



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35657 B1** (51) Cl. internationale : **B01D 61/06; F04F 13/00; F04B 9/117; C02F 1/44**
- (43) Date de publication : **01.11.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **37053**
- (22) Date de Dépôt : **23.05.2014**
- (30) Données de Priorité : **25.10.2011 FR 1159647**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2012/055750 19.10.2012**
- (71) Demandeur(s) : **ARKLING LIMITED, 206 Neptune House Marina Bay, PO Box 268 (GB)**
- (72) Inventeur(s) : **GIRAUD, Yves**
- (74) Mandataire : **SABA&CO**

(54) Titre : **ÉCHANGEUR DE PRESSION VOLUMÉTRIQUE POUR UNE INSTALLATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER ET INSTALLATION DE DESSALEMENT**

- (57) Abrégé : Échangeur de pression volumétrique comprenant au moins une unité d'échange de pression avec un corps cylindrique creux, un piston coulissant dans ledit corps, ledit piston comprenant une tête de piston séparant l'intérieur du dit corps cylindrique en une chambre aval et une chambre amont, ledit piston comprenant une tige agencée du côté de la chambre aval et traversant ladite chambre aval, ladite chambre aval étant munie d'un dispositif d'admission et de refoulement d'eau à traiter, ladite chambre amont étant munie d'une vanne à trois voies à boisseau rotatif, le dit boisseau rotatif étant mis en rotation par des moyens d'entraînement motorisés, ladite vanne comprenant un orifice d'alimentation en liquide pressurisé, un orifice d'évacuation dudit liquide, et une ouverture de communication avec ladite chambre amont.

Échangeur de pression volumétrique pour une installation de dessalement d'eau de mer et installation de dessalement

Abrégé

5

Échangeur de pression volumétrique comprenant au moins une unité d'échange de pression avec un corps cylindrique creux, un piston coulissant dans ledit corps, ledit piston comprenant une tête de piston séparant l'intérieur du dit corps cylindrique en une chambre aval et une chambre amont, ledit piston comprenant une tige agencée du côté de la chambre aval et traversant ladite chambre aval, ladite chambre aval étant munie d'un dispositif d'admission et de refoulement d'eau à traiter, ladite chambre amont étant munie d'une vanne à trois voies à boisseau rotatif, le dit boisseau rotatif étant mis en rotation par des moyens d'entraînement motorisés, ladite vanne comprenant un orifice d'alimentation en liquide pressurisé, un orifice d'évacuation dudit liquide, et une ouverture de communication avec ladite chambre amont.

10

15

Fig 1.

**Échangeur de pression volumétrique pour une installation de dessalement d'eau
de mer et installation de dessalement**

01 NOV 2014

DOMAINE TECHNIQUE

5

La présente invention concerne un échangeur de pression volumétrique destiné à une installation de dessalement d'eau par osmose inverse ainsi qu'une installation de dessalement.

10 Dans la présente demande, sauf indication explicite ou implicite contraire, les termes « cylindre » et « cylindrique » se réfèrent à un corps délimité par – ou une forme ou une surface engendrée par - des droites parallèles s'appuyant sur un contour fermé qui peut être circulaire.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

15

Dans les installations de dessalement d'eau de mer par osmose inverse, on alimente un module d'osmose inverse (MOI) constitué de membranes semi-perméables avec de l'eau de mer amenée à une pression élevée, généralement comprise entre 50 et 80 bars, supérieure à la pression osmotique de l'eau salée, qui est de l'ordre de 25 bars. Aux
20 sorties du MOI on récupère d'une part un perméat d'eau dessalée (qui est à une pression voisine de la pression atmosphérique), et d'autre part un concentrât d'eau dite « sursalée ». Ce concentrât est à une pression légèrement inférieure à la pression d'alimentation, c'est à dire généralement inférieure à cette dernière de l'ordre de 1 à 5 bars car la chute de pression occasionnée par le passage dans le MOI est faible.

25

Pour diminuer le coût énergétique d'un procédé de dessalement d'eau de mer par osmose inverse, il est important de récupérer dans toute la mesure du possible l'énergie mécanique du concentrât sous haute pression.

30

Un certain nombre de brevets, comme par exemple les brevets US 4,124,488 et US 6,652,741, décrivent des installations de dessalement par osmose inverse comportant des pompes à piston destinées à délivrer l'eau de mer sous pression à l'entrée d'un MOI, la face arrière du piston recevant l'appoint de la pression du concentrât pendant la compression de l'eau de mer à dessaler. Ces installations sont pilotées de différentes

manières, par exemple par une centrale hydraulique, ou par divers types de distributeurs tels que des vannes à tiroir.

La demande de brevet WO2011/070244 du déposant décrit également une telle installation de dessalement, comprenant un MOI alimenté en eau de mer pressurisée par une pompe animée par un moteur électrique, Ce moteur anime également un mécanisme de ce dispositif, qui comprend une vanne à trois voies à obturateur rotatif, qui commande l'admission du concentrât dans la pompe. Le piston de la pompe sépare chaque cylindre de la pompe en une chambre aval et une chambre amont. La tige du piston traverse la chambre amont et son extrémité est articulée au mécanisme d'entraînement du moteur. La chambre aval est alimentée en eau de mer par un conduit équipé d'un clapet d'admission anti-retour et délivre l'eau de mer pressurisée au conduit d'alimentation du MOI, lui-même équipé d'un clapet de refoulement anti-retour. La chambre amont de la pompe est reliée au conduit de sortie du concentrât du MOI par l'intermédiaire de la vanne à trois voies, la troisième voie de celle-ci débouchant dans un conduit de vidange du concentrât. Les mouvements du piston de la pompe et de l'obturateur de la vanne sont synchronisés de façon à, alternativement, admettre le concentrât sous haute pression dans la chambre amont lorsque le piston pousse l'eau de mer vers le MOI et à refouler ce concentrât vers la vidange lors du mouvement inverse du piston.

La demande de brevet WO2011/058249 du déposant décrit une telle vanne à obturateur rotatif pour une installation de dessalement, permettant un débit élevé d'eau sans perte de charge importante et supportant la pression élevée du concentrât sortant du MOI.

Il est toutefois souhaitable d'améliorer les dispositifs qui permettent la récupération d'énergie des concentrâts issus des MOI, pour abaisser le coût de production de l'eau dessalée.

Il est en particulier souhaitable d'équiper des unités de dessalement qui sont dépourvus de tels dispositifs sans devoir éliminer et remplacer les dispositifs de pompage à haute pression préexistants.

Il est enfin souhaitable de proposer des dispositifs de ce type ayant des durées de vie élevées et ne nécessitant qu'un minimum d'arrêts de maintenance.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

À cet effet l'invention a pour objet un échangeur de pression volumétrique du type défini d'entrée, comprenant au moins une unité d'échange de pression, ladite unité d'échange
5 de pression comprenant un corps cylindrique creux, un piston coulissant dans ledit corps, ledit piston comprenant une tête de piston séparant l'intérieur du dit corps cylindrique en une chambre aval et une chambre amont, ledit piston comprenant une tige agencée du côté de la chambre aval et traversant ladite chambre aval, ladite chambre aval étant munie d'un dispositif d'admission et de refoulement d'eau à traiter, ladite chambre amont
10 étant munie d'une vanne à trois voies à boisseau rotatif, le dit boisseau rotatif étant mis en rotation par des moyens d'entraînement motorisés, ladite vanne comprenant un orifice d'alimentation en concentrât pressurisé, un orifice d'évacuation dudit concentrât, et une ouverture de communication avec ladite chambre amont.

15 Selon un mode d'exécution, ledit dispositif d'admission et de refoulement d'eau à traiter comprend une culasse agencée dans le prolongement de la chambre aval du dit corps cylindrique, un orifice d'admission avec un clapet d'admission anti-retour, un orifice de refoulement avec un clapet anti-retour, ladite tige de piston traversant ladite culasse avec son extrémité émergeant à l'extérieur de l'échangeur de pression volumétrique.

20

Selon un mode d'exécution, ladite vanne à trois voies comprend un corps de vanne agencé dans le prolongement de la chambre amont du dit corps cylindrique.

25 Selon un mode d'exécution, l'axe de rotation du boisseau rotatif est parallèle à l'axe du corps cylindrique.

Selon un mode d'exécution, le boisseau rotatif présente une ouverture latérale conformée de façon à permettre une mise en communication et une fin de communication fluides avec les orifices d'alimentation et d'évacuation de la vanne.

30

Selon un mode d'exécution, l'étanchéité dynamique de ladite vanne est réalisée au moyen de pistons de vérins annulaires en appui sur le boisseau rotatif, en particulier de pistons de vérins annulaires réalisés en matériaux composites à faible coefficient de frottement.

Selon un mode d'exécution, les dits pistons de vérins annulaires sont mis sous pression par liaisons fluides avec le concentrât, soit directement, soit au travers d'un multiplicateur de pression.

- 5 Selon un autre mode d'exécution, les dits pistons de vérins annulaires sont mis sous pression par un groupe hydraulique auxiliaire.

L'échangeur de pression volumétrique selon l'invention peut comprendre une pluralité d'unités d'échange de pression telles que définies ci-dessus.

10

Selon un mode d'exécution, les moyens d'entraînement motorisés comprennent une motorisation commune et des moyens pour caler les boisseaux rotatifs de manière également répartie sur 360°.

- 15 L'invention a également pour objet une installation de dessalement d'eau de mer par osmose inverse comprenant un échangeur de pression volumétrique tel que défini ci-dessus.

20 En particulier, le nombre d'unités d'échange de pression, l'alésage et la course des corps cylindriques sont ajustés en fonction du débit disponible de concentrât de l'installation.

Selon un mode d'exécution, la vitesse de rotation des boisseaux rotatifs est ajustée de façon à ce que lors de chaque cycle, le ou les dits pistons n'arrivent pas en fin de course haute.

25

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

30 D'autres aspects, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'homme du métier de la description suivante qui illustre, sans caractère limitatif, un mode de réalisation préféré de l'invention, en se référant aux figures annexées, dans lesquelles:

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une unité d'échange de pression selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en élévation latérale d'un boisseau rotatif de vanne ;

- la figure 3 est une coupe axiale horizontale simplifiée montrant le boisseau rotatif de la figure 2, logé dans sa vanne ;
- la figure 4 est une vue schématique en élévation d'un échangeur de pression volumétrique comprenant 6 unités d'échange de pression.

5

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

La figure 1 montre une unité d'échange de pression 1 dont la partie centrale est constituée d'un corps cylindrique 2 dans lequel coulisse un piston 3, formé d'une tête de piston 4 et d'une tige de piston 5. La tête de piston 4 sépare l'intérieur du corps cylindrique 2 en une chambre aval et une chambre amont. La tige de piston est fixée à la tête de piston 4 du côté de la chambre aval. Le corps cylindrique 2 est surmonté à sa première extrémité, du côté de la chambre aval, d'une culasse 6, qui est solidarisée de manière étanche avec le corps cylindrique 2 par des moyens de type flasque, joints et boulons, en soi connus.

La culasse 6 porte un orifice d'admission 7 apte à y brancher une conduite d'amenée d'eau de mer à traiter. L'orifice d'admission 7 loge un clapet d'admission anti-retour 8. La structure de tels clapets est en soi connue de l'homme du métier. La culasse 6 porte également un orifice de refoulement 9 apte à y brancher une conduite amenant l'eau de mer au MOI. L'orifice de refoulement 9 loge également un clapet anti-retour 10. La culasse 6 comprend encore en position axiale un orifice de guidage 11 permettant le passage de la tige de piston 5, dont l'extrémité libre émerge de l'unité d'échange de pression 1. L'orifice de guidage 11 est muni de joints d'étanchéité, en soi connus, permettant le coulissement de la tige de piston sans pertes de pression significatives de l'eau à traiter.

À la deuxième extrémité du corps cylindrique 2, du côté de la chambre amont, est agencée une vanne 12, qui prolonge cette chambre amont et dont le corps de vanne 13 est solidarisé de manière étanche avec le corps cylindrique 2 par des moyens de type flasque, joints et boulons, en soi connus. La vanne 12, qui fait partie intégrante de l'unité d'échange de pression 1, comprend un orifice d'alimentation 14 en concentrât pressurisé, un orifice d'évacuation 15 dudit concentrât, et une ouverture de communication 16 avec ladite chambre amont.

Comme le montrent les figures 2 et 3, le boisseau rotatif 17 comprend une partie supérieure cylindrique creuse, qui présente à son extrémité supérieure une large ouverture de communication 16, communiquant avec la chambre amont du corps cylindrique 2, et qui présente sur son flanc latéral une ouverture latérale 24 permettant
5 alternativement, selon la position du boisseau, de faire communiquer l'intérieur du boisseau, et par conséquent l'ouverture de communication 16, avec l'orifice d'alimentation 14 ou l'orifice d'évacuation 15.

Dans le mode d'exécution représenté sur la figure 2, l'ouverture 24 présente une
10 première extrémité 28 en forme de « V », une partie médiane 27 rectangulaire et une deuxième extrémité en forme de « W » présentant deux prolongements 25,26. Cette forme particulière de l'ouverture 24 permet une mise en communication et une fin de communication progressives avec les orifices d'alimentation 14 et d'évacuation 15, de
15 façon à éliminer des variations brutales de pression et de débit dans la chambre amont de l'unité d'échange de pression. Dans sa partie inférieure, le boisseau rotatif 17 comprend une tige d'entraînement 18 qui est destinée à être reliée à un dispositif d'entraînement mécanique.

Dans le mode d'exécution représenté sur la figure 1, l'axe de rotation du boisseau rotatif
20 17 coïncide avec l'axe de coulissement de la tige 5, cet agencement étant le plus simple sur le plan constructif du corps de vanne 13 et de la fixation de celui-ci au corps cylindrique 2. La tige d'entraînement 18 du boisseau 17 émergeant du corps de vanne 13 est entraînée par un dispositif d'entraînement 19, lui-même relié à un moteur d'entraînement, ce qui peut être réalisé au moyen de roues dentées engrenant avec des
25 pignons, de courroies de transmission ou de tout autre moyen connu dans l'état de la technique. Le moteur d'entraînement, en particulier à moto réducteur électrique peut être à vitesse fixe ou à vitesse régulée par un variateur.

Le boisseau rotatif 17 est en rotation permanente. L'étanchéité dynamique de la vanne
30 12 est réalisée sans joint, au moyen de pistons de vérins annulaires 22,23, en appui sur le boisseau rotatif. De préférence, les pistons de vérins annulaires sont réalisés en matériaux composites à faible coefficient de frottement. Les dits pistons de vérins annulaires peuvent être mis sous pression en 20 par liaison fluide avec le concentrât, soit directement soit au travers d'un multiplicateur de pression. Alternativement ils peuvent

être mis en pression par un groupe hydraulique auxiliaire. Ces pistons de vérins annulaires appuient sur le boisseau rotatif, empêchant le passage direct du concentrât de l'orifice d'alimentation 14 à l'orifice d'évacuation 15. Ces pistons avancent dans leur logement au fur et à mesure de leur usure, ce qui minimise le nombre d'arrêts pour
5 maintenance. De même, le boisseau rotatif est réalisé de préférence en acier inox et reçoit un traitement de surface approprié pour augmenter sa résistance à l'usure et diminuer le coefficient de frottement.

L'unité d'échange de pression dont la structure vient d'être décrite ci-dessus fonctionne
10 comme suit:

L'eau de mer, fournie par une pompe de gavage de l'installation de dessalement, pénètre dans la culasse 6, et donc à l'intérieur de la chambre aval du corps cylindrique 2 par l'orifice d'admission 7 et en ressort par l'orifice de refoulement 9, les clapets d'admission
15 8 et de refoulement 10 empêchant un flux inverse. Le boisseau rotatif 17 de la vanne à trois voies 12 est en rotation permanente.

Au début d'un cycle, lorsque le piston 3 est en position basse et quand l'orifice d'alimentation 14 en concentrât entre en communication avec l'ouverture de
20 communication 16, le concentrât pénètre à l'intérieur de la chambre amont du corps cylindrique, la chambre aval étant remplie d'eau de mer. Le piston monte, poussé par le concentrât à haute pression et refoule l'eau de mer par le clapet de refoulement 10. L'homme du métier notera que l'eau de mer est refoulée à une pression supérieure à celle du concentrât parce que la tête de piston 4 présente une aire supérieure du côté de
25 la chambre amont à l'aire du côté de la chambre aval, du fait de la présence de la tige de piston 5 du côté de la chambre aval. La pression du concentrât étant égale à la pression de l'eau de mer à traiter à l'entrée du MOI, diminuée des pertes de charge entre les membranes et l'échangeur, cette différence de pression entre chambre amont et chambre aval permet de compenser les dites pertes de charge sans faire appel à des
30 pompes haute pression. Cette différence de pression peut être ajustée en modifiant le diamètre de la tige de piston 5. En continuant sa rotation, le boisseau rotatif 17 ferme progressivement le passage du concentrât de l'orifice d'alimentation 14 vers la chambre amont, de sorte que le piston 3 arrive à sa position haute.

En poursuivant sa rotation, le boisseau rotatif 17 ouvre progressivement la communication entre la chambre amont du corps cylindrique 2 et l'orifice d'évacuation 15, de sorte que la pression du concentrât dans la chambre amont du cylindre 2 diminue. De ce fait, le clapet de refoulement 10 se ferme. L'eau de mer fournie par une pompe de gavage de l'installation de dessalement pénètre par le clapet d'admission 8 et repousse le piston 3 vers le bas en refoulant le concentrât. Puis un nouveau cycle démarre.

La figure 4 montre un échangeur de pression volumétrique comprenant six unités d'échange de pression du type montré dans la figure 1, montées en parallèle. Un moteur-réducteur électrique 21, commun aux six unités assure la rotation des six boisseaux rotatifs. Comme le montrent les positions respectives des extrémités libres des tiges de piston, les positions des boisseaux sont calées avec un décalage de 60° les unes par rapport aux autres, de sorte à assurer un fonctionnement sans chocs ni bruit du système.

Le nombre, le diamètre et la course des cylindres sont calculés en fonction du débit disponible de concentrât de l'installation de dessalement dans laquelle l'échangeur de pression volumétrique est destiné à être monté. La vitesse de rotation des boisseaux est ajustée de préférence de telle sorte que les pistons n'arrivent pas en fin de course haute: par ce moyen, l'échangeur de pression volumétrique est rendu auto-adaptatif au débit entrant, et ce dans une large plage de débit pouvant approcher un débit nul, sans diminution du rendement. Par ailleurs, le débit d'eau de mer entrant étant toujours supérieur aux besoins, les pistons descendent à chaque cycle en fin de course basse; mais la forme particulière de l'ouverture latérale du boisseau rotatif ralentit progressivement le piston de façon à prévenir les chocs en fin de course basse. De plus un amortisseur en polyuréthane peut être placé de façon à prévenir tout risque de choc de ce type.

En résumé, l'échangeur de pression volumétrique selon l'invention offre les caractéristiques et avantages suivants:

- rendement global très élevé du fait de la faible consommation énergétique du système de distribution et de l'absence de pompe de remontée de pression ;
- pas de mélange de concentrât/eau de mer ;
- pas de pulsations hydrauliques, la vitesse de déplacement des pistons s'adaptant au débit de concentrât disponible ;

- adaptabilité au débit disponible sans système d'asservissement et sans perte de rendement ;
- fonctionnement peu bruyant ;
- possibilité de très haut débit ;
- 5 - faible encombrement, tuyauteries de liaison peu nombreuses et courtes ;
- maintenance simple et peu onéreuse ;
- le système ne nécessite pas de filtration de l'eau en dessous de 50 microns.

Revendications

1. Échangeur de pression volumétrique comprenant au moins une unité d'échange de pression, caractérisée en ce que ladite unité d'échange de pression comprend un corps cylindrique creux, un piston coulissant dans ledit corps, ledit piston comprenant une tête de piston séparant l'intérieur du dit corps cylindrique en une chambre aval et une chambre amont, ledit piston comprenant une tige agencée du côté de la chambre aval et traversant ladite chambre aval, ladite chambre aval étant munie d'un dispositif d'admission et de refoulement d'eau à traiter, ladite chambre amont étant munie d'une vanne à trois voies à boisseau rotatif, le dit boisseau rotatif étant mis en rotation par des moyens d'entraînement motorisés, ladite vanne comprenant un orifice d'alimentation en liquide pressurisé, un orifice d'évacuation dudit liquide, et une ouverture de communication avec ladite chambre amont.
2. Échangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif d'admission et de refoulement d'eau à traiter comprend une culasse agencée dans le prolongement de la chambre aval du dit corps cylindrique, un orifice d'admission avec un clapet d'admission anti-retour, un orifice de refoulement avec un clapet anti-retour, ladite tige de piston traversant ladite culasse avec son extrémité émergeant à l'extérieur de l'échangeur de pression volumétrique.
3. Échangeur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite vanne à trois voies comprend un corps de vanne agencé dans le prolongement de la chambre amont du dit corps cylindrique.
4. Échangeur selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'axe de rotation du boisseau rotatif est parallèle à l'axe du corps cylindrique.
5. Échangeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le boisseau rotatif présente une ouverture latérale conformée de façon à permettre une mise en communication et une fin de communication fluides avec les orifices d'alimentation et d'évacuation de la vanne.

6. Échangeur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étanchéité dynamique de ladite vanne est réalisée au moyen de pistons de vérins annulaires en appui sur le boisseau rotatif, en particulier de pistons de vérins annulaires réalisés en matériaux composites à faible coefficient de frottement.

5

7. Échangeur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les dits pistons de vérins annulaires sont mis sous pression par liaisons fluides avec le concentrât, soit directement soit au travers d'un multiplicateur de pression.

10 8. Échangeur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les dits pistons de vérins annulaires sont mis sous pression par un groupe hydraulique auxiliaire.

9. Échangeur de pression volumétrique, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité d'unités d'échange de pression selon l'une quelconque des revendications précédentes .

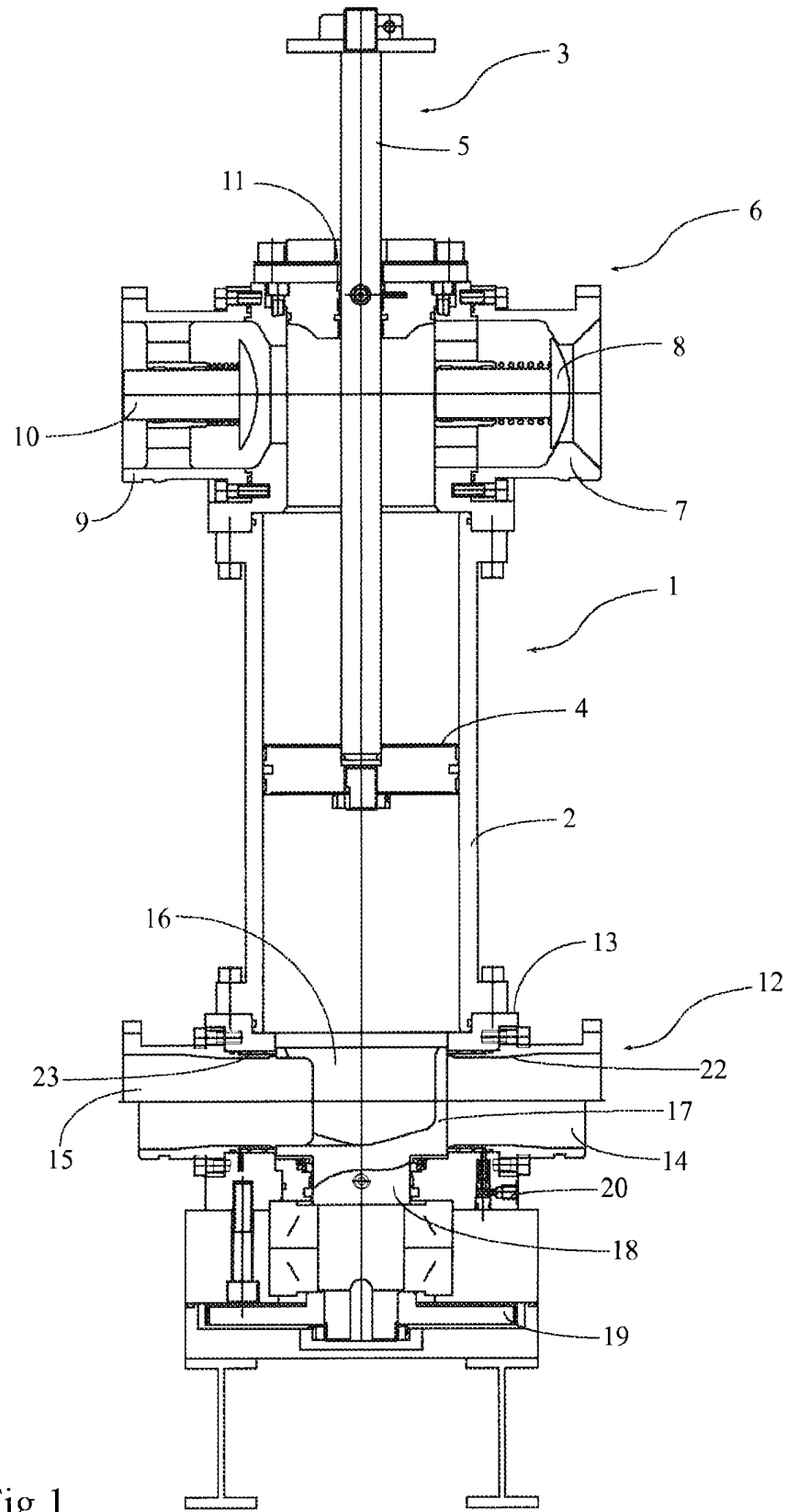
15

10. Échangeur selon la revendication 9, caractérisé en ce que les dits moyens d'entraînement motorisés comprennent une unité de motorisation commune et des moyens pour caler les dits boisseaux rotatifs de manière également répartie sur 360°.

20 11. Installation de dessalement d'eau de mer par osmose inverse comprenant un échangeur de pression volumétrique selon l'une quelconque des revendications précédentes.

25 12. Installation de dessalement selon la revendication 11, caractérisée en ce que le nombre d'unités d'échange de pression, l'alésage et la course des corps cylindriques sont ajustés en fonction du débit disponible de concentrât de l'installation.

30 13. Installation selon la revendication 11 ou la revendication 12, caractérisée en ce que la vitesse de rotation des boisseaux rotatifs est ajustée de façon à ce que lors de chaque cycle, le ou les dits pistons n'arrivent pas en fin de course haute.



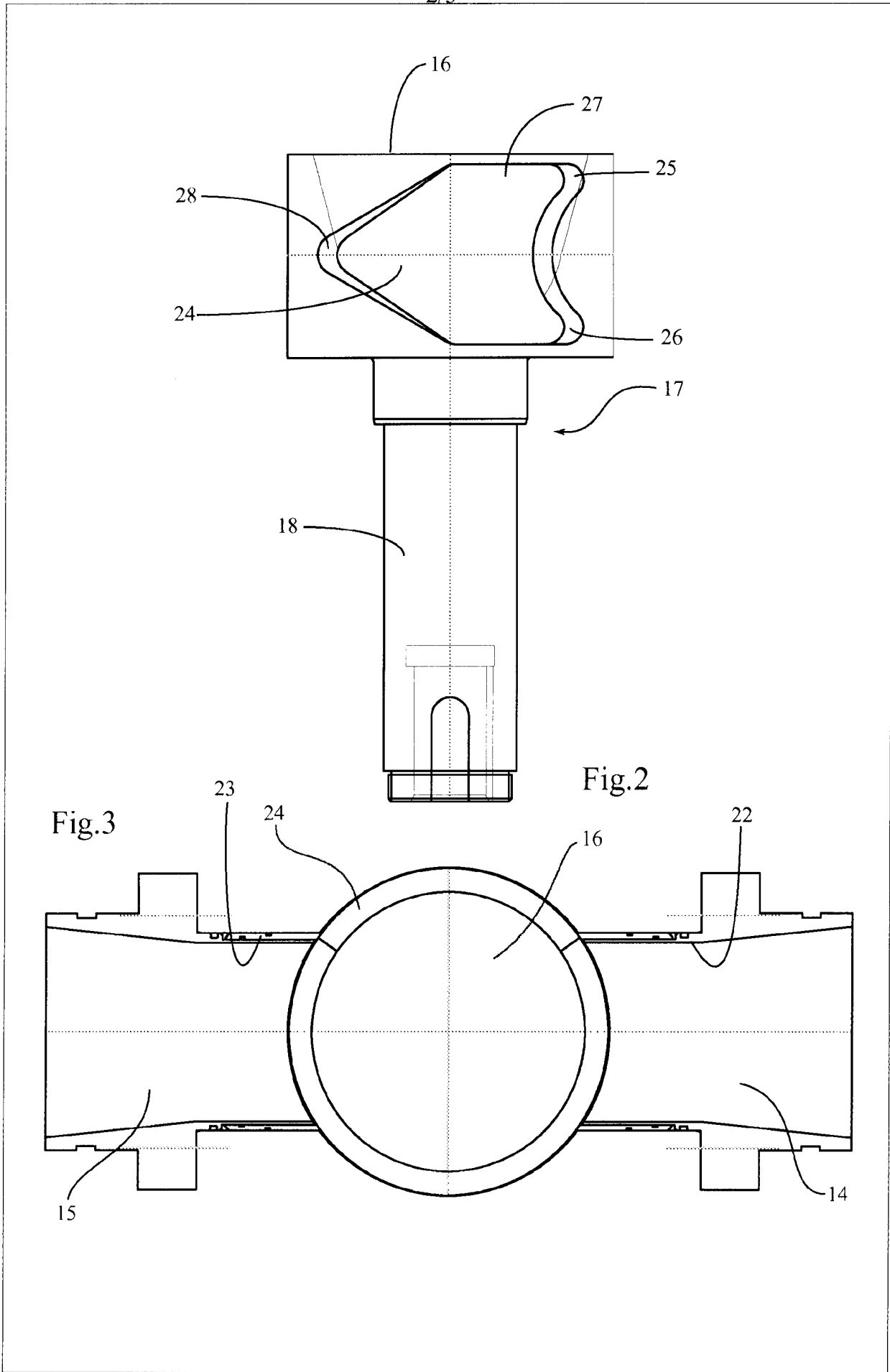


Fig.4

