudit passage.
2. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la chambre annulaire intermédiaire (150) est sensiblement étanche à l'exception du passage de fluide à travers les ajutages amont et aval.
 3. Pompe selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'un au moins parmi l'ajutage amont (140) et l'ajutage aval (160) s'étend dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pompe.
 4. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** ledit passage (120) comporte en outre une partie axiale amont (130) s'étendant entre deux parois sensiblement cylindriques (131,132) de section circulaire se faisant face, respectivement de la roue impliquée (111) et du stator (112), et située en amont de l'ajutage amont (140).
 5. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** ledit passage (120) comporte en outre une partie axiale aval (170) s'étendant entre deux parois (171,172) sensiblement cylindriques de section circulaire se faisant face, respectivement de la roue impliquée (111) et du stator (112), et située en aval de l'ajutage aval (160).
 6. Pompe selon la revendication 5, **caractérisée en ce qu'une** chambre annulaire (273) est aménagée dans la partie amont de la partie axiale aval (270), au voisinage de la section de sortie de l'ajutage aval (260) du passage (220).
 7. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** ledit passage (120) comporte en outre au moins un autre ajutage dit intermédiaire, s'étendant entre deux parois en couronne se faisant face, respectivement du rotor et du stator, et au moins une autre chambre annulaire intermédiaire aménagée entre le rotor et le stator, s'ouvrant en aval de cet ajutage intermédiaire, lesdits au moins un ajutage intermédiaire et au moins une chambre annulaire intermédiaire étant interposés alternés sur le trajet de fluide en aval de ladite chambre annulaire intermédiaire et en amont dudit ajutage aval.
 8. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** les ajutages amont (240) et aval (260) s'étendent sensiblement dans le même plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.
 9. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** le rotor (10) ne comporte qu'une seule roue à aubes (111).
 10. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** le rotor (10) comporte une pluralité de roues à aubes (111), la seule roue impliquée étant celle située la plus en aval dans le sens d'avancée du fluide dans la pompe.
 11. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce qu'au** moins une roue impliquée dans le dispositif d'équilibrage axial est une roue flasquée fermée par un couvercle (290) sur le côté avant des aubes ;
 ladite chambre d'équilibrage et ledit passage sont agencés sur un côté arrière de ladite roue flasquée, entre une paroi arrière de la roue flasquée et le stator ;
 ledit dispositif comporte en outre pour ladite roue flasquée,
 une autre chambre d'équilibrage (288) dite chambre d'équilibrage avant, s'étendant entre une paroi avant dudit couvercle et le stator,
 un deuxième passage (292) aménagé entre le couvercle et le stator, permettant une évacuation de fluide depuis ladite veine de fluide (214) jusqu'à ladite chambre d'équilibrage avant (288),
 ledit deuxième passage (292) comportant un ajutage amont (294) et un ajutage aval (296), ces ajutages s'étendant entre deux parois en couronne se faisant face, respectivement du couvercle (290) sur le côté avant et du stator (212) sur le côté arrière, et une chambre annulaire intermédiaire (298) aménagée entre des parois respectivement du couvercle (290) et du stator (212), ladite chambre annulaire intermédiaire (298) s'ouvrant en aval de l'ajutage amont (294) et en amont de l'ajutage aval (296) dudit deuxième passage (292).

12. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dont ladite roue impliquée est prévue pour atteindre une vitesse en périphérie supérieure à 400 m/s.
13. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, agencée pour le pompage d'hydrogène liquide.
14. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisée en ce qu'elle** est une turbopompe de moteur spatial.

Patentansprüche

1. Pumpe (8), umfassend einen Stator (112), einen Rotor (10), umfassend mindestens ein Laufrad, und eine Achsenausgleichsvorrichtung, die auf mindestens einem Laufrad (111) des Rotors angeordnet ist, in der ein Fluidkanal (114) verläuft, wobei die Vorrichtung für jedes an dieser Vorrichtung beteiligte Rad eine Ausgleichskammer (118) umfasst, die sich zwischen einer Wand (116) des beteiligten Rads (111) und dem Stator (112) erstreckt, und einen Durchgang (120), der zwischen dem beteiligten Rad (111) und dem Stator angebracht ist, der eine Ableitung von Fluid von dem Fluidkanal (114) bis zur Ausgleichskammer (118) ermöglicht, wobei der Rotor ein geringes axiales Spiel aufweist, das eine begrenzte axiale Verschiebung ermöglicht, wobei der Durchgang (120) eine stromaufwärtige Düse (140) und eine stromabwärtige Düse (160) umfasst, die beide axial variabel sind, wobei die Pumpe **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sich die stromaufwärtige Düse (140) und die stromabwärtige Düse (160) zwischen zwei einander gegenüberliegenden Kronenwänden (141, 142; 161, 162), die mit einer Überdeckung des beteiligten Rades (111) bzw. des Stators (112), die positiv, null oder negativ ist, erstrecken, und dadurch, dass der Durchgang (120) ferner eine ringförmige Zwischenkammer (150) umfasst, die zwischen Wänden (151, 152) des beteiligten Rades (111) und des Stators (112) angeordnet ist, die stromabwärts der stromaufwärtigen Düse (140) und stromaufwärts der stromabwärtigen Düse (160) des Durchgangs mündet.
2. Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ringförmige Zwischenkammer (150) bis auf den Fluiddurchgang durch die stromaufwärtige und stromabwärtige Düse im Wesentlichen dicht ist.

3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich mindestens die stromaufwärtige Düse (140) und/oder die stromabwärtige Düse (160) in einer senkrechten Ebene zur Achse der Pumpe erstrecken.
4. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchgang (120) ferner einen stromaufwärtigen axialen Abschnitt (130) umfasst, der sich zwischen zwei im Wesentlichen zylindrischen, einander gegenüberliegenden Wänden (131, 132) mit kreisförmigem Querschnitt des beteiligten Rads (111) bzw. des Stators (112) erstreckt und stromaufwärts der stromaufwärtigen Düse (140) liegt.
5. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchgang (120) ferner einen stromabwärtigen axialen Abschnitt (170) umfasst, der sich zwischen zwei im Wesentlichen zylindrischen, einander gegenüberliegenden Wänden (171, 172) mit kreisförmigem Querschnitt des beteiligten Rads (111) bzw. des Stators (112) erstreckt und stromabwärts der stromabwärtigen Düse (160) liegt.
6. Pumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine ringförmige Kammer (273) in dem stromaufwärtigen Abschnitt des stromabwärtigen axialen Abschnitts (270) in der Nähe des Auslassabschnitts der stromabwärtigen Düse (260) des Durchgangs (220) angeordnet ist.
7. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchgang (120) ferner mindestens eine weitere Düse, genannt Zwischendüse, die sich zwischen zwei einander gegenüberliegenden Kronenwänden des Rotors bzw. des Stators erstreckt, und mindestens eine weitere ringförmige Zwischenkammer umfasst, die zwischen dem Rotor und dem Stator angeordnet ist, die stromabwärts dieser Zwischendüse mündet, wobei die mindestens eine Zwischendüse und die mindestens eine ringförmige Zwischenkammer abwechselnd in den Fluidweg stromabwärts der ringförmigen Zwischenkammer und stromaufwärts der stromabwärtigen Düse eingefügt sind.
8. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die stromaufwärtige (240) und stromabwärtige (260) Düse im Wesentlichen in der gleichen Ebene senkrecht zur Drehachse des Rotors erstrecken.
9. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (10) nur ein einzi-

ges Laufrad (111) umfasst.

10. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (10) eine Vielzahl von Laufrädern (111) umfasst, wobei das einzige beteiligte Rad jenes ist, das in Vorschubrichtung des Fluids in der Pumpe am meisten stromabwärts liegt.
11. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein beteiligtes Rad in der Achsenausgleichsvorrichtung ein Flanschrad ist, das durch eine Abdeckung (290) auf der Vorderseite der Schaufeln geschlossen ist, wobei die Ausgleichskammer und der Durchgang auf einer Rückseite des Flanschrads zwischen einer Rückwand des Flanschrads und dem Stator eingerichtet sind, wobei die Vorrichtung für das Flanschrad ferner eine andere Ausgleichskammer (288), genannt vordere Ausgleichskammer, umfasst, die sich zwischen einer vorderen Wand der Abdeckung und dem Stator erstreckt, einen zweiten Durchgang (292), der zwischen der Abdeckung und dem Stator angebracht ist, der eine Ableitung von Fluid von dem Fluidkanal (214) bis zur vorderen Ausgleichskammer (288) ermöglicht, wobei der zweite Durchgang (292) eine stromaufwärtige Düse (294) und eine stromabwärtige Düse (296) umfasst, wobei sich diese Düsen zwischen zwei gegenüberliegenden Kronenwänden der Abdeckung (290) auf der Vorderseite bzw. dem Stator (212) auf der Rückseite erstrecken und eine ringförmige Zwischenkammer (298), die zwischen Wänden der Abdeckung (290) bzw. des Stators (212) angeordnet ist, wobei die ringförmige Zwischenkammer (298) stromabwärts der stromaufwärtigen Düse (294) und stromaufwärts der stromabwärtigen Düse (296) des zweiten Durchgangs (292) mündet.
12. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, deren beteiligtes Rad vorgesehen ist, um eine Umfangsgeschwindigkeit von mehr als 400 m/s zu erreichen.
13. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, die zum Pumpen von flüssigem Wasserstoff eingerichtet ist.
14. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Turbopumpe eines Raumfahrtmotors ist.

Claims

1. A pump (8) comprising a stator (112), a rotor (10) comprising at least one impeller, and an axial balancing device arranged on at least one impeller (111) of the rotor in which a fluid duct (114)

passes,

said device comprising for each involved wheel in this device a balancing chamber (118) extending between a wall (116) of said involved wheel (111) and the stator (112), and

a passage (120) arranged between said involved wheel (111) and the stator, allowing evacuation of fluid from said fluid duct (114) to said balancing chamber (118);

said rotor having slight axial clearance allowing limited axial shift;

said passage (120) comprising an upstream nozzle (140) and a downstream nozzle (160), both axially variable;

said axial balancing device being **characterised in that** the upstream nozzle (140) and the downstream nozzle (160) extend between two walls (141, 142; 161, 162) in crown opposite to one another with a positive, zero or negative overlap, respectively of the involved wheel (111) and of the stator (112), and

said passage (120) further comprises an intermediate annular chamber (150) arranged between walls (151, 152) of the involved wheel (111) and of the stator (112), opening downstream of the upstream nozzle (140) and upstream of the downstream nozzle (160) of said passage.

2. The pump as claimed in Claim 1, **characterised in that** the intermediate annular chamber (150) is substantially airtight with the exception of the fluid passage via the upstream and downstream nozzles.
3. The pump as claimed in Claim 1 or 2, **characterised in that** one at least of the upstream nozzle (140) and the downstream nozzle (160) extends in a plane perpendicular to the axis of the pump.
4. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** said passage (120) also comprises an upstream axial part (130) extending between two substantially cylindrical walls (131, 132) of circular section facing each other, respectively of the involved wheel (111) and of the stator (112), and situated upstream of the upstream nozzle (140) .
5. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** said passage (120) also comprises a downstream axial part (170) extending between two walls (171, 172) substantially cylindrical of circular section facing each other, respectively of the involved wheel (111) and of the stator (112), and situated downstream of the downstream nozzle (160).
6. The pump as claimed in Claim 5, **characterised in that** an annular chamber (273) is arranged in the upstream part of the downstream axial part (270), in

the vicinity of the outlet section of the downstream nozzle (260) of the passage (220).

7. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 6, **characterised in that** said passage (120) also comprises at least one other nozzle known as intermediate, extending between two crown walls facing each other, respectively of the rotor and of the stator, and at least one other intermediate annular chamber arranged between the rotor and the stator, opening downstream of this intermediate nozzle, said at least one intermediate nozzle and at least one intermediate annular chamber being interposed alternated on the trajectory of fluid downstream of said intermediate annular chamber and upstream of said downstream nozzle. 5 10 15
8. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 7, **characterised in that** the upstream (240) and downstream (260) nozzles extend substantially in the same plane perpendicular to the axis of rotation of the rotor. 20
9. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 8, **characterised in that** the rotor (10) comprises only one impeller (111). 25
10. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 8, **characterised in that** the rotor (10) comprises a plurality of impellers (111), the only involved wheel being that situated the farthest downstream in the direction of advance of the fluid in the pump. 30
11. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 9, **characterised in that** at least one involved wheel in the axial balancing device is a flanged wheel closed by a cover (290) on the front side of the vanes; said balancing chamber and said passage are arranged on a rear side of said flanged wheel, between a rear wall of the flanged wheel and the stator; said device also comprises for said flanged wheel another balancing chamber (288) known as front balancing chamber, extending between a front wall of said cover and the stator, 35 40 45 a second passage (292) arranged between the cover and the stator, allowing evacuation of fluid from said fluid duct (214) to said front balancing chamber (288), 50 said second passage (292) comprising an upstream nozzle (294) and a downstream nozzle (296), these nozzles extending between two crown walls facing each other, respectively of the cover (290) on the front side and of the stator (212) on the rear side, and an intermediate annular chamber (298) arranged between walls respectively of the cover (290) and of the stator (212), said intermediate annular chamber (298) opening downstream of the upstream 55

nozzle (294) and upstream of the downstream nozzle (296) of said second passage (292).

12. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 11, whereof said involved wheel is provided to reach a periphery speed greater than 400 m/s.
13. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 12, arranged for pumping liquid hydrogen.
14. The pump as claimed in any one of Claims 1 to 13, **characterized by** being a spatial motor turbopump.

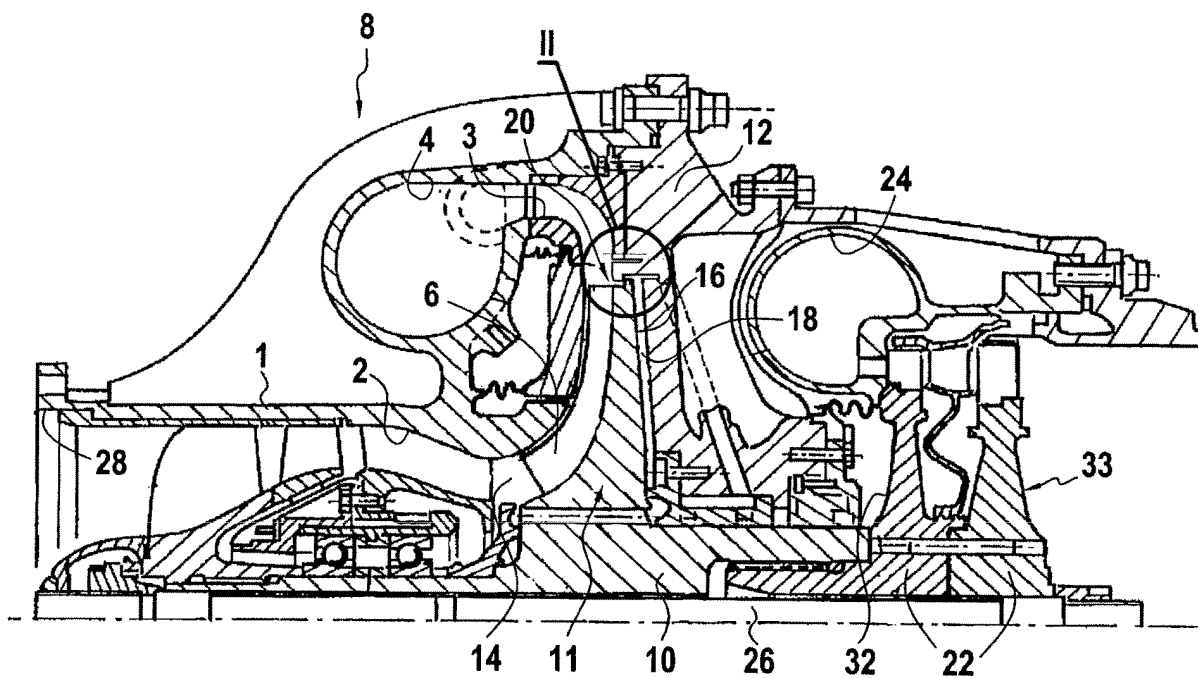


FIG.1
ART ANTERIEUR

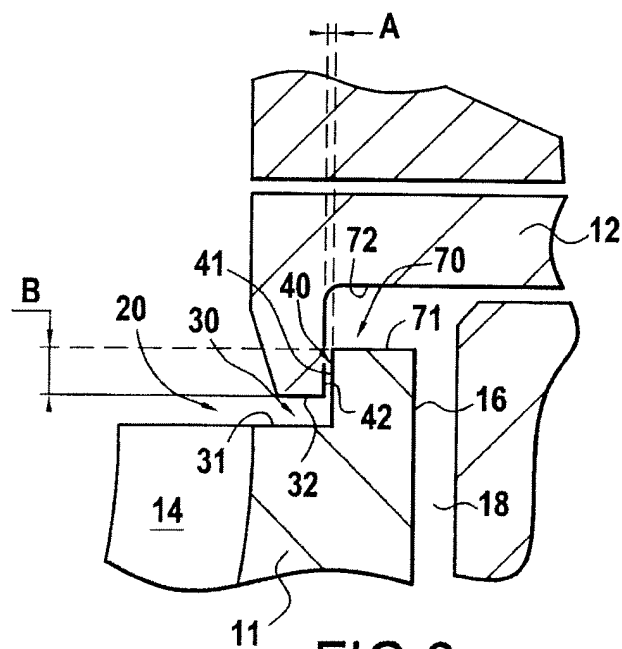
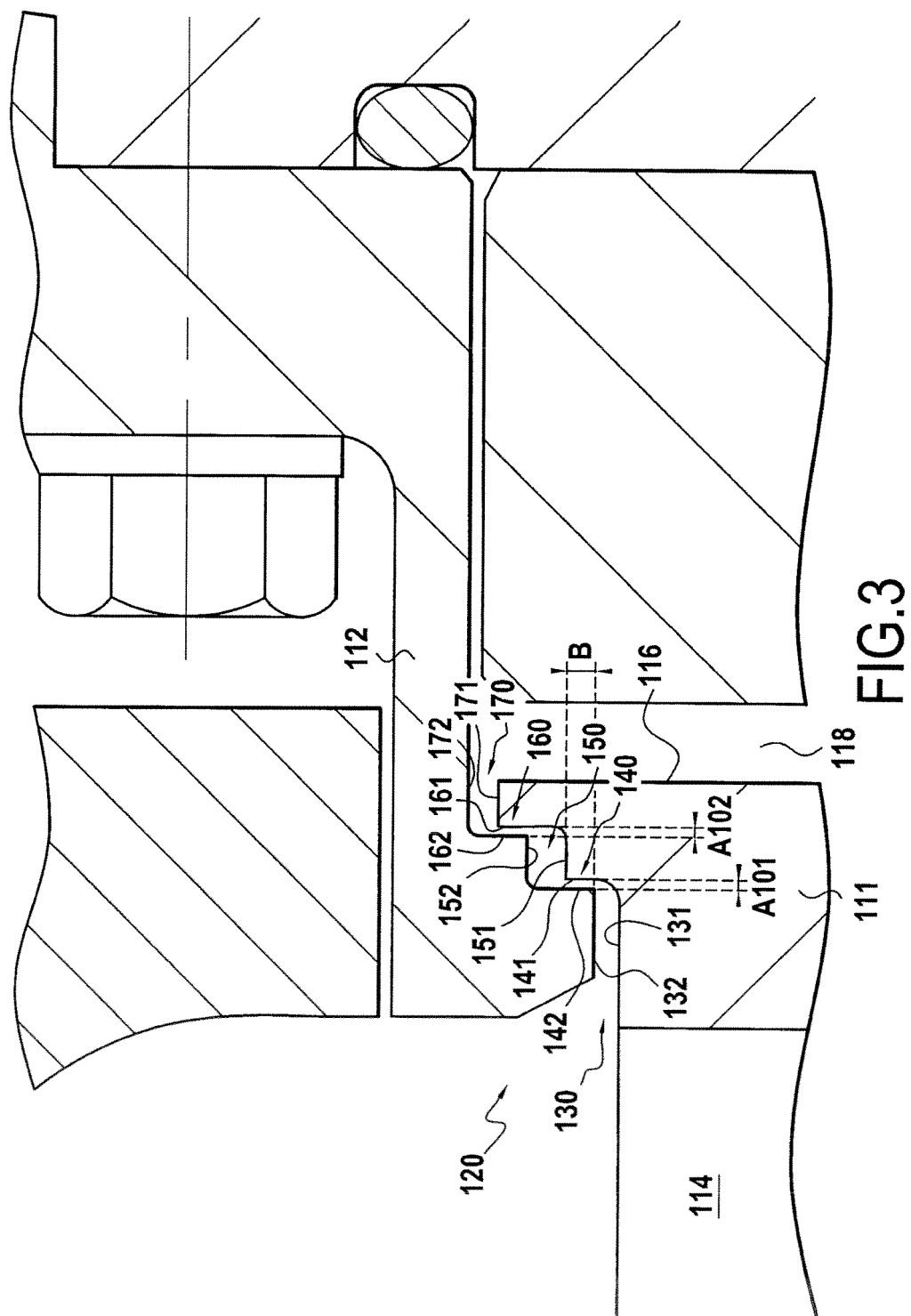


FIG.2
ART ANTERIEUR



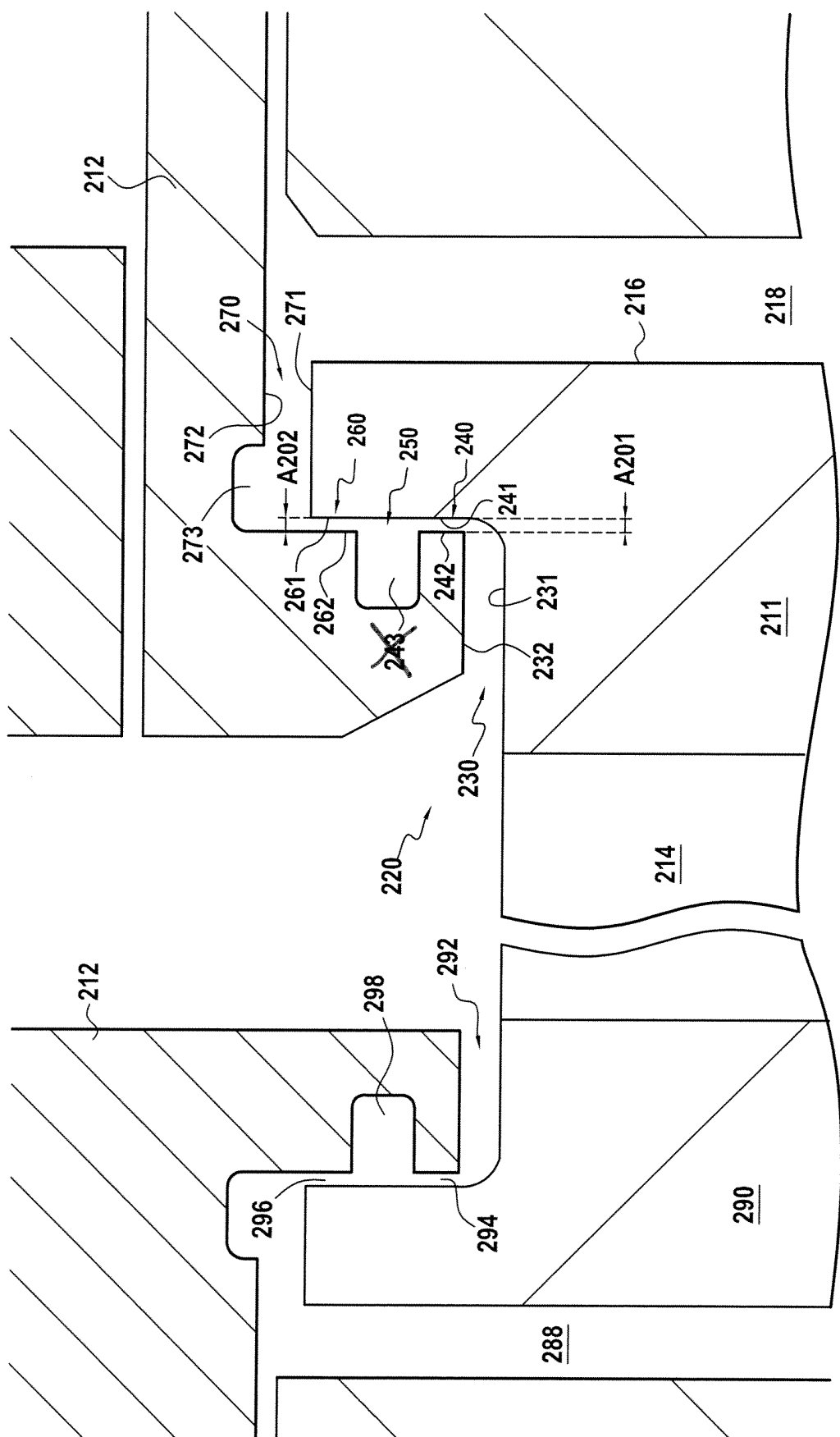


FIG. 4

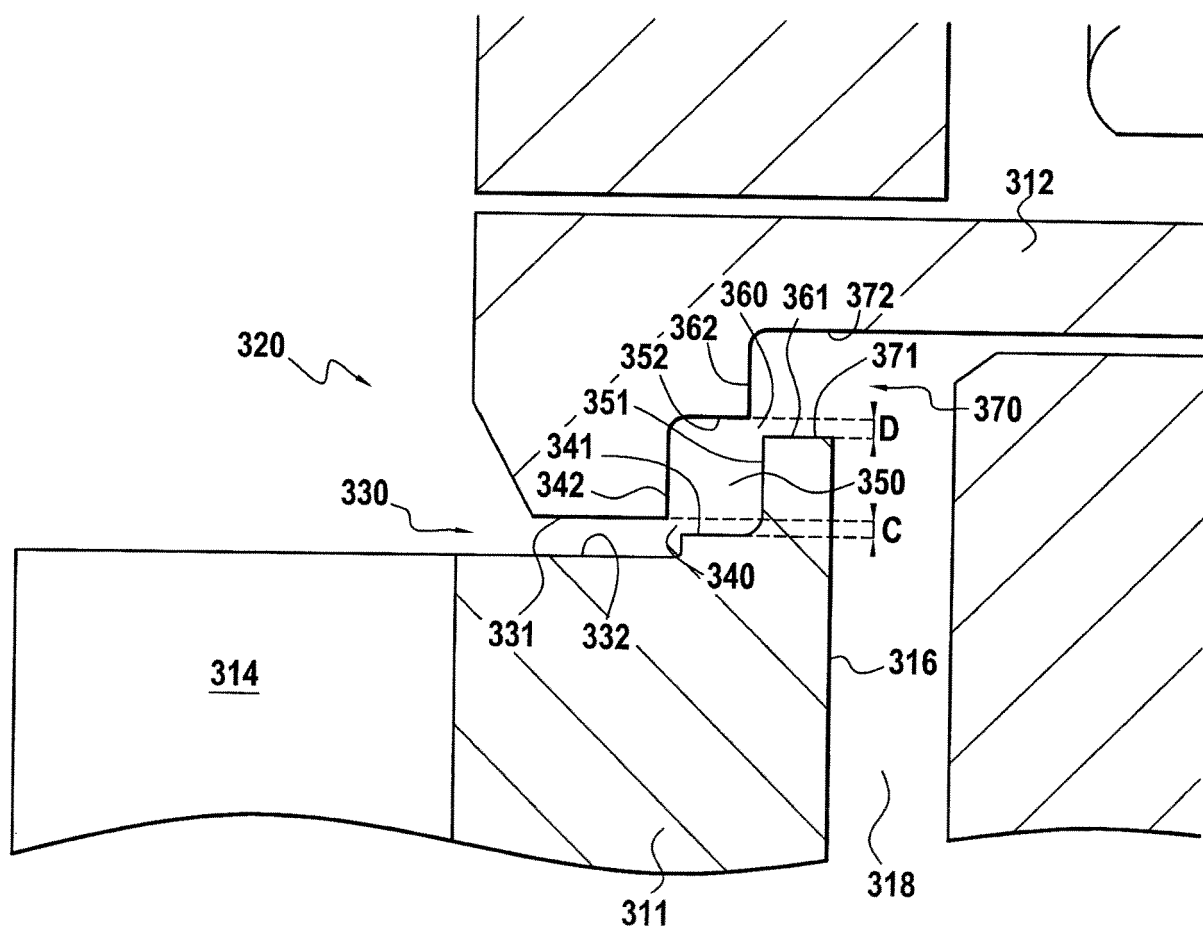


FIG.5

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- DE 19631824 [0021]
- DE 922807 [0021]
- DE 1528717 [0021]
- CH 330272 [0021]