



## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 25930 A1** (51) Cl. internationale : **B01D 13/00; C02F 1/00; B01D 61/06**
- (43) Date de publication : **01.10.2003**

- 
- (21) N° Dépôt : **27208**
- (22) Date de Dépôt : **20.06.2003**
- (30) Données de Priorité : **21.11.2000 DE 100 57 613.3**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP01/08271 18.07.2001**
- (71) Demandeur(s) : **ALOYS WOB BEN, Argestrasse 19 26607 AURICH (DE)**
- (72) Inventeur(s) : **ALOYS WOB BEN**
- (74) Mandataire : **M. MEHDI SALMOUNI-ZERHOUNI**

---

(54) Titre : **PROCEDE ET DISPOSITIF DE DESSALEMENT DE L'EAU**

- (57) Abrégé : **PROCEDE ET DISPOSITIF DE DESSALEMENT DE L'EAU** L'invention concerne un procédé et un dispositif de dessalement d'eau par osmose inverse, notamment pour le dessalage d'eau de mer. Selon ledit procédé, l'eau salée (10) est introduite dans un dispositif de compensation de pression (2) à une première pression (p1) et est ensuite conduite dudit dispositif de compensation de pression (2) dans un module de membrane (3) pression plus élevée (p2). De l'eau dessalée (12) et de l'eau salée concentrée (13) sont guidées hors du module membranaire (3) et l'eau salée concentrée (13) du module membranaire (3) est alimentée en continu dans le dispositif de compensation de pression à peu près à la seconde pression (p2). Ici, ladite eau salée concentrée est utilisée pour soumettre l'eau salée (10) introduite dans le dispositif de compensation de pression (2) à environ la deuxième pression (p2) et pour introduire l'eau salée (11) dans le module à membrane (3). L'introduction de l'eau salée concentrée (13) dans le dispositif de compensation de pression (2) et le guidage de l'eau salée concentrée (14) du dispositif de compensation de pression (2) s'effectuent au moyen de vannes principales contrôlées (V1, V3, V4, V6). Lesdites soupapes principales sont soumises à une charge mécanique considérable, notamment lors de l'ouverture et de la fermeture. Afin de réduire ou d'éviter

cela, l'invention prévoit que les soupapes secondaires (V2, V2', V5, V5') qui sont situées parallèlement aux soupapes principales (V1, V3, V4, V6) sont commandées de manière à ce que les pics de charge sont réduits pour l'ouverture et / ou la fermeture des vannes principales (V1, V3, V4, V6).

Résumé

L'invention concerne un procédé et un dispositif de dessalement de l'eau par osmose de renversement, prévu en particulier pour le dessalement d'eau de mer, l'eau salée (10) étant introduite sous une première pression ( $p_1$ ) dans un dispositif de compensation de la pression (2), d'où elle est amenée sous une seconde pression ( $p_2$ ) plus élevée dans un module à membrane (3), de l'eau dessalée (12) et de l'eau salée concentrée (13) sortant dudit module à membrane (3), l'eau salée concentrée (13) sortant du module à membrane (3) étant conduite en continu sous une pression proche de la seconde pression ( $p_2$ ) dans le dispositif de compensation de la pression (2), où elle pressurise l'eau salée (10) introduite dans ledit dispositif à une pression proche de la seconde pression ( $p_2$ ) et sert à expulser l'eau salée (11) vers le module à membrane (3), l'introduction de l'eau salée concentrée (13) dans le dispositif de compensation de la pression (2) et l'évacuation de l'eau salée concentrée (14) du dispositif de compensation de la pression (2) se faisant au moyen de vannes principales contrôlées (V1, V3, V4, V6). Lesdites vannes principales sont soumises à des sollicitations mécaniques importantes, surtout à l'ouverture et à la fermeture. Afin d'atténuer ou de supprimer ces dernières, il est prévu selon l'invention que des vannes secondaires (V2, V2', V5, V5'), disposées en parallèle aux vannes principales (V1, V3, V4, V6), soient commandées de manière à ce que les charges maximum se produisant à l'ouverture et/ou à la fermeture des vannes principales (V1, V3, V4, V6) soient atténuées.

(Figure 2)

**MEMOIRE DESCRIPTIF**

joint à l'appui d'une demande de brevet d'invention ayant pour titre :

"Procédé et dispositif de dessalement de l'eau"

**Déposant / Inventeur**

ALOYS WOBLEN  
Argestrasse 19  
26607 AURICH  
GERMANY

**Mandataire**

M. Mehdi SALMOUNI-ZERHOUNI  
Forum International  
62 Boulevard d'Anfa  
20000 CASABLANCA MAROC

\*\*\*\*\*

01 OCT 2009  
# 2 5 9 3 0

LSY 63 02  
2027208

---

## Procédé et dispositif de dessalement de l'eau

---

L'invention concerne un procédé de dessalement de l'eau par osmose de renversement selon l'idée fondamentale exprimée à la revendication 1, ainsi qu'un dispositif de réalisation dudit procédé.

Un tel procédé et un tel dispositif sont décrits dans la demande de brevet allemande 199 33 147.2. L'eau salée y est introduite sous une première pression dans un dispositif de compensation de la pression, d'où elle est conduite sous une seconde pression, plus élevée, dans un module à membrane, dont on extrait de l'eau dessalée et de l'eau salée concentrée. L'eau dessalée est à comprendre comme de l'eau présentant une concentration saline réduite par rapport à celle de l'eau introduite dans le dispositif. Afin d'améliorer le rendement, et de ce fait le bilan énergétique d'un tel procédé, il est proposé dans ladite demande de brevet de conduire en continu l'eau salée concentrée extraite du module à membrane sous la seconde pression dans le dispositif de compensation de la pression, afin d'y augmenter la pression de l'eau salée entrante à la valeur de la seconde pression et de l'utiliser pour conduire l'eau salée dans le module à membrane. L'introduction de l'eau salée concentrée dans le dispositif de compensation de la pression se fait au moyen de vannes de non-retour, l'évacuation de l'eau salée concentrée du dispositif de compensation de la pression ayant lieu au moyen de vannes principales contrôlées. Ces vannes principales contrôlées sont préférentiellement des vannes à commande active, étant placées dans les conduites correspondantes reliant le module à membrane et le dispositif de compensation de la pression ou le dispositif de compensation de la pression et la sortie d'eau salée concentrée.

Un procédé et un dispositif tels que nommés au début sont également connus du document EP 0 028 913. Il y est prévu une pompe de compensation des pertes de pression.

La récupération d'énergie d'un liquide soumis à une pression élevée au moyen d'un moteur hydraulique fonctionnant au moyen dudit liquide est connue du document DE 24 48 985. Il y est prévu des combinaisons piston/cylindre travaillant en opposition de phase et reliées mécaniquement au moyen de bielles à un vilebrequin, lui-même entraîné par un système de propulsion, afin de compenser les pertes de pression. Ce système présente néanmoins quelques désavantages immanents, comme par exemple un système compliqué

de supports et de paliers pour les pistons et les bielles, vu que le vilebrequin leur transmet des mouvements dans les deux sens. La figure 1 illustre un dispositif de dessalement de l'eau par osmose de renversement selon le document US 5,797,429, où des vannes principales et des vannes secondaires installées en parallèle sont prévues pour évacuer l'eau salée concentrée du module à membrane et des moyens d'échange.

Un dispositif de dessalement d'eau par osmose de renversement pourvu de deux systèmes piston/cylindre travaillant en opposition de phase est connu du document US 6,017,200.

Dans les procédés et dispositifs connus, les vannes principales sont soumises à des pressions élevées. Lors de la manœuvre des vannes principales, la contrainte mécanique au premier instant de l'ouverture ou au dernier instant de la fermeture d'une telle vanne est considérable. Vu que ces vannes principales sont conçues pour des débits importants, leur taille et leur poids doivent être suffisamment grands.

Vu que ces vannes principales sont relativement lentes, dû à leur masse importante, elles sont soumises durant des périodes relativement longues à des variations de pression importantes, en particulier en début d'ouverture et en fin de fermeture. Les installations de ce type devant travailler dans la mesure du possible sans interruption, lesdites vannes principales sont donc soumises à des contraintes permanentes élevées, dues d'une part au niveau et à la durée de la contrainte et d'autre part à la fréquence des jeux de contrainte, ce qui cause leur usure de manière proportionnelle.

L'objectif de l'invention sera donc de pallier ces inconvénients du procédé et du dispositif nommés au début, en leur donnant une structure permettant une usure moins rapide des vannes principales.

Partant du procédé et du dispositif mentionnés au début, cet objectif sera obtenu au moyen du procédé de la revendication 1 ou au moyen du dispositif de la revendication 13.

L'invention est basée sur le fait connu des contraintes de pointe ayant lieu en particulier à l'ouverture et à la fermeture des vannes principales, contraintes de pointe qu'il y a lieu d'éviter. Ceci est obtenu au moyen des vannes secondaires prévues par l'invention, pouvant également être désignées comme vannes de dérivation, et qui dérivent partiellement la

## 2a

pression s'établissant à l'ouverture ou à la fermeture des vannes principales afin de les contourner. A cette fin, il sera prévu d'installer des conduites secondaires adaptées de contournement des vannes principales, dans lesquelles seront installées les vannes secondaires.

Les vannes secondaires seront préférentiellement commandées de manière à s'ouvrir peu avant l'ouverture ou la fermeture des vannes principales et/ou qu'elles ne soient ouvertes que durant l'ouverture ou la fermeture des vannes principales. Autrement, les vannes secondaires seront normalement fermées.

Dans une réalisation avantageuse, les vannes secondaires présentent une section inférieure à celle des vannes principales. La section des vannes secondaires peut même être largement inférieure à celle des vannes principales, ces vannes secondaires pouvant de leur côté présenter une résistance à la pression largement supérieure à celle des vannes principales. Ceci permettra de soulager sensiblement les vannes principales par une commande judicieuse des vannes secondaires, ce qui augmentera proportionnellement la durée de vie des vannes principales.

Dans une réalisation alternative de l'invention, la section des vannes secondaires peut être choisie arbitrairement. La section des vannes secondaires pourra même contribuer au transport du fluide, ce qui pourra être assuré au moyen de commandes correspondantes. Ceci signifie que les vannes secondaires seront ouvertes ou fermées en même temps que les vannes principales installées en parallèle, à la différence que les vannes secondaires seront ouvertes un peu avant et fermées un peu plus tard que les vannes principales installées en parallèle, afin de soulager ces dernières.

Une réalisation préférentielle de l'invention prévoit un réservoir sous pression raccordé à la sortie d'évacuation de l'eau salée concentrée du module à membrane et à l'entrée du dispositif de compensation de la pression. Ledit réservoir sous pression sera donc soumis à la même pression que celle de l'eau salée concentrée proprement dite. L'objet de ce réservoir sous pression est de compenser les variations de pression dues aux pertes de pression se produisant inévitablement lors de la manœuvre des vannes, afin d'assurer, dans la mesure du possible, une pression de travail constante dans le module à membrane.

Dans une autre réalisation avantageuse de l'invention, des limiteurs de débit sont prévus dans les conduites menant aux vannes secondaires, empêchant un équilibrage abrupte de la pression en limitant le débit maximum, contribuant ainsi à un équilibrage progressif de la pression et donc à des changements lents de la pression à la place de fluctuations soudaines. Lesdits limiteurs peuvent présenter des dimensions diverses, afin de contribuer à l'obtention de «résistances au flux» d'importances diverses. Les limiteurs de débit peuvent être également intégrés dans les vannes secondaires, vu que ces dernières ne présentent que des sections faibles.

Il sera prévu, dans un perfectionnement de l'invention, que le dispositif d'équilibrage de la pression présente deux systèmes piston/cylindre travaillant en opposition de phase, les pistons desdits systèmes étant reliés entre-eux par une bielle. Une telle bielle et sa fonction



sont connues de la demande de brevet EP 0 028 913. Autrement que dans le cas de cette bielle connue, le présent perfectionnement de l'invention ne prévoit pas de pompe de compensation des pertes de pression.

Une réalisation perfectionnée de l'invention prévoit plutôt une propulsion pour la bielle afin de compenser les pertes de pression. Cette propulsion pourra par exemple consister en ce qu'une section centrale de la bielle présente un endentement collaborant avec des pignons propulsés de manière à assurer le mouvement correct de la bielle. Ceci permettra de conserver la pression de travail voulue.

Le dispositif de l'invention permet de se passer entièrement d'une pompe à haute pression, cette dernière étant remplacée par une pompe exerçant une pression beaucoup moins élevée si la pression que présente nécessairement l'eau salée concentrée à la sortie du module à membranes est utilisée pour pressuriser l'eau salée pompée dans le dispositif de compensation de la pression, par retour continu de cette eau salée concentrée dans ledit dispositif de compensation de la pression. Il est également essentiel dans ce cas que ceci ait lieu de manière continue, vu qu'autrement la pression dans la conduite amenant l'eau salée du dispositif de compensation de la pression au module à membrane chuterait, ce qui rendrait nécessaire l'utilisation d'une pompe à haute pression, et vu également qu'une production continue d'eau dessalée ne serait pas possible.

D'autres perfectionnements avantageux du procédé et du dispositif de l'invention sont en particulier une conséquence des revendications secondaires. On notera que le dispositif de l'invention peut être perfectionné de cette manière ou de manière correspondante, pouvant présenter une réalisation correspondante, comme expliqué plus haut par rapport au procédé de l'invention et comme indiqué dans les revendications secondaires se référant à la revendication 1.

On procédera maintenant à expliquer l'invention au moyen des figures jointes. Celles-ci représentent:

Figure 1: un schéma fonctionnel permettant d'expliquer le procédé de l'invention,

Figure 2: une forme de réalisation du dispositif de l'invention dans un premier état opérationnel,

Figure 3: une représentation de cette forme de réalisation dans un second état opérationnel, et

Figure 4: une représentation des états opérationnels de cette réalisation durant un cycle de travail complet.

Le schéma fonctionnel de la figure 1 représente une pompe de circulation 1 permettant d'introduire l'eau salée 10 dans un dispositif de compensation de la pression 2 à la première pression  $p_1$ . A partir de ce dispositif de compensation de la pression 2, la même eau salée 11, soumise maintenant à une pression de travail élevée, est amenée au module à membrane 3. Là, une partie de l'eau salée 11 passe à travers la membrane 6 (par exemple 25 % de l'eau salée 11), y est dessalée et en est évacuée sous forme d'eau dessalée 12. Le restant de l'eau salée 11 (par exemple 75 %) ne peut pas traverser la membrane 6, étant reconduit au moyen de la conduite de raccord 5 sous forme d'eau salée concentrée 13, se trouvant toujours à la pression élevée  $p_2$ , au dispositif de compensation de la pression 2. Là, cette pression élevée est utilisée, d'une manière qui sera expliquée plus en détail plus loin, pour élever la pression de l'eau salée 10 introduite dans le dispositif de compensation de la pression 2 à une valeur plus élevée, afin de la mener à l'entrée du module à membrane 3. Simultanément, cette pression sera utilisée, d'une manière qui sera également expliquée de manière plus détaillée plus loin, dans le dispositif de compensation de la pression 2 pour en évacuer définitivement l'eau salée concentrée 14 s'y trouvant encore, au moyen de la conduite 4, et pour conduire dans le dispositif de compensation de la pression 2 de l'eau salée non concentrée 10. Tous les procédés décrits ont lieu simultanément et en continu, rendant donc superflue l'utilisation d'une pompe à haute pression générant la haute pression de travail nécessaire au procédé et assurant la disponibilité continue d'eau dessalée 12.

Configuration et fonction du système de compensation de la pression 2 seront notamment expliqués plus en détail sur la base de la réalisation représentée à la figure 2. Dans le cas étudié, cette dernière présente deux systèmes piston/cylindre 401, 402 identiques, avec deux cylindres alignés selon le même axe et placés vis-à-vis l'un de l'autre, présentant chacun une chambre d'entrée 201, 202 d'admission de l'eau salée 10 et une chambre de sortie 101, 102 d'admission de l'eau salée concentrée 13. Un piston spécial 301, 302 est disposé à l'intérieur de chaque système piston/cylindre 401, 402, subdivisant la totalité du volume intérieur dédié aux pistons dans les chambres mentionnées ci-dessus, ledit piston se déplaçant dans la figure horizontalement à travers le système. Une conduite pourvue d'une vanne de non-retour (passive) 7 mène dans chaque cas de la pompe de circulation 1 aux chambres d'admission 201, 202. La structure des vannes de non-retour 7 est telle qu'elles

s'ouvrent, permettant la circulation, quand la pression dans la conduite d'amenée est supérieure à celle dans les chambres d'admission 201, 202. Des vannes de non-retour similaires 8, présentant cependant une direction de circulation opposée, sont installés dans les conduites d'amenée des chambres d'admission 201, 202 au module à membrane 3.

D'autre part, des vannes principales à commande active V3, V6 ou respectivement V1, V4 sont installées dans les conduites 5 menant du module à membrane 3 aux chambres d'évacuation 101, 102 et dans les conduites 4 sortant de ces chambres d'évacuation 101, 102, permettant de contrôler l'arrivée d'eau salée concentrée 13 dans le module à membrane ou l'évacuation de l'eau salée concentrée 14 du dispositif de compensation de la pression 2.

Les pistons 301, 302 sont reliés rigidement entre eux au moyen d'une barre de liaison 30. Des pignons 40, pouvant par exemple être animés au moyen de moteurs électriques adaptés et agissant sur un endentement pratiqué sur la barre 30, peuvent animer ladite barre reliant les pistons 30, et de ce fait les pistons 301, 302, permettant ainsi la compensation des pertes de pression.

Les pistons sont installés de manière à agir en opposition de phase. Si par exemple un piston se trouve dans la position, dans laquelle la chambre d'admission 202 présente son volume maximum, la chambre d'évacuation 102 présentant son volume minimum, l'autre piston relié au premier par la barre 30, se trouvera dans la position dans laquelle la chambre d'admission 201 présente son volume minimum, la chambre d'évacuation 101 présentant son volume maximum (cf. figure 2). Dans cette situation, la chambre d'admission 202 est remplie d'eau, la chambre d'évacuation 101 étant remplie d'eau salée concentrée. Les vannes V1, V3, V4 et V6 représentées sous la forme d'interrupteurs, sont commandées de manière à ce que V3 et V4 ferment, alors que V1 et V6 ouvrent.

En ce sens, l'ouverture d'une vanne signifie l'établissement d'une liaison d'écoulement permettant la circulation, l'ouverture exclusivement mécanique de la vanne permettant d'obtenir ce résultat. De manière analogue, la fermeture d'une vanne signifiera l'interruption d'une liaison d'écoulement afin d'arrêter la circulation, la fermeture exclusivement mécanique de la vanne permettant d'obtenir ce résultat.

L'ouverture de la vanne principale V1 commence par permettre à la pression de l'eau salée concentrée de se détendre dans la chambre d'évacuation 101. D'autre part, l'ouverture de la vanne principale V6 fera monter la pression dans la chambre d'évacuation 102 (par

exemple à 70 bars), l'eau salée concentrée pénétrant dans ladite chambre. Simultanément, la pression exercée sur le piston expulsera l'eau salée se trouvant dans la chambre d'admission 202 dans le module à membrane 3.

Les pistons étant disposés de manière à travailler en opposition de phase, le fait de faire pénétrer l'eau salée concentrée sous pression (par exemple à 70 bars) dans la chambre d'évacuation 102 au moyen de la barre reliant les pistons 30, mettra en mouvement l'autre piston 301, vidant de ce fait la chambre d'évacuation 101 non pressurisée. En même temps, un vide partiel est établi dans la chambre d'admission 201, provoquant l'aspiration d'eau salée et remplissant ladite chambre.

Lorsque la chambre d'évacuation 102 est remplie, les vannes principales sont commandées en conséquence et le procédé se déroulera en sens opposé.

Le module à membrane fonctionnant préférentiellement à une pression d'environ 80 bars afin d'assurer une production d'eau douce suffisante, et la chute de pression en travers de la membrane étant d'environ 10 bars au maximum, la pression d'environ 70 bars de l'eau salée concentrée mentionnée plus haut sera encore disponible pour l'évacuation d'eau salée concentrée 5 du module à membrane.

Afin de soulager les vannes principales des hautes variations de pression se produisant en particulier à l'ouverture et à la fermeture, et qui provoquent une forte usure des dites vannes, il est prévu selon l'invention des vannes V2, V2', V5, V5' latérales ou de dérivation par rapport aux vannes principales V1, V3, V4, V6. Les sections de ces vannes latérales sont nettement inférieures à celles des vannes principales, leur résistance à la pression étant d'autre part largement supérieure. La commande judicieuse des vannes latérales peut nettement diminuer les charges sur les vannes principales, augmentant leur durée de vie proportionnellement.

De plus, il est prévu un réservoir sous pression P raccordé à la sortie d'eau salée concentrée du module à membrane 3, soumis de ce fait à la même pression que l'eau salée concentrée elle-même et atteignant donc environ 70 bars. Ceci est prévu pour compenser les inévitables fluctuations de pression ayant lieu lors de la manœuvre de vannes et dues aux pertes de volume, afin d'assurer une pression de fonctionnement aussi constante que possible dans le module à membrane 3.

De plus, plusieurs limiteurs de débit R1, R2, R3, représentés sous la forme de résistances électriques, sont prévus entre la sortie d'eau salée concentrée du module à membrane 3 et les chambres d'évacuation 101, 102, dont le rôle sera d'éviter une égalisation abrupte de la pression en limitant le débit maximum, assurant ainsi un équilibrage progressif des pressions et donc des changements de pression lents à la place de fluctuations brutales. Ces limiteurs de débit, agissant comme des «résistances de débit», peuvent présenter des dimensions diverses.

Les limiteurs de débit R2, R3 installés entre le nœud K2 et les vannes secondaires V2, V2' ou entre le nœud K3 et les vannes secondaires V5, V5' peuvent permettre un débit supérieur à celui du limiteur de débit R1 installé entre le nœud K1 et le réservoir sous pression P, vu que les limiteurs de débit R2 et R3 seront en mesure d'assurer un équilibrage des pressions à une vitesse admissible à chaque manœuvre des vannes secondaires V2, V2' ou V5, V5'. R1 est, quant à lui, continuellement relié à l'évacuation d'eau salée concentrée du module à membrane 3, permettant un équilibrage de pressions ininterrompu dans le réservoir sous pression P. Le limiteur de débit R1 peut donc présenter une résistance élevée au débit, ne permettant qu'un faible débit. Le découplage entre le circuit d'eau salée concentrée et le module à membrane 3 n'en sera que plus prononcé, de sorte que les répercussions des fluctuations de pression sur le module à membrane 3 seront négligeables. On remarquera en ce sens, qu'une manœuvre des vannes principales V3 et V6 n'a lieu qu'après l'équilibrage des pressions entre le nœud K1 et les nœuds K2, K3 au travers de vannes secondaires V2 et V5. La manœuvre des vannes principales V3 et V6 n'a donc lieu que sans pression, ce qui exclut les fluctuations de pression.

La structure des vannes secondaires V2, V2', V5, V5', qui ne présentent de toutes façons que des faibles sections, assure la limitation du débit maximum possible, de sorte que ces vannes secondaires puissent automatiquement assumer aussi la fonction des limiteurs de débit.

On procédera maintenant à décrire un cycle opératoire d'un dispositif selon l'invention, sur la base des diagrammes synoptiques des figures 2 et 3, ainsi que du diagramme de séquence de la figure 4. Les valeurs indiquées sur le diagramme de la figure 4 indiquent la perte de pression en travers de la vanne correspondante au moment de la manœuvre.

La situation initiale est celle illustrée à la figure 2. Les deux pistons 301, 302 dans les deux dispositifs piston/cylindre viennent d'atteindre la position finale à gauche. Ceci est également indiqué dans le diagramme de séquence de la figure 4 (cf. les deux colonnes de

droite). Les vannes principales V3 et V4 sont encore ouvertes. La chute de pression en travers de ces vannes étant 0, les vannes ferment sans pression (instant  $t_1$ ). Au plus tard à cet instant, les vannes secondaires V2 et V5' doivent fermer également, afin de couper les nœuds K2 et K3 de l'admission ou respectivement de l'évacuation d'eau salée concentrée du module à membrane 3. Toutes les vannes sont fermées à cet instant.

Pour préparer la course des pistons 301, 302 en sens contraire, la vanne secondaire V2' est maintenant ouverte (instant  $t_2$ ) afin d'éliminer l'excédent de pression d'environ 70 bars agissant sur le nœud K2 par rapport à l'écoulement d'eau salée concentrée. Vu que la vanne V2' est une vanne secondaire à faible section, le débit est faible. Une fluctuation de pression brusque est amortie par le limiteur de débit R2 ou encore par la vanne secondaire V2' elle-même.

La vanne principale V5 est ouverte simultanément, afin de pressuriser le nœud K3, qui est sans pression après l'évacuation de l'eau salée concentrée de la chambre d'évacuation 102. Cette pressurisation aura lieu également de manière progressive, le limiteur de débit R3 ayant limité le débit. La pression augmentera donc au nœud K3 jusqu'à la valeur régnant au nœud K1.

Le nœud K1 étant découplé de la vanne principale V5 au moyen d'un limiteur de débit R1 de haute résistance au débit, l'équilibrage aura lieu depuis le réservoir sous pression P, qui est lui-même rempli à l'encontre du nœud K1 par l'intermédiaire du limiteur de débit R1. La fluctuation de pression à la sortie d'eau salée concentrée du module à membrane 3 sera donc essentiellement définie par le dimensionnement dudit limiteur de débit R1, permettant le maintien d'une pression relativement constante au nœud K1.

Une fois la surpression au nœud K2 éliminée par la vanne secondaire V2' et la pression au nœud K3 établie par la vanne secondaire V5, les vannes principales V1 et V6 peuvent être ouvertes sans pression (instant  $t_3$ ), initiant la course en sens opposé des pistons. Ceci est indiqué par les flèches montrant à droite.

Les vannes secondaires V2' et V5 peuvent être fermées à nouveau à l'instant  $t_4$ . Ladite fermeture des vannes secondaires V2' et V5 devra avoir lieu au plus tard à l'instant  $t_5$ , quand les pistons 301, 302 ont atteint leur position finale à droite (cf. figure 3).

La course des pistons depuis la position finale à gauche jusqu'à la position finale à droite, déclenchée par la pression de l'eau salée concentrée pénétrant dans la chambre

d'évacuation 102, aura expulsé l'eau salée de la chambre d'admission 202 avec une pression d'environ 80 bars (70 bars fournis par l'eau salée concentrée entrante et 10 bars provenant de la propulsion) dans le module à membrane 3. Simultanément, l'eau salée concentrée aura été transportée sans pression de la chambre d'évacuation 101 à l'évacuation d'eau salée concentrée, de l'eau salée ayant été introduite dans la chambre d'admission 201. Ainsi, toutes les vannes sont à nouveau fermées à l'instant  $t_5$ , le même procédé ayant lieu en sens inverse, grâce à des commandes judicieuses.

On remarquera ici que la pompe 1 n'est pas essentiellement prévue pour introduire de l'eau salée 10 dans les chambres d'admission 201, 202, mais plutôt pour empêcher les phénomènes de cavitation, c.-à-d. les zones de basse pression dans le courant d'eau salée pénétrant dans les chambres d'admission 201, 202. Ces zones sont instables, dû au flux turbulent, de l'eau environnante étant aspirée par cette basse pression et pénétrant dans ces zones. Dû à ceci, cette eau atteint des vitesses telles, qu'elle est en mesure d'arracher des particules de matériau des parois des conduites et des vannes, causant des dommages pouvant nécessiter le remplacement fréquent de ces composants. Dans le système à deux chambres selon l'invention, la pompe 10 n'aura donc pas une pression de fonctionnement élevée, comme c'est le cas dans les dispositifs connus. Elle travaille plutôt, comme une turbosoufflante dans les moteurs à explosion, à une pression faible, suffisante pour éviter la formation de cavitations lors de l'aspiration d'eau salée.

La situation de départ est maintenant celle montrée à la figure 3. Les pistons 301, 302 des deux cylindres viennent d'atteindre leur position de fin de course à droite. Ceci est également indiqué dans le diagramme de séquence de la figure 4. Les vannes V1 et V6 sont encore ouvertes. Vu que la chute de pression en travers des vannes est nulle, celles-ci ferment sans pression (instant  $t_5$ ). Les vannes secondaires V2' et V5 doivent également fermer, au plus tard à cet instant, afin de séparer le nœuds K2 et K3 d'admission ou d'évacuation d'eau salée concentrée du module à membrane 3. Toutes les vannes sont maintenant fermées.

Afin de préparer la course des pistons 301, 302 en sens contraire, la vanne secondaire V5' est maintenant ouverte (instant  $t_6$ ), afin d'éliminer la pression d'environ 70 bars régnant au nœud K3 par rapport à l'évacuation d'eau salée concentrée. La vanne V5' étant une vanne secondaire à faible section, le débit sera faible. Une fluctuation brusque de pression est réprimée par le limiteur de débit R3.

La vanne secondaire V2 est ouverte simultanément, afin de pressuriser le nœud K2, qui se trouve être sans pression après l'évacuation de l'eau salée concentrée de la chambre

d'évacuation 101. Cette pressurisation se fera également de manière progressive, vu que le limiteur R2 limite le débit. La surpression régnant au nœud K2, qui est la même que celle régnant au nœud K1, sera donc éliminée. Vu que le nœud K1 est découplé de la vanne secondaire V2 au moyen d'un limiteur de débit R1 de haute résistance au débit, l'équilibre se fera à nouveau depuis le réservoir sous pression P, qui sera lui-même rempli au travers du limiteur de débit R1.

Une fois la surpression au nœud K3 éliminée au travers de la vanne secondaire V5' et la surpression au nœud K2 établie au travers de la vanne secondaire V2, les vannes principales V3 et V4 peuvent être ouvertes sans pression (instant t7), la course en sens opposé des pistons commençant. Ceci est indiqué par les flèches montrant à gauche à la figure 4.

Les vannes secondaires V5' et V2 peuvent être refermées à l'instant t8. Cette fermeture des vannes secondaires V5' et V2 doit en tout cas avoir lieu au plus tard à l'instant t1 du cycle suivant, lorsque les pistons 301, 302 auront atteint leur position de course finale à gauche (cf. figure 2).

La course des pistons depuis la position finale à droite à la position de course finale à gauche, due à la pression de l'eau salée concentrée pénétrant dans la chambre d'expulsion 101, aura refoulé l'eau salée de la chambre d'admission 201, sous une pression d'environ 80 bars, dans le module à membrane 3. En même temps, l'eau salée concentrée aura été transportée sans pression de la chambre d'évacuation 102 dans la conduite d'évacuation d'eau salée concentrée, de l'eau salée ayant pénétré dans la chambre d'admission 202.

Ainsi, à l'instant t1 du cycle suivant, toutes les vannes sont à nouveau fermées, le même procédé ayant lieu en sens inverse grâce à des commandes judicieuses. La ligne à points et tirets du diagramme de séquence de la figure 4 indique la fin d'un cycle, et en même temps le début d'un nouveau cycle.

Les indications de pression des différentes vannes montrent que les manœuvres des vannes principales ont toujours lieu sans pression, les vannes secondaires, dimensionnées en conséquence, étant soumises à une pression élevée uniquement à l'ouverture.

Ceci constitue l'avantage décisif de l'invention.



Un joint entre le piston et le cylindre du système piston/cylindre n'est pas indispensable, vu qu'un léger mélange des deux fluides n'a pas d'influence notable sur le rendement du système. Il est néanmoins impératif que les sorties de la barre joignant les pistons soient étanches.

Il peut également être prévu de surveiller continuellement la position instantanée des pistons. Cette surveillance est importante, vu qu'il faut empêcher une collision entre piston et cylindre afin d'éviter des dommages. La position du piston peut être enregistrée soit directement au cylindre ou indirectement, par exemple au moyen de la barre joignant les pistons.

Une pompe permettant de compenser les pertes de pression sera fortement sollicitée, d'une part à la pression élevée, d'autre part par le milieu agressif constitué par l'eau salée, avec ce que cela implique comme risque de défaillance, la présente invention remplace ladite pompe en grande partie ou même entièrement par la propulsion de la barre reliant les pistons, permettant les pertes de pression.

Le réservoir sous pression permet d'amortir les fluctuations de pression au module à membrane. Un amortissement supplémentaire de fluctuations de pression est obtenu par agencement multiple d'un dispositif selon l'invention sur un module à membrane, c.-à-d. un agencement d'au moins deux dispositifs de compensation de la pression présentant chacun une paire de systèmes piston/cylindre sur un module à membrane, en particulier lorsque ceux-ci travaillent en opposition de phase, de manière à ce qu'à un instant  $t$ , seuls les pistons d'un des dispositifs de compensation de la pression se trouvent en position de course finale à gauche ou à droite. Selon la conception, il pourra être prévu soit une propulsion commune pour tous les dispositifs de compensation de la pression, soit une propulsion individuelle pour chaque dispositif de compensation de la pression.

L'invention ne se limite pas à la forme de réalisation illustrée. En particulier, le dispositif de compensation de la pression peut être réalisé de manière différente. Ainsi l'on pourra envisager des dispositifs présentant plusieurs paires de deux dispositifs piston/cylindre et/ou des systèmes piston/cylindre différents ou de structure différente. De même, les valeurs numériques indiquées n'ont qu'un caractère exemplaire illustratif de l'invention, des relations de pression différentes pouvant se donner par exemple en cas de géométrie différente des pistons.

Le procédé et le dispositif selon l'invention permettent d'obtenir un rendement très élevé pour la récupération de l'énergie, d'un ordre de grandeur de 90 % au moins. La pompe de circulation ne doit générer qu'une fraction de la pression de travail de 70 à 80 bars nécessaire à l'osmose de renversement, ce qui implique une réduction substantielle des coûts et un avantage important en ce qui concerne l'entretien. Ceci assurera donc en général une réduction substantielle des coûts de production d'un dispositif de dessalement de l'eau. La géométrie des pistons n'est pas limitée à une possibilité unique. La pression osmotique peut ou même doit être adaptée en fonction de la salinité de l'eau. Dans le cas d'eau saumâtre – celle de plus faible salinité – on pourra choisir une pression plus faible.

Nouvelles revendications

1. Procédé de dessalement de l'eau par osmose de renversement, en particulier pour le dessalement d'eau de mer, consistant à faire pénétrer de l'eau salée (10) sous une première pression ( $p_1$ ) dans un dispositif de compensation de la pression (2), d'où elle sera conduite sous une seconde pression ( $p_2$ ) plus élevée dans un module à membrane (3), de l'eau dessalée (12) et de l'eau salée concentrée (13) sortant du module à membrane (3), l'eau salée concentrée (13) sortant du module à membrane (3) étant reconduite de manière continue sous la seconde pression ( $p_2$ ) dans le dispositif de compensation de la pression (2), où elle est utilisée pour élever la pression de l'eau salée introduite (10) dans le dispositif de compensation de la pression (2) à ladite seconde pression ( $p_2$ ) et à conduire l'eau salée (11) dans le dispositif à membrane (3), l'introduction de l'eau salée concentrée (13) dans le dispositif de compensation de la pression (2) et l'évacuation de l'eau salée concentrée (14) du dispositif de compensation de la pression (2) étant assurés au moyen de vannes principales contrôlées (V1, V3, V4, V6), des vannes secondaires (V2, V2', V5, V5') disposées en parallèle aux vannes principales (V1, V3, V4, V6) étant commandées de manière à atténuer les sollicitations maximum intervenant lors de l'ouverture et/ou de la fermeture des vannes principales (V1, V3, V4, V6), ceci étant obtenu par l'ouverture des vannes secondaires (V2, V2', V5, V5') au moins durant la manœuvre d'ouverture ou de fermeture de la vanne principale correspondante (V1, V3, V4, V6) installée en parallèle, caractérisé en ce que les fluctuations de pression sont amorties au moyen d'un réservoir pressurisé (P) installé à l'entrée du dispositif de compensation de la pression (2) par où est admise l'eau salée concentrée (13) provenant du module à membrane (3).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'eau salée concentrée (13) sortant du module à membrane (3) est conduite dans une chambre d'admission (101, 102) d'un d'au moins deux dispositifs piston/cylindre (401, 402) du dispositif de compensation de la pression (2) sous une seconde pression ( $p_2$ ), où elle agit sur les pistons (301, 302) de manière à ce que l'eau salée (10) introduite dans une chambre d'admission (201, 202) du même système piston/cylindre (401, 402) soit conduite sous la seconde pression ( $p_2$ ) dans le module à membrane (3).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'eau salée concentrée (13) soit alternativement introduite dans la chambre d'évacuation (101, 102) d'un des dispositifs piston/cylindre (401, 402), ce qui

assure la conduction simultanée de l'eau salée (11) des chambres d'admission (201, 202) du même système piston/cylindre (401, 402) dans le module à membrane (3), alors qu'en même temps de l'eau salée (10) est introduite dans la chambre d'admission (201, 202) d'un autre système pistons/cylindre (401, 402) sous la première pression ( $p_1$ ), ce qui fait que l'eau salée concentrée (14) est évacuée à pression réduite de la chambre d'évacuation (101, 102) du même système piston/cylindre (401, 402).

4. Procédé selon la revendication 3,

caractérisé en ce que les systèmes piston/cylindre (401, 402) du dispositif de compensation de la pression (2) sont commandés de manière à ce que de l'eau salée (10) pénètre dans chaque cas simultanément dans la chambre d'admission (201, 202) d'au moins un système piston/cylindre (401, 402), à ce que de l'eau salée concentrée (14) soit évacuée de la chambre d'évacuation (101, 102) du même système piston/cylindre (401, 402), à ce que de l'eau salée concentrée (13) soit introduite dans la chambre d'évacuation (101, 102) d'au moins un autre système pistons/cylindre (401, 402) et à ce que de l'eau salée (11) soit évacuée de la chambre d'admission (201, 202) du même système piston/cylindre (401, 402) vers le module à membrane (3).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que le dispositif de compensation de la pression (2) présente deux systèmes piston/cylindre (401, 402) travaillant en opposition de phase et en ce que les pistons (301, 302) desdits systèmes piston/cylindre (401, 402) sont reliés entre eux par une barre (30).

6. Procédé selon la revendication 5,

caractérisé en ce que la barre reliant les pistons (30) est animée par un système de propulsion.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que la section des vannes secondaires ( $V_2, V_2', V_5, V_5'$ ) est plus petite que celle des vannes principales ( $V_1, V_3, V_4, V_6$ ).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que le débit maximum à travers les vannes secondaires ( $V_2, V_2', V_5, V_5'$ ) est contrôlé au moyen de limiteurs de débit ( $R_1, R_2, R_3$ ) installés dans les conduites menant à ces vannes secondaires.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les vannes secondaires (V2, V2', V5, V5') ne sont ouvertes que durant le procédé d'ouverture ou de fermeture des vannes principales (V1, V3, V4, V6) disposées en parallèle.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la commande des vannes principales et secondaires se fait de manière à ce que la manœuvre des vannes principales ait lieu sans pression.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la position des pistons (301, 302) est déterminée de manière continue.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de compensation de la pression (2) présente plusieurs paires de systèmes piston/cylindre (401, 402) dont les pistons respectifs sont reliés entre eux par une barre (30), les paires travaillant en opposition de phase.

13. Dispositif de réalisation du procédé selon l'une des revendications précédentes, présentant une pompe à circulation (1) permettant d'introduire de l'eau salée (10) dans le dispositif de compensation de la pression (2) ainsi qu'un module à membrane (3) pour séparer de l'eau dessalée (12) et de l'eau salée concentrée (13) de l'eau salée (11) introduite dans le dispositif de compensation de la pression (2), une conduite de raccord (4) disposée dans chaque cas entre le module à membrane (3) et le dispositif de compensation de la pression (2), dans laquelle règne la seconde pression ( $p_2$ ), permettant d'amener l'eau salée concentrée (13) depuis le module à membrane (3) au dispositif de compensation de la pression (2) et permettant d'amener l'eau salée (11) depuis le dispositif de compensation de la pression (2) au module à membrane (3), des vannes principales (V1, V3, V4, V6) contrôlées étant prévues pour amener l'eau salée concentrée (13) dans le dispositif de compensation de la pression (2) et pour évacuer l'eau salée concentrée (14) du dispositif de compensation de la pression (2), des vannes secondaires contrôlées (V2, V2', V5, V5') étant disposées en parallèle aux vannes principales (V1, V3, V4, V6), afin d'atténuer les pointes de charge lors de l'ouverture et/ou de la fermeture des vannes principales (V1, V3, V4, V6), ceci étant obtenu par l'ouverture des vannes secondaires (V2, V2', V5, V5') au moins durant la manœuvre d'ouverture ou de fermeture de la vanne principale correspondante (V1, V3, V4, V6) installée en parallèle,

caractérisé en ce que les fluctuations de pression sont amorties au moyen d'un réservoir pressurisé (P) installé à l'entrée du dispositif de compensation de la pression (2) par où est admise l'eau salée concentrée (13) provenant du module à membrane (3).

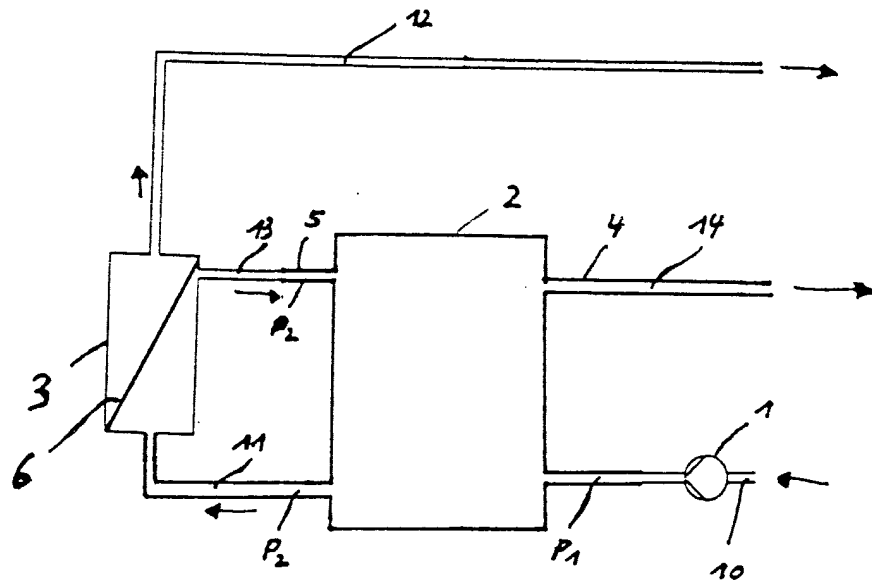


Fig. 1

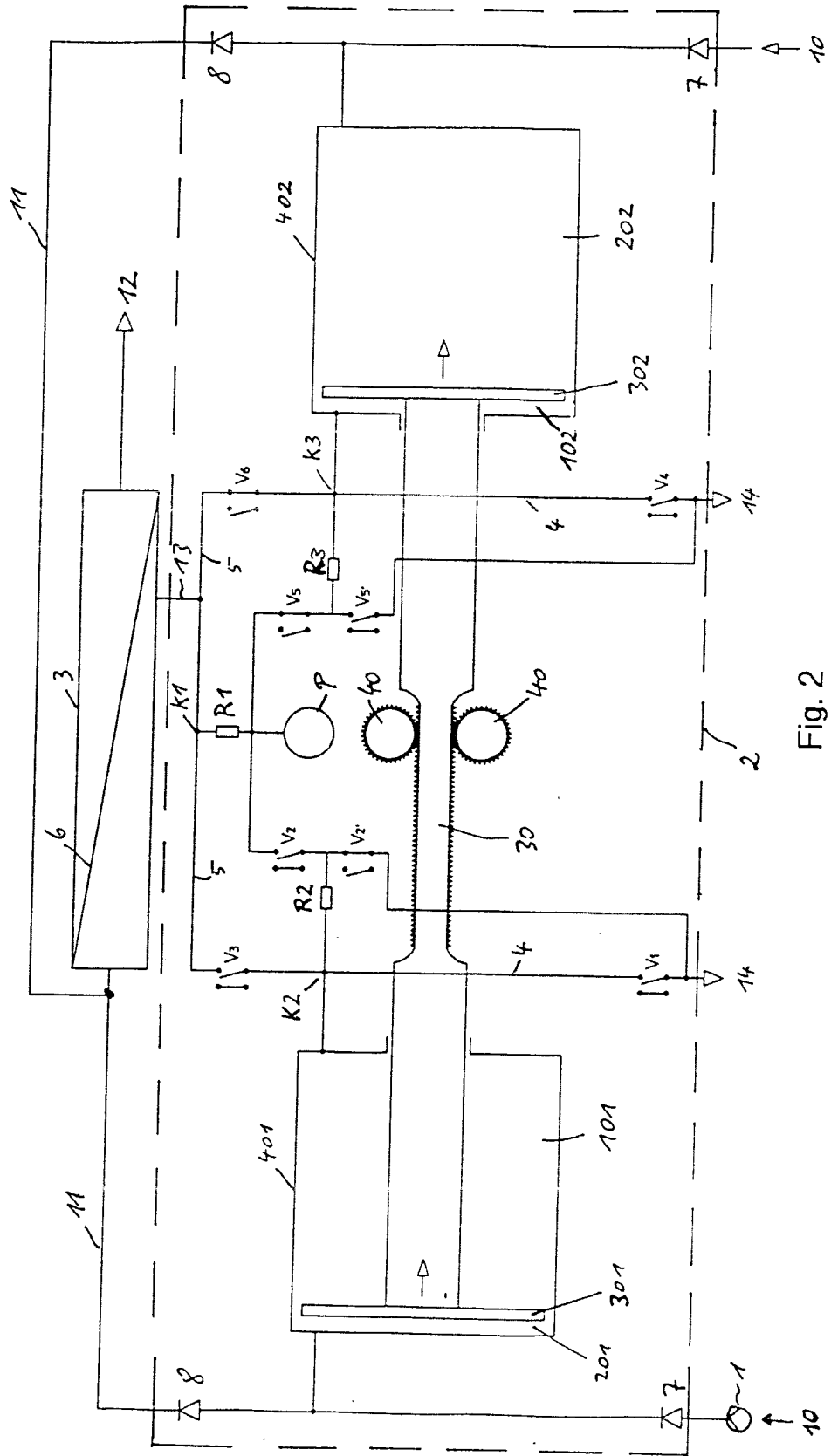


Fig. 2



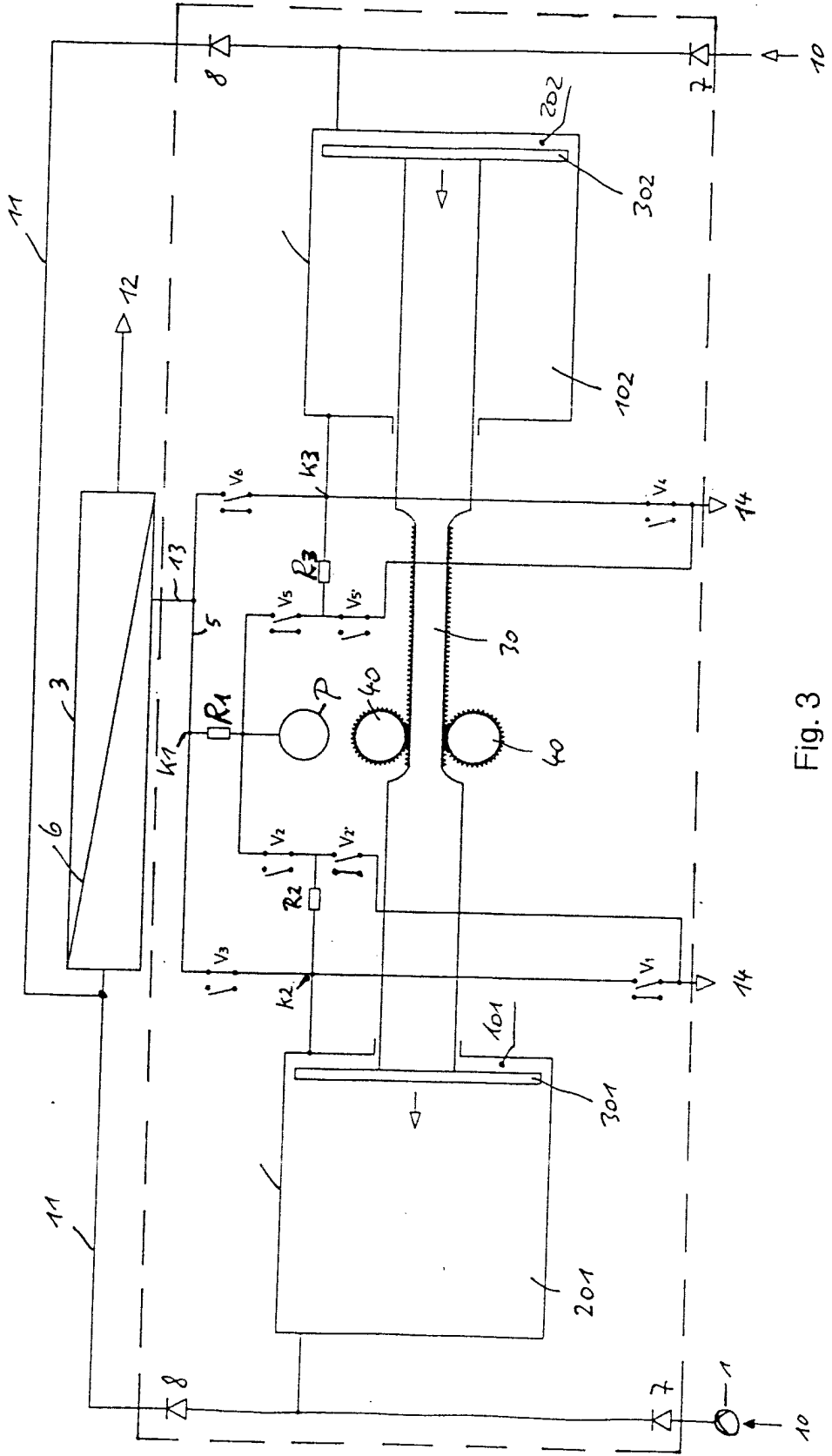


Fig. 3

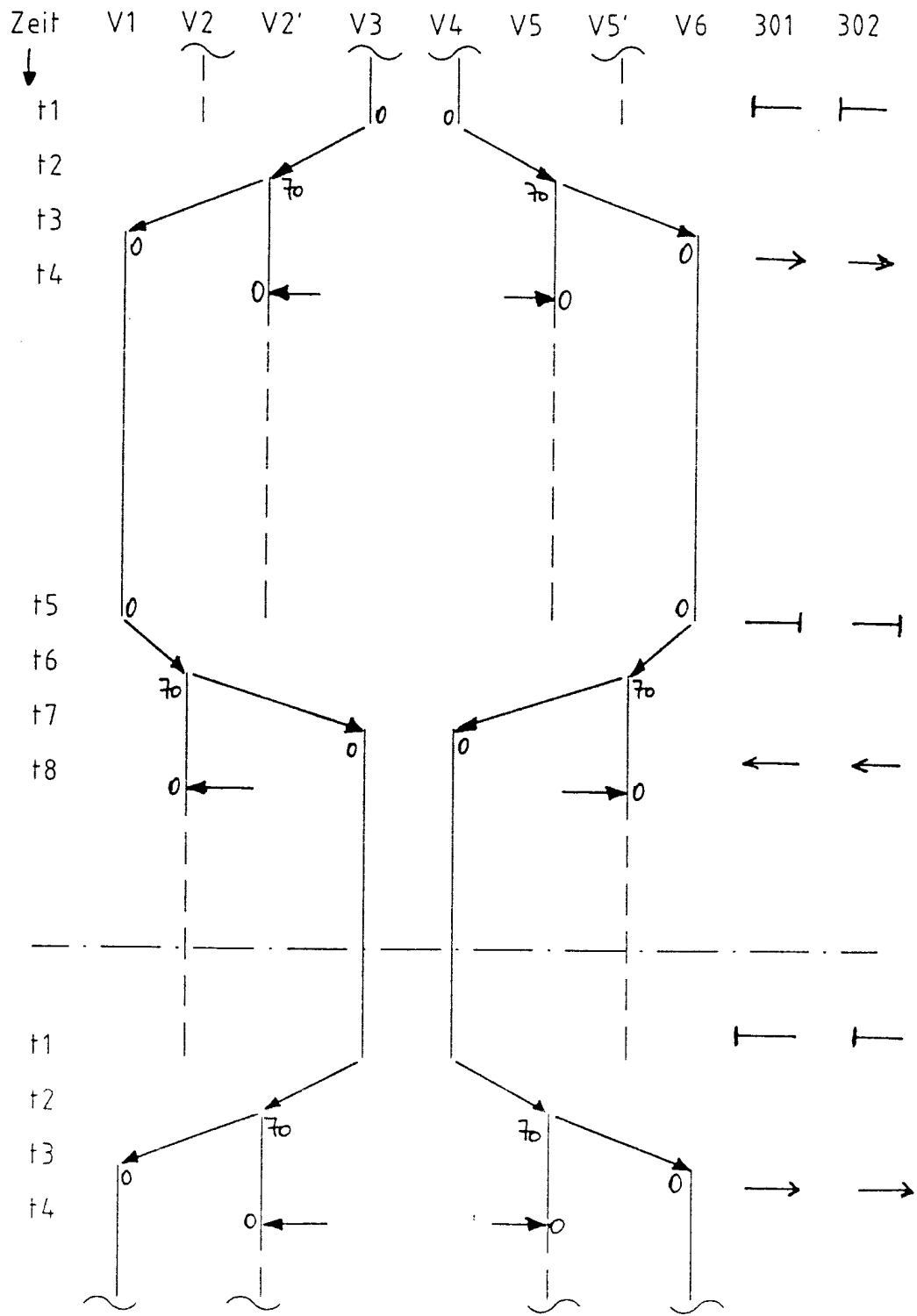


Fig. 4