

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 février 2009 (12.02.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/019342 A2

(51) Classification internationale des brevets :
B01D 61/02 (2006.01) **B01D 63/00** (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01) **C02F 103/08** (2006.01)

Fernand [FR/FR]; 27, rue Emile Barrière, F-31200
Toulouse (FR). **LOPEZ, Alexis** [FR/FR]; 17, avenue
Joseph Le Brix, F-31500 Toulouse (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/000927

(74) Mandataire : **CABINET BARRE LAFORGUE &
ASSOCIÉS**; 95, rue des Amidonniers, F-31000 Toulouse
(FR).

(22) Date de dépôt international : 30 juin 2008 (30.06.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0704797 3 juillet 2007 (03.07.2007) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : **LOPEZ
(Société par Actions Simplifiée)** [FR/FR]; 27, rue Emile
Barrière, F-31200 Toulouse (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **LOPEZ,**

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: AUTONOMOUS DEVICE FOR THE PURIFICATION OF SEA WATER HAVING ALTERNATING SUBMERGED
FILTRATION MODULES HAVING LOW-PRESSURE CHAMBERS CONNECTED TOGETHER

(54) Titre : DISPOSITIF AUTONOME D'ÉPURATION D'EAU DE MER A MODULES DE FILTRATION IMMERGÉS AL-
TERNATIFS À CHAMBRES BASSE PRESSION RELIÉES ENTRE ELLES

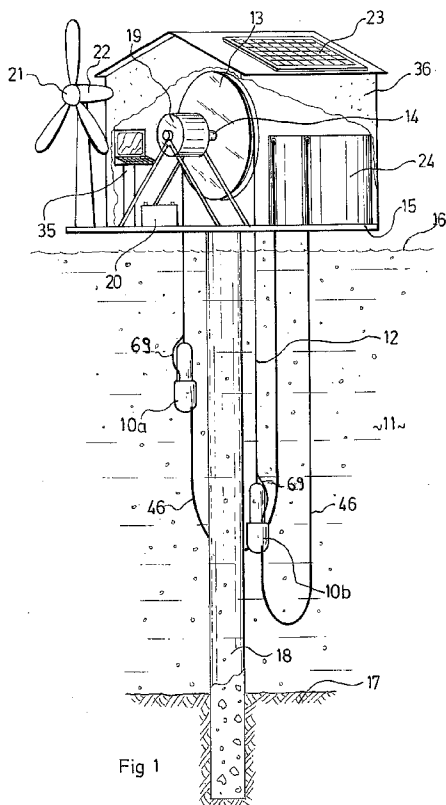


Fig 1

(57) Abstract: The invention relates to a sea water purification device comprising at least one pair of sea water filtration modules (10a, 10b), especially for filtration by reverse osmosis, which are submerged in the marine environment and connected together by a motorized transmission (12, 13, 19) designed to move the filtration modules (10a, 10b) of each pair in reciprocating dipping/raising movements in the marine environment. Each filtration module (10a, 10b) comprises at least one high-pressure chamber associated with at least one low-pressure chamber. The low-pressure chambers of the filtration module (10a, 10b) of a given pair are connected together via at least one duct (69) for balancing the pressures in these low-pressure chambers.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif d'épuration d'eau de mer comprenant au moins une paire de modules de filtration (10a, 10b) d'eau de mer, notamment par osmose inverse, immergés dans le milieu marin et reliés l'un à l'autre par une transmission motorisée (12, 13, 19) adaptée pour déplacer les modules de filtration (10a, 10b) de chaque paire selon des mouvements alternatifs de plongée et de remontée dans le milieu marin. Chaque module de filtration (10a, 10b) comprend au moins une chambre haute pression associée à au moins une chambre basse pression. Les chambres basse pression des modules de filtration (10a, 10b) d'une même paire sont reliées l'une à l'autre par au moins un conduit (69) d'équilibrage des pressions régnant dans ces chambres basse pression.



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

DISPOSITIF AUTONOME D'ÉPURATION D'EAU DE MER À MODULES
DE FILTRATION IMMERGÉS ALTERNATIFS À CHAMBRES BASSE
PRESSION RELIÉES ENTRE ELLES

- 5 L'invention concerne un dispositif d'épuration d'eau de mer comprenant au moins une paire de modules de filtration d'eau de mer, notamment par osmose inverse, immergés dans le milieu marin et reliés l'un à l'autre par une transmission motorisée adaptée pour déplacer les modules de filtration de chaque
- 10 paire selon des mouvements alternatifs de plongée et de remontée dans le milieu marin en opposition de phase, chaque module de filtration comprenant:
- une chambre, dite chambre haute pression, dotée :
 - d'au moins une entrée d'admission sélective (dans certaines phases de fonctionnement) en eau de mer à filtrer à l'intérieur de la chambre haute pression,
 - 15 - d'au moins une membrane semi-perméable de filtration de l'eau de mer par osmose inverse,
 - d'au moins une sortie de recueil de l'eau filtrée produite par chaque membrane contenue dans la chambre haute pression,
 - d'au moins une sortie de l'eau de mer de plus grande salinité,
 - 20 - une face de piston, dite face de pressurisation, agencée pour présenter une aire utile s, et pouvant se déplacer dans la chambre haute pression de façon à déterminer la pression de l'eau de mer à l'entrée de chaque membrane,
 - une face de piston, dite face réceptrice, agencée pour être soumise à la pression hydrostatique du milieu marin avec une aire utile de valeur supérieure à
 - 25 l'aire utile de la face de pressurisation, ladite face réceptrice étant solidaire en translation de ladite face de pressurisation, et associée à une chambre étanche sous atmosphère gazeuse, dite chambre basse pression, de telle sorte que le volume de cette chambre basse pression varie dans le même sens que celui de la chambre haute pression sous l'effet des déplacements de la face de pressurisation.

De nombreux dispositifs ont été proposés pour l'épuration d'eau de mer par osmose inverse permettant de produire de l'eau douce par dessalement d'eau de mer. FR 2503129 décrit le principe d'un dispositif d'épuration d'eau de mer tel que mentionné ci-dessus comprenant des modules de filtration par osmose inverse ainsi dotés d'un système amplificateur de pression hydrostatique. Lorsqu'un module de filtration est descendu à une profondeur suffisante, la face réceptrice soumise à la pression hydrostatique entraîne une diminution du volume de la chambre basse pression et un déplacement de la face de pressurisation dans la chambre haute pression de façon à en diminuer le volume, appliquant ainsi une pression d'entrée élevée permettant le fonctionnement des membranes de filtration par osmose inverse. Un tel dispositif permet d'obtenir une pression suffisante (qui doit être au moins de 50 hPa, idéalement 60 hPa) pour l'alimentation des membranes en eau de mer, pour une profondeur maximale de plongée des modules limitée à une valeur raisonnable, théoriquement de l'ordre de 10 à 30 m.

Néanmoins, pour assurer le fonctionnement correct des modules de filtration, il est nécessaire de prévoir des moyens de rappel, lors de la remontée du module de filtration vers la surface du milieu marin, de la face de pressurisation, de la face réceptrice et de la chambre basse pression en position initiale de volume maximum de la chambre haute pression. Or, ces moyens de rappel, ainsi d'ailleurs que la pression de l'atmosphère gazeuse qui augmente dans la chambre basse pression au fur et à mesure de la diminution du volume de la chambre haute pression, affectent la valeur de la pression appliquée dans la chambre haute pression et limitent donc, pour une profondeur d'immersion maximale donnée, la quantité d'eau filtrée fournie à chaque plongée. Ces moyens de rappel constitués par exemple sous forme d'un ressort de compression, constituent des pièces mécaniques sujettes à l'usure, en particulier à la corrosion, et limitent donc la fiabilité et la durée de fonctionnement d'un tel dispositif.

L'invention vise donc à pallier ces inconvénients en proposant un dispositif d'épuration d'eau de mer perfectionné, notamment utilisant le

phénomène d'osmose inverse, pour le dessalement de l'eau de mer et dont le fonctionnement, la fiabilité et la durée de fonctionnement sont améliorés.

L'invention vise plus particulièrement à proposer un tel dispositif d'épuration d'eau de mer avec lequel la profondeur d'immersion maximale des modules de filtration peut être limitée à une valeur comprise entre 10 m et 30 m, et avec lequel la quantité d'eau filtrée fournie à chaque plongée est optimisée.

L'invention vise plus particulièrement à proposer un tel dispositif exempt de pièce mécanique de rappel ou de tout organe de rappel.

L'invention vise également à proposer un tel dispositif d'épuration d'eau de mer qui soit simple et peu coûteux à la fabrication et à l'entretien.

(Dans tout le texte, le terme « motorisé » fait référence de façon générale à tout dispositif délivrant de l'énergie mécanique).

Pour ce faire, l'invention concerne un dispositif d'épuration d'eau de mer comprenant au moins une paire de modules de filtration d'eau de mer, notamment par osmose inverse, immergés dans le milieu marin et reliés l'un à l'autre par une transmission motorisée adaptée pour déplacer les modules de filtration de chaque paire selon des mouvements alternatifs de plongée et de remontée dans le milieu marin en opposition de phase, chaque module de filtration comprenant :

- au moins une chambre, dite chambre haute pression, dotée :
 - d'au moins une entrée d'admission sélective en eau de mer à filtrer à l'intérieur de la chambre haute pression,
 - d'au moins une membrane semi-perméable de filtration de l'eau de mer par osmose inverse,
 - d'au moins une sortie de recueil de l'eau filtrée produite par chaque membrane contenue dans la chambre haute pression,
 - d'au moins une sortie de l'eau de mer de plus grande salinité,
 - d'au moins une face de piston, dite face de pressurisation, agencée pour présenter une aire utile s, et pouvant se déplacer dans la chambre haute

pression de façon à déterminer la pression de l'eau de mer à l'entrée de chaque membrane,

- pour chaque face de pressurisation, au moins une face de piston, dite face réceptrice, agencée pour être soumise à la pression hydrostatique du milieu marin
- 5 avec une aire utile S totale de valeur supérieure à l'aire utile s de la face de pressurisation, chaque face réceptrice étant solidaire en translation de ladite face de pressurisation, et associée à au moins une chambre étanche sous atmosphère gazeuse, dite chambre basse pression, de telle sorte que le volume de cette chambre basse pression varie dans le même sens que celui de la chambre haute pression sous
- 10 l'effet des déplacements de la face de pressurisation, caractérisé en ce que les chambres basse pression des modules de filtration d'une même paire sont reliées l'une à l'autre par au moins un conduit d'équilibrage des pressions régnant dans ces chambres basse pression. Avantageusement et selon l'invention, chaque conduit d'équilibrage des pressions est adapté pour permettre
- 15 l'équilibrage des pressions entre les chambres basse pression sensiblement sans perte de charge.

Les chambres basse pression des modules en opposition de phase étant reliées, lorsque chaque chambre basse pression d'un module de filtration situé en profondeur diminue de volume (au cours de la production de l'eau filtrée) un

20 débit d'atmosphère gazeuse peut s'établir vers chaque chambre basse pression du module de filtration située au voisinage de la surface du milieu marin, ce qui induit une augmentation du volume de cette chambre basse pression, et donc un rappel du module de filtration en position initiale. En outre, la pression dans chaque chambre basse pression du module de filtration situé en profondeur ne s'oppose pas

25 sensiblement au déplacement de la face de pressurisation dans la chambre haute pression. Le tout est obtenu sans adjonction de pièces mobiles, et permet au contraire de s'affranchir de tout ressort ou autre organe de rappel.

Ainsi, avantageusement, un dispositif selon l'invention est exempt d'organe mécanique de rappel, notamment de ressort.

L'invention peut s'appliquer à tous les modes de réalisation pouvant être envisagés en ce qui concerne les moyens amplificateurs de pression hydrostatique et les moyens de filtration par osmose inverse de chaque module de filtration. Elle s'applique notamment aux modes de réalisation décrits dans FR 2503129. Cela étant, en particulier le nombre et les dispositions relatives des 5 chambres haute pression, basse pression, et des faces de pressurisation et réceptrices peuvent varier.

Avantageusement et selon l'invention, chaque face réceptrice est solidaire en translation d'une face de piston, dite face basse pression, s'étendant 10 dans une chambre basse pression. Plus particulièrement, avantageusement et selon l'invention, la face réceptrice et la face basse pression sont deux faces opposées d'un même piston guidé en translation de façon étanche dans un cylindre de façon à délimiter, avec ce dernier, ladite chambre basse pression, et en ce que chaque conduit d'équilibrage des pressions débouche dans la chambre basse pression de 15 façon à être en communication avec cette chambre basse pression quelle que soit la position du piston dans le cylindre. En outre, avantageusement et selon l'invention, la face de pressurisation solidaire en translation de la face réceptrice présente au moins sensiblement la même orientation que la face basse pression par rapport au piston. En particulier, avantageusement et selon l'invention, au moins une face de 20 pressurisation est reliée à au moins une face basse pression par une tige traversant la chambre basse pression correspondante de façon étanche. Dans ce mode de réalisation avantageux, ladite face de pressurisation, la face réceptrice et la face basse pression sont des faces d'un même piston mobile formé d'une seule pièce ou d'un assemblage de plusieurs pièces solidaires entre elles.

25 Par ailleurs, avantageusement, un dispositif selon l'invention est en outre caractérisé en ce que chaque module de filtration est suspendu dans le milieu marin par au moins un câble de suspension de la transmission motorisée, ce câble de suspension étant accouplé à un piston délimitant une chambre basse pression. Ainsi, lors de la remontée du module de filtration, le poids de ce dernier

tend spontanément à déployer chaque chambre basse pression dans le sens d'une augmentation de son volume, ce qui génère une aspiration dans chaque chambre basse pression de l'autre module de filtration en cours de descente, via le(les) conduit(s) d'équilibrage de pression. Cette aspiration participe à l'entraînement de la face de pressurisation et de la face réceptrice de ce module de filtration en cours de descente.

Par ailleurs, avantageusement, un dispositif selon l'invention est en outre caractérisé en ce que la transmission motorisée comprend au moins une poulie émergée entraînée en rotation autour de laquelle est enroulé au moins un câble de suspension dont une extrémité est reliée à un module de filtration et dont l'autre extrémité est reliée à un autre module de filtration, les deux modules de filtration suspendus aux extrémités de ce câble de suspension formant une paire de modules de filtration se déplaçant en opposition de phase et en ce que chaque conduit d'équilibrage des pressions s'étend le long d'un tel câble de suspension.

Dans une variante avantageuse selon l'invention, chaque conduit d'équilibrage des pressions est adapté pour pouvoir faire office de câble de suspension de la transmission motorisée, notamment de câble de suspension reliant deux modules de filtration d'une même paire entre eux via une poulie de renvoi émergée. Dans une autre variante, un conduit d'équilibrage des pressions totalement immergé peut être prévu pour relier directement les chambres basse pression des deux modules de filtration, indépendamment du mécanisme de suspension et d'entraînement de chaque module de filtration.

Par ailleurs, de préférence, ladite transmission motorisée est adaptée pour permettre des déplacements de chaque module de filtration entre la surface du milieu marin et une profondeur d'immersion maximale comprise entre 10 m et 30 m, par exemple de l'ordre de 20 m. En outre, avantageusement et selon l'invention, le rapport des aires utiles S/s (pour une chambre basse pression comportant 3 pistons) est compris entre 6,6 et 20.

Par ailleurs, avantageusement et selon l'invention, ladite transmission motorisée comprend au moins une source d'énergie renouvelable choisie parmi une éolienne et un panneau de capteurs solaires photovoltaïques. Une éolienne peut être utilisée pour entraîner directement au moins un organe tel qu'une

5 poulie d'un mécanisme d'entraînement et/ou de suspension des deux modules de filtration d'une même paire, avec un mécanisme d'arrêt de déplacement et d'inversion du sens de déplacement de chaque module en fin de course verticale (cf. par exemple FR 2503129). En variante, une éolienne associée à une génératrice de courant et/ou au moins un panneau de capteurs photovoltaïques alimente au moins

10 une batterie d'accumulateurs électriques adaptés pour permettre le fonctionnement d'un moteur électrique d'entraînement d'au moins un organe tel qu'une poulie d'un mécanisme d'entraînement et/ou de suspension de deux modules de filtration du même paire. L'arrêt du déplacement et l'inversion du sens déplacement de chaque module peut alors résulter d'un automatisme électrique changeant le sens de rotation

15 du moteur.

Il est à noter que lorsque les deux modules de filtration d'une même paire sont suspendus à un même câble de suspension, ces deux modules étant identiques et de même poids, l'énergie nécessaire pour entraîner ces deux modules de filtration dans leurs déplacements de plongée et de remontée alternatifs dans le

20 milieu marin en opposition de phase est donc très faible.

Un dispositif selon l'invention peut par exemple se présenter sous forme d'une plate-forme fixe installée en mer, ou sous forme d'une tour ou d'un puits installé sur le rivage pour être rempli d'eau de mer.

L'invention concerne également un dispositif d'épuration d'eau

25 de mer caractérisé en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante qui se réfère aux figures annexées

représentant à titre d'exemples non limitatifs des modes de réalisation de l'invention, et dans lesquelles :

– la figure 1 est un schéma général de principe d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention se présentant sous forme d'une
5 plate-forme maritime,

– la figure 2 est un schéma général de principe d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention se présentant sous forme d'une tour sur le rivage maritime,

– la figure 3a est un schéma en coupe verticale d'un exemple
10 de réalisation d'un module de filtration d'un dispositif selon l'invention, les figures 3b et, respectivement, 3c étant des schémas similaires à la figure 3a représentant ce module en fin de course de plongée en profondeur et, respectivement, de remontée à la surface,

– la figure 4 est un schéma en coupe verticale d'un deuxième
15 exemple de réalisation d'un module de filtration d'un dispositif selon l'invention.

Le dispositif selon l'invention représenté figure 1 comprend une paire de modules de filtration 10a, 10b d'eau de mer, notamment par osmose inverse, immergés dans le milieu marin 11 et reliés l'un à l'autre par un câble 12 de suspension sortant de l'eau pour passer autour d'une poulie 13 émergée montée en
20 rotation autour d'un axe horizontal 14 sur une plate-forme 15 disposée au-dessus de la surface 16 de l'eau. Les deux modules de filtration 10a, 10b d'une même paire sont identiques.

La plate-forme 15 est ancrée de telle sorte qu'elle reste au moins sensiblement immobile, ainsi que les modules de filtration 10a, 10b, par
25 rapport au sol sous-marin 17, et ce par exemple grâce au moins à un poteau 18 plongeant dans le sol 17, ou à tout autre système d'ancrage approprié (par exemple un ensemble de corps-morts reliés à la plate-forme 15 par des câbles ou des chaînes...).

La poulie 13 est accouplée à un moteur électrique 19 qui l'entraîne en rotations alternatives dans un sens, puis dans l'autre, sous contrôle d'un automate 35 avec des phases d'arrêt en fins de course d'une durée prédéterminée pour permettre le déroulement de la filtration par osmose inverse dans le module de
5 filtration 10a, 10b immergé à la profondeur maximum. L'automate 35 comprend une interface homme-machine (écran, clavier...) et est programmable. Il peut être réalisé à partir d'un micro-ordinateur standard.

Les deux modules de filtration 10a, 10b sont reliés l'un à l'autre par le câble 12 de suspension et se déplacent en opposition de phase au cours
10 de la rotation de la poulie 13, l'un des modules de filtration 10a, 10b étant en cours de remontée vers la surface tandis que l'autre module de filtration 10b, 10a de la même paire est en cours de plongée.

Le moteur électrique 19 est alimenté par une source d'énergie électrique, par exemple une batterie d'accumulateurs 20 rechargée par une éolienne
15 21 accouplée à une génératrice 22 et/ou au moins un panneau de capteurs solaires photovoltaïques 23. Le moteur électrique 19 peut incorporer un réducteur ou toute autre transmission mécanique appropriée permettant d'entraîner la poulie 13 à une vitesse suffisante pour que les phases de plongée et de remontée soient aussi rapides
20 que possible, mais pas trop importante pour éviter toute diminution de tension dans le câble 12 (la vitesse d'entraînement du câble 12 de suspension restant inférieure à la vitesse maximum de plongée de chaque module 10a, 10b par gravité).

La plate-forme 15 porte également un réservoir 24 de récupération de l'eau douce produite par chacun des modules 10a, 10b, l'ensemble des différents composants portés par la plate-forme 15, à l'exception de l'éolienne 21
25 et des capteurs solaires 23, peuvent être protégés par un capotage ou un bâtiment 36. En variante, ce réservoir 24 peut être situé sur la terre ferme notamment si la plate-forme 15 est proche de la côte.

La figure 2 représente une variante de réalisation d'un tel dispositif selon l'invention dans laquelle les modules 10a, 10b sont immergés dans

une colonne d'eau de mer 25 située dans une tour 26 disposée à proximité du rivage marin. Le sommet 27 de la tour forme une plate-forme similaire à la plate-forme 15 du premier mode de réalisation et recevant les mêmes éléments 13 à 23 décrits ci-dessus. Dans une autre variante non représentée, la colonne d'eau peut être située
5 dans un puits creusé dans le sol du rivage.

L'intérêt de ces deux variantes par rapport au mode de réalisation de la figure 1 consiste dans le fait que les modules de filtration 10a, 10b ne sont plus soumis au milieu naturel, et en particulier aux courants marins, de sorte que le fonctionnement du dispositif peut être plus stable. L'avantage du premier
10 mode de réalisation de la figure 1 est cependant qu'il présente un coût d'investissement plus faible, et qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des moyens d'aspiration de l'eau de mer à traiter ni des moyens de purge de l'eau de mer concentrée (de plus grande salinité).

En outre, dans la variante de la figure 2, le réservoir de
15 récupération 24 est situé en bas de la colonne d'eau 25, de sorte que la récupération de l'eau douce filtrée s'effectue par gravité. Cela étant, il est à noter que dans le premier mode de réalisation représenté figure 1, les modules de filtration 10a, 10b par osmose inverse fournissent l'eau douce avec une pression largement suffisante pour permettre sa remontée en surface. Ainsi, en variante non représentée, le
20 réservoir de récupération 24 peut être formé d'une colonne s'étendant verticalement parallèlement à la tour 26.

La colonne d'eau 25 est alimentée en eau de mer à partir d'une conduite 28 et d'une pompe 29 pouvant être accouplée au moteur électrique 19. De préférence, dans le mode de réalisation représenté figure 2, la conduite 28 prélève
25 l'eau de mer à partir d'un bassin 30 de stockage intermédiaire d'eau de mer en partie basse de la tour 26, ce bassin 30 étant lui-même alimenté en eau de mer par les marées et/ou par une conduite 31 reliée à une pompe 34. Par ailleurs, une conduite de vidange 32 est avantageusement prévue débouchant au fond de la colonne 25 et dotée d'une vanne 33 de vidange. Cette conduite de vidange 32 débouche dans le

milieu marin. Lorsque la vanne 33 est ouverte, la colonne 25 peut-être vidangée, par exemple à des fins de nettoyage ou afin d'extraire et de renouveler l'eau de mer en fond de colonne 25 dont la salinité tend à augmenter au fur et à mesure de la production d'eau douce.

5 Par ailleurs, en variante non représentée, la pompe 29 d'alimentation de la colonne 25 peut être remplacée par une noria à défilement continu entraînée directement par l'éolienne 21, et la pompe 34 d'alimentation du bassin intermédiaire 30 peut être supprimée si ce bassin intermédiaire 30 est situé en dessous du niveau de la mer et est alimenté par une conduite inclinée. Ce mode de
10 réalisation est particulièrement simple et permet l'exploitation de l'invention avec mise en œuvre de technologies mécaniques rudimentaires, dans les régions les plus reculées de la planète. La réparation d'un tel dispositif est extrêmement facile à réaliser avec des moyens élémentaires.

Les figures 3a, 3b, 3c représentent un exemple de réalisation
15 d'un module de filtration 10a, 10b.

Ce module de filtration se présente globalement sous forme oblongue hydrodynamique facilitant ses déplacements de plongée et de remontée dans l'eau. Il comprend donc un corps 40 allongé globalement cylindrique métallique ou en matière synthétique avec une extrémité inférieure arrondie 41
20 pouvant être lestée de façon à augmenter la tension sur le câble de suspension 12.

En partie basse, au-dessus de l'extrémité inférieure 41, le corps 40 définit une chambre haute pression 42 contenant au moins une membrane 43 de filtration par osmose inverse. Dans l'exemple représenté, la chambre 42 haute pression contient deux membranes 43. Chaque membrane haute pression 43 présente
25 une extrémité inférieure 44 par laquelle s'écoule l'eau douce filtrée par ladite membrane 43, cette extrémité 44 étant reliée à une conduite 45 de sortie traversant le corps 40. La conduite 45 de sortie est reliée à l'extérieur du corps 40 à un tuyau 46 flexible de recueil de l'eau filtrée, ce tuyau 46 étant lui-même relié au réservoir 24 de récupération de l'eau.

La chambre haute pression 42 est surmontée d'un bloc cylindre basse pression 47 comprenant une pluralité de chambres basse pression 48 en série. Le bloc cylindre 47 est formé d'une pluralité de tronçons de cylindre 49 d'axe vertical creux empilés les uns sur les autres axialement et séparés deux à deux par un
5 flasque 50 de séparation. Chaque flasque 50 est formé d'un disque doté d'un double filetage permettant de chaque côté la fixation d'un tronçon de cylindre 49 dont l'extrémité axiale est dotée d'un taraudage correspondant, de façon à permettre l'empilement des tronçons 49 pour former un cylindre d'axe vertical. Chaque tronçon de cylindre 49 contient un piston 51 guidé en translation axiale verticale dans ce
10 tronçon de cylindre 49.

Chaque chambre basse pression 48 est délimitée entre l'un des flasques 50 fixes et le piston 51 guidé en translation axiale verticale dans l'un des tronçons de cylindre 49 de façon étanche.

Chaque piston 51 est en forme générale de disque et présente
15 une première face principale, dite face basse pression 52, délimitant la chambre basse pression 48, et une deuxième face principale opposée, dite face réceptrice 53, formant, avec la portion de tronçon de cylindre 49 s'étendant au-dessus de cette face réceptrice 53 et, le cas échéant, avec le flasque de séparation 50 situé immédiatement au-dessus, une chambre, dite chambre réceptrice 54, soumise à la
20 pression hydrostatique du milieu marin.

Chaque tronçon de cylindre 49 est doté, à son extrémité supérieure, d'orifices 55 traversant la paroi du tronçon de cylindre 49 pour permettre le passage libre de l'eau de mer sensiblement sans perte de charge depuis l'extérieur (milieu marin environnant) dans la chambre réceptrice 54, de telle sorte que cette
25 chambre réceptrice 54 ainsi que la face réceptrice 53 sont soumises à la pression hydrostatique du milieu marin environnant.

Les différents pistons 51 sont reliés solidaires en translation axiale verticale d'une part les uns aux autres par des tiges de liaison 57 et d'autre part à un piston de pressurisation 56 pénétrant dans la chambre haute pression 42.

Chaque tige de liaison 57 relie l'un à l'autre deux pistons 51 adjacents en traversant axialement de façon étanche le flasque 50 qui sépare ces deux pistons 51. Pour ce faire, chaque flasque 50 de séparation est doté d'un alésage axial central traversant. Chaque piston 51 peut-être doté d'un double taraudage, c'est-à-dire d'un taraudage sur chacune de ses faces 52, 53 pour recevoir l'extrémité filetée d'une telle tige 57.

L'étanchéité entre chaque piston 51 et la paroi interne du tronçon de cylindre 49 correspondant est assurée par un joint d'étanchéité 58 disposé dans une gorge périphérique médiane du piston 51. L'étanchéité entre chaque tige 57 de liaison et le flasque 50 qu'elle traverse est également assurée par un joint d'étanchéité 60 disposé dans une gorge médiane débouchant dans l'alésage axial traversant ménagé à travers le flasque 50 pour le passage de cette tige 57 de liaison.

Le premier tronçon de cylindre 49 situé le plus bas s'étend à partir d'un flasque 63 du corps 40 délimitant en partie haute la chambre haute pression 42. La première chambre basse pression 48 qui est la plus basse est donc délimitée entre la portion de la face supérieure 64 de ce flasque 63 s'étendant en regard de l'intérieur du premier tronçon de cylindre 49, et la face basse pression 52 du premier piston 51 qui est le plus bas.

Le piston de pressurisation 56 est formé d'une tige traversant axialement le flasque 63 supérieur de la chambre haute pression 42 de façon étanche via un alésage central ménagé à travers ce flasque 63. Ce piston de pressurisation 56 est relié au dit premier piston 51 du côté de sa face basse pression 52, de façon à être solidaire en translation axiale de ce dernier et des différents pistons 51. Pour ce faire, l'extrémité supérieure du piston de pressurisation 56 est filetée de façon à pouvoir être vissée dans le taraudage de la face basse pression 52, à la façon d'une tige de liaison 57. L'extrémité libre opposée 78 de la tige formant le piston de pressurisation 56 constitue une face de pressurisation 80 se déplaçant dans la chambre haute pression 42. Ainsi, le piston de pressurisation 56 est relié à chaque piston 51 de telle sorte que la face de pressurisation 80 de ce piston de pressurisation 56 soit orientée

du même côté que la face basse pression 52 de chaque piston 51, à savoir horizontalement vers le bas dans l'exemple de réalisation représenté.

Le piston de pressurisation 56 traverse le flasque 63 de façon étanche grâce à un joint d'étanchéité 66 disposé dans une gorge périphérique débouchant dans l'alésage central ménagé à travers ce flasque 63.

Le dernier piston 51 disposé à l'extrémité supérieure du bloc cylindre 47 est suspendu au câble 12 de suspension. Le module de filtration 10a, 10b est donc ainsi suspendu à ce câble 12 de suspension dans le milieu marin, avec l'axe longitudinal de translation du piston de pressurisation 56 qui s'étend verticalement.

Chaque chambre basse pression 48 est remplie d'un mélange gazeux, par exemple de l'air atmosphérique. La paroi de chaque tronçon de cylindre 49 est dotée en partie inférieure, immédiatement au-dessus du flasque 50 de séparation sur lequel ledit tronçon de cylindre 49 est assemblé, d'au moins un orifice traversant 68 communiquant avec un conduit 69 d'équilibrage des pressions s'étendant à l'extérieur du bloc cylindre 47. Cet orifice 68 permet donc la libre circulation dans le conduit 69 d'équilibrage des pressions, du gaz contenu dans la chambre basse pression 48. Tous les orifices 68 communiquant avec les différentes chambres basse pression 48 sont reliés au même conduit 69 d'équilibrage des pressions. Par ailleurs, chaque orifice 68 est disposé dans la chambre basse pression 48 correspondante de façon à être en communication avec cette chambre 48 quelle que soit la position du piston 51 dans le tronçon de cylindre 49. Dans l'exemple représenté, l'orifice 68 est disposé immédiatement au-dessus du flasque de séparation 50, c'est-à-dire à l'extrémité inférieure du tronçon de cylindre 49.

Le conduit 69 d'équilibrage des pressions est un tuyau souple qui peut être passé le long du câble 12 de suspension, et qui relie les deux modules de filtration 10a, 10b, de sorte que les différentes chambres basse pression 48 de ces deux modules de filtration 10a, 10b sont en communication les unes avec les autres, au moins sensiblement à la même pression de gaz régnant à l'intérieur de ces différentes chambres basse pression 48. Le nombre et le diamètre des orifices 68,

ainsi que le diamètre interne du conduit 69 d'équilibrage des pressions sont en effet adaptés pour permettre l'équilibrage des pressions entre les différentes chambres basse pression 48, sensiblement sans perte de charge. Dans les variantes représentées figures 1 et 2, le conduit 69 d'équilibrage des pressions s'étend le long
5 du câble 12 de suspension, et passe avec ce dernier autour de la poulie 13. Pour ce faire, cette poulie 13 comprend une première gorge interne recevant le câble 12, et une deuxième gorge externe de plus grande largeur recevant le conduit 69.

Le diamètre extérieur D1 du corps 40 dans sa partie délimitant la chambre haute pression 42 correspond au diamètre hors tout du module de
10 filtration et est supérieur au diamètre extérieur D2 du bloc cylindre 47 basse pression. De la sorte, le flasque supérieur 63 présente, à l'extérieur du bloc cylindre 47, des entrées 70 d'eau de mer communiquant avec l'intérieur de la chambre haute pression 42. Chaque entrée 70 d'eau de mer permet donc de relier le milieu marin
15 environnant à l'intérieur de la chambre haute pression 42, et est obturée de façon étanche par un clapet supérieur 71. De même, l'extrémité inférieure 41 du corps 40 est dotée de sorties 72 d'eau de mer de plus grande salinité communiquant également avec l'intérieur de la chambre haute pression 42. Chaque sortie 72 d'eau de mer permet donc de relier le milieu marin environnant à l'intérieur de la chambre haute
pression 42, et est obturée de façon étanche par un clapet inférieur 73.

20 Les différents clapets inférieurs 71, 73 sont solidaires les uns des autres et portés par un équipage mobile 74 s'étendant à l'intérieur de la chambre haute pression 42 et présentant un flasque horizontal inférieur 75 et un flasque horizontal supérieur 76, ce dernier présentant un alésage central 77 traversé par le piston de pressurisation 56.

25 L'équipage mobile 74 est adapté pour que l'extrémité libre inférieure 78 du piston de pressurisation 56 vienne au contact du flasque inférieur 75 en fin de course de déplacement vers le bas à l'intérieur de la chambre haute pression 42, de façon à repousser ce flasque 75 vers le bas et à déplacer les différents clapets

71, 73 vers le bas, ce par quoi les entrées 70 d'eau de mer et les sorties 72 d'eau de mer sont ouvertes (figure 3b).

L'équipage mobile 74 est aussi adapté pour qu'un collet 79 solidaire du piston de pressurisation 56 vienne au contact du flasque supérieur 76 en fin de course de déplacement vers le haut à l'intérieur de la chambre haute pression 42, de façon à repousser ce flasque 76 vers le haut et à déplacer les différents clapets 71, 73 vers le haut, ce par quoi les entrées 70 d'eau de mer et les sorties 72 d'eau de mer sont obturées (figure 3c).

En conséquence, le piston de pressurisation 56 commande l'ouverture et la fermeture des entrées 70 et des sorties 72 d'eau de mer.

Les différentes faces réceptrices 53 des différents pistons 51 présentent une aire utile totale S soumise à la pression hydrostatique du milieu marin environnant. Cette aire utile totale S est égale à la somme des aires utiles $S_1, S_2, \dots, S_n$ de chaque face réceptrice 53.

La face de pressurisation 80 du piston de pressurisation 56 a une aire utile s correspondant à l'aire de la section de la tige formant ce piston de pressurisation 56.

L'aire utile S totale des différentes faces réceptrices 53 (c'est-à-dire la somme des aires S_i de chaque face réceptrice 53 recevant la pression hydrostatique du milieu marin environnant) est supérieure à l'aire utile s du piston de pressurisation 56 et le rapport des aires utiles S/s est avantageusement compris entre 6,6 et 20, notamment de l'ordre de 10 et S_i/s est avantageusement compris entre 20 et 60, notamment de l'ordre de 30.

La pression hydrostatique subie par les différentes faces réceptrices 53 est transmise, avec un rapport d'amplification correspondant au rapport des aires utiles S/s , à la chambre haute pression 42. Lorsque le module de filtration 10a, 10b est en plongée et descend dans le milieu marin, la pression hydrostatique augmente, ainsi que la pression dans la chambre haute pression 42.

Lorsque le module de filtration 10a, 10b est immergé à une profondeur suffisante, le piston de pressurisation 56 imprime donc dans la chambre haute pression 42 une pression de valeur suffisante (typiquement supérieure ou égale à 60 hPa) pour permettre la filtration par osmose inverse par les membranes 43. Le volume de chaque chambre basse pression 48 varie dans le même sens que celui de la chambre haute pression 42 sous l'effet des déplacements du piston de pressurisation 56. Ainsi, lorsque le piston de pressurisation 56 d'un module de filtration 10a, 10b immergé à la profondeur maximum se déplace vers le bas en pénétrant dans la chambre haute pression 42, le volume des différentes chambres basse pression 48 diminue. Ce faisant, le conduit 69 d'équilibrage des pressions transmet une augmentation de pression correspondante aux chambres basse pression 48 de l'autre module de filtration 10b, 10a qui se trouve alors près de la surface (en fin de course de remontée). De la sorte, les chambres basse pression 48 de cet autre module de filtration 10b, 10a augmentent de volume, sous l'effet de cette pressurisation via le conduit 69 d'équilibrage des pressions, ce qui rappelle automatiquement le piston de pressurisation 56 en position haute.

La figure 3a représente le module de filtration 10a, 10b alors qu'il est à la profondeur maximum de plongée, au cours du déplacement du piston de pressurisation 56 vers le bas, de l'eau douce filtrée étant produite à la sortie des membranes 43.

La figure 3b représente le module de filtration 10a, 10b en début de remontée. Dans cette position, le piston de pressurisation 56 a atteint la fin de sa course de déplacement vers le bas à l'intérieur de la chambre haute pression 42, jusqu'à venir au contact du flasque inférieur 75 en déplaçant l'équipage mobile 74 vers le bas pour ouvrir les entrées 70 et les sorties 72. De la sorte, au cours de la remontée, l'eau de mer traverse la chambre haute pression 42 tout en balayant les membranes 43. Cet effet de balayage est propice au fonctionnement des membranes par osmose inverse 43. Par ailleurs, au cours de cette remontée, le module de filtration 10a, 10b étant suspendu par le dernier piston 51, l'ensemble du poids du

module de filtration 10a, 10b tend à provoquer l'augmentation de volume des chambres basse pression 48. En outre, comme indiqué ci-dessus, cette augmentation de volume est également provoquée par l'augmentation de pression dans les chambres basse pression 48 résultant de la plongée du module de filtration 10b, 10a
5 complémentaire de la même paire relié à l'autre extrémité du câble 12 et à l'autre extrémité du conduit 69 d'équilibrage des pressions.

La figure 3c représente le module de filtration 10a, 10b à la fin de la remontée (au voisinage de la surface du milieu marin), le piston de pressurisation 56 étant en fin de course de déplacement vers le haut et ayant
10 repoussé le flasque supérieur 76 et donc l'équipage mobile 74 vers le haut jusqu'à ce que les clapets 71, 73 obturent les entrées 70 et, respectivement, les sorties 72 d'eau de mer. Les chambres basse pression 48 présentent leur volume maximum. La chambre haute pression 42 est remplie d'eau de mer prête à être filtrée par les membranes 43. Le module de filtration 10a, 10b est donc prêt à effectuer une
15 nouvelle plongée.

La figure 4 représente une variante de réalisation d'un module de filtration 10a, 10b dans laquelle le conduit 69 d'équilibrage des pressions fait office de câble de suspension de chaque module de filtration 10a, 10b. En outre, ce conduit 69 est directement relié au premier piston 51 par un raccord étanche 85.
20 Chacune des tiges de liaison 57 est formée d'un tube creux, et chaque piston 51 est doté d'un passage traversant 86 central, de sorte que la pression d'air peut circuler depuis le raccord 85 à travers les différentes tiges de liaison 57 et à travers les différents pistons 51. Chaque tige de liaison 57 présente par ailleurs au moins un orifice 87 débouchant en partie supérieure de cette tige de liaison 57 dans la
25 chambre basse pression 48. Le piston de pressurisation 56 est également creux et en communication avec les passages ménagés dans les pistons 51 et dans les tiges de liaison 57. Également, un orifice 88 débouche en partie supérieure du piston de pressurisation 56 dans la première chambre basse pression 48 disposée immédiatement au-dessus du flasque 63 et de la chambre haute pression 42. De la

sorte, la communication entre les différentes chambres basses pression 48 est établie via les différents orifices 87, 88, le piston de pressurisation creux 56, les différentes tiges de liaison 57 creuses et les passages axiaux 86 des pistons 51, jusqu'au conduit 69 d'équilibrage de pression. Ce mode de réalisation est plus compact, et par ailleurs
5 permet de minimiser les risques de fuite par les portions du conduit 69 s'étendant, dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessus, le long et à l'extérieur du bloc cylindre 47.

Il est à noter que dans le mode de réalisation représenté figure 4, le piston de pressurisation 56 est creux sur toute sa longueur, c'est-à-dire est
10 formé d'un tube creux, refermé à son extrémité inférieure 78 par un bouchon 89 étanche soudé formant la face 80 de pressurisation. En variante non représentée, il est possible d'utiliser un cylindre plein formant le piston de pressurisation 56, seul un passage de communication d'air en partie supérieure étant prévu pour relier le conduit d'équilibrage de pression 69 à l'intérieur de la chambre basse pression 48 via
15 l'orifice 88 et le passage central du piston 51 auquel le piston 56 de pressurisation est relié.

Par ailleurs, cette deuxième variante de réalisation diffère de la première par le fait que la longueur du piston 56 de pressurisation est limitée à celle strictement nécessaire, correspondant à la course des pistons 51 du bloc cylindre
20 basse pression 47. Ainsi, le collet 79 est formé à l'extrémité 78 du piston 56 par le bouchon 89.

Pour une profondeur maximum de plongée donnée, le bloc cylindre 47 basse pression comprenant une pluralité de pistons 51 et une pluralité de chambres basse pression 48 permet d'augmenter d'autant le débit d'eau filtrée produit
25 à chaque étape de filtration (c'est-à-dire à chaque plongée) pour une course prédéterminée du piston de pressurisation 56 dans la chambre haute pression 42. En effet, l'aire utile s du piston de pressurisation 56 peut-être augmentée proportionnellement à l'augmentation de l'aire utile totale S recevant la pression hydrostatique ainsi obtenue tout en conservant le même rapport d'amplification de

pression. Ainsi, dans un dispositif selon l'invention, la quantité d'eau filtrée fournie à chaque plongée est optimisée.

Ou bien, pour une aire utile S et une course en translation donnée du piston de pressurisation 56, la multiplication des pistons 51 et des
5 chambres basse pression 48 permet de diminuer d'autant la profondeur maximum de plongée à laquelle les modules de filtration 10a, 10b doivent être placés pour réaliser la filtration par osmose inverse. En pratique, cette profondeur d'immersion maximale est avantageusement comprise entre 10 m et 30 m, et par exemple est de l'ordre de 20 m. Il est à noter que cette profondeur est déterminée, en fonction du
10 rapport d'amplification de pression produit par le rapport des aires S/s , par rapport à la face réceptrice 53 médiane, ou à la zone située à mi-hauteur du bloc basse pression 47.

Par ailleurs, il est à noter que cette amélioration de la production d'eau douce est obtenue sans modification de la section hors-tout du
15 module de filtration 10a, 10b, c'est-à-dire sans modification de ses caractéristiques hydrodynamiques. Au contraire, l'encombrement transversal hors tout du module de filtration est réduit. En particulier, il est à noter que chaque face réceptrice 53 présente un diamètre inférieur au diamètre de la chambre haute pression 42.

En pratique, en variante non représentée, l'encombrement
20 transversal hors tout du module de filtration 10a, 10b peut être limité à celui qui est juste nécessaire pour contenir une membrane de filtration par osmose inverse 43 et les différents clapets 71, 73 et l'équipage mobile 74 de commande de ces clapets. En effet, cette membrane 43 peut être disposée à l'extrémité inférieure du corps 40, et le piston 56 peut se déplacer dans une portion d'extrémité axiale supérieure de la
25 chambre haute pression. Les membranes 43 peuvent être alors remplacées par une seule membrane équivalente, de grand diamètre, occupant la portion d'extrémité axiale inférieure de la chambre haute pression. En outre, dans cette variante non représentée, l'aire S du piston de pressurisation 56 peut-être maximum, et occuper quasiment toute la section transversale de la chambre haute pression 42.

Le nombre des faces réceptrices 53, des chambres basses pression 48 et des tronçons de cylindres 49 empilés les uns sur les autres, est déterminé en fonction de la valeur de l'aire S que l'on souhaite obtenir. Ce nombre peut être compris entre 2 et 60, typiquement entre 3 et 30. Par exemple, si on choisit
5 de réaliser le module de filtration 10a, 10b sensiblement sous forme d'un tube de section droite transversale minimum pour contenir une membrane de filtration 43 avec un piston 56 de diamètre maximum et des faces réceptrices 53 dont le diamètre correspond également sensiblement à celui du piston 56 $S_i/s = 1$, et pour obtenir un rapport S/s de l'ordre de $S_i/s = 1$, il faut empiler trente faces réceptrices 53 (pour
10 une profondeur de 20 m).

Le module de filtration 10a, 10b peut être intégré dans un carter en forme générale oblongue hydrodynamique. Par exemple, en variante non représentée, un filtre peut être prévu autour du bloc cylindre basse pression, dans le prolongement du carter délimitant la chambre haute pression. En outre, chaque
15 module de filtration peut être également guidé dans ses déplacements de plongée et de remontée, par un ou plusieurs rails verticaux s'étendant dans le milieu marin. A l'intérieur de ces rails peuvent être disposées des couronnes de peignes-brosses empilées à une certaine distance entre elles, et destinées à débarrasser le filtre des éléments (pouvant devenir colmatants par accumulation) tout au long des plongées
20 et des remontées de façon à former un système autonettoyant. Rien n'empêche de prévoir par ailleurs un mécanisme (non représenté) permettant de verrouiller le déplacement de chaque piston de pressurisation 56 tant qu'une pression hydrostatique minimum n'est pas atteinte. Ce mécanisme peut être du type à commande hydrostatique. En variante, il peut être commandé par l'automate 35
25 contrôlant le fonctionnement du dispositif. Néanmoins, l'invention permet précisément de s'affranchir d'un tel mécanisme compte tenu du fait que les modules de filtration 10a, 10b présentent des formes hydrodynamiques particulièrement efficaces, augmentant leur vitesse de déplacement dans le milieu marin, et donc diminuant d'autant la durée des phases de plongée et de remontée.

En variante également non représentée, un dispositif de contrôle de la pression régnant dans les chambres basse pression 48 peut être prévu, avec éventuellement des moyens permettant la réintroduction de gaz dans les chambres basse pression 48 depuis la surface. Par exemple le conduit 69 d'équilibrage des pressions peut être relié à un conduit débouchant en surface doté d'une vanne pouvant être ouverte pour injecter de l'air sous pression dans ce conduit 69, au moins une chambre basse pression 48, et de préférence chacune de ces chambres basse pression 48, étant dotée d'une soupape tarée permettant, lors de l'injection d'air sous pression dans cette chambre basse pression 48, la vidange de l'eau éventuellement infiltrée dans la chambre basse pression 48.

Le dispositif selon l'invention peut faire l'objet de nombreuses autres variantes de réalisation par rapport aux modes de réalisation représentés sur les figures et décrits ci-dessus.

En particulier, le dispositif selon l'invention peut comprendre plusieurs paires de modules de filtration 10a, 10b, reliées ensemble ou indépendamment les uns des autres. Également, l'invention s'applique à tous les modes de réalisation prévus dans FR 2503129. Chaque module de filtration 10a, 10b peut comprendre plusieurs chambres haute pression, et plusieurs pistons de pressurisation peuvent être prévus pour chaque chambre haute pression. Une même chambre basse pression peut recevoir plusieurs pistons basse pression, c'est-à-dire être associée à plusieurs faces réceptrices, dès lors que ces dernières se déplacent dans le même sens de variation du volume de ladite chambre basse pression. À l'inverse, au moins une face réceptrice peut être associée à plusieurs chambres basse pression. En outre, chaque chambre haute pression peut être associée à plusieurs blocs cylindre basse pression 47.

De même, l'orientation des différents pistons 51, 56 peut-être différente. Par exemple les différents pistons basse pression ne sont pas nécessairement parallèles à l'axe longitudinal de la face de pressurisation. Rien n'empêche par exemple de prévoir des pistons basse pression mobiles radialement.

Mais, dans ce dernier cas, il convient de prévoir une transmission mécanique à renvoi d'angle pour entraîner la face de pressurisation à partir du déplacement de chaque piston. Le nombre de faces réceptrices, le nombre de chambres basse pression, le nombre de bloc(s) cylindre(s) basse pression, le nombre de faces de pressurisation et le nombre de chambre(s) haute pression de chaque module de filtration peuvent varier.

La transmission motorisée formée par le câble 12 de suspension, la poulie 13 et le moteur 19 peut être remplacée par toute autre forme de transmission motorisée permettant d'entraîner les modules de filtration 10a, 10b par paire en opposition de phase.

En particulier, dans une variante avantageuse, la motorisation n'est formée que d'une éolienne faisant office de moteur à source d'énergie renouvelable. Le dispositif est alors un dispositif de dessalinisation totalement autonome dans son fonctionnement, exempt de moyens risquant de limiter sa durée de vie (moteur électrique, pompe, électrovanne, électronique...) et présentant donc une fiabilité et une durée de vie importante.

Rien n'empêche par ailleurs de disposer une chambre haute pression au-dessus d'un bloc cylindre basse pression, ou même interposée entre deux blocs cylindres basse pression. Le câble 12 de suspension peut être fixé non pas à l'un des pistons 51, mais directement sur le corps 40 du module de filtration 10a, 10b. Également, le conduit 69 d'équilibrage des pressions peut-être formé d'un tuyau spécifique s'étendant intégralement sous l'eau en reliant les chambres basse pression. L'automate 35 peut être remplacé par un mécanisme d'inversion automatique des mouvements, avec un dispositif mécanique de commande des phases d'arrêt des modules de filtration 10a, 10b à partir d'une transmission du déplacement des pistons et/ou des clapets au mécanisme d'inversion situé en surface.

Bien sûr, l'invention s'applique également à un module de filtration comprenant une seule chambre basse pression 48, comme par exemple décrit par FR 2503129.

REVENDICATIONS

- 1/ - Dispositif d'épuration d'eau de mer comprenant au moins une paire de modules de filtration (10a, 10b) d'eau de mer immergés dans le milieu marin et reliés l'un à l'autre par une transmission motorisée (12, 13, 19) adaptée pour déplacer les modules de filtration (10a, 10b) de chaque paire selon des mouvements alternatifs de plongée et de remontée dans le milieu marin en opposition de phase, chaque module de filtration comprenant :
- au moins une chambre, dite chambre haute pression (42), dotée :
 - d'au moins une entrée (70) d'admission sélective en eau de mer à filtrer à l'intérieur de la chambre haute pression (42),
 - d'au moins une membrane (43) semi-perméable de filtration de l'eau de mer par osmose inverse,
 - d'au moins une sortie (45) de recueil de l'eau filtrée produite par chaque membrane (43) contenue dans la chambre haute pression (42),
 - d'au moins une sortie (72) d'évacuation de l'eau de mer saturée en salinité,
 - d'au moins une face de piston, dite face de pressurisation (80), agencée pour présenter une aire utile S , et pouvant se déplacer dans la chambre haute pression (42) de façon à déterminer la pression de l'eau de mer à l'entrée de chaque membrane (43),
 - pour chaque face de pressurisation (80), au moins une face de piston, dite face réceptrice (53), agencée pour être soumise à la pression hydrostatique du milieu marin avec une aire utile S totale de valeur supérieure à l'aire utile s de la face de pressurisation (80), chaque face réceptrice (53) étant solidaire en translation de ladite face de pressurisation (80), et associée à au moins une chambre étanche sous atmosphère gazeuse, dite chambre basse pression (48), de telle sorte que le volume de cette chambre basse pression (48) varie dans le même sens que celui de la chambre haute pression (42) sous l'effet des déplacements de la face de pressurisation (80),

caractérisé en ce que les chambres basse pression (48) des modules de filtration (10a, 10b) d'une même paire sont reliées l'une à l'autre par au moins un conduit (69) d'équilibrage des pressions régnant dans ces chambres basse pression (48).

2/ - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque conduit (69) d'équilibrage des pressions est adapté pour permettre l'équilibrage des pressions entre les chambres basse pression (48) sensiblement sans perte de charge.

3/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque face réceptrice (53) est solidaire en translation d'une face de piston, dite face basse pression (52), s'étendant dans une chambre basse pression (48).

4/ - Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la face réceptrice (53) et la face basse pression (52) sont deux faces opposées d'un même piston (51) guidé en translation de façon étanche dans un cylindre (49) de façon à délimiter, avec ce dernier, ladite chambre basse pression (48), et en ce que chaque conduit (69) d'équilibrage des pressions débouche dans la chambre basse pression (48) de façon à être en communication avec cette chambre basse pression (48) quelle que soit la position (51) du piston dans le cylindre (49).

5/ - Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la face de pressurisation (80) solidaire en translation de la face réceptrice (53) présente au moins sensiblement la même orientation que la face basse pression (52) par rapport au piston (51).

6/ - Dispositif selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que chaque module de filtration (10a, 10b) est suspendu dans le milieu marin par au moins un câble (12) de suspension de la transmission motorisée, ce câble (12) de suspension étant accouplé à un piston (51) délimitant une chambre basse pression (48).

7/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la transmission motorisée (12, 13, 19) comprend au moins une

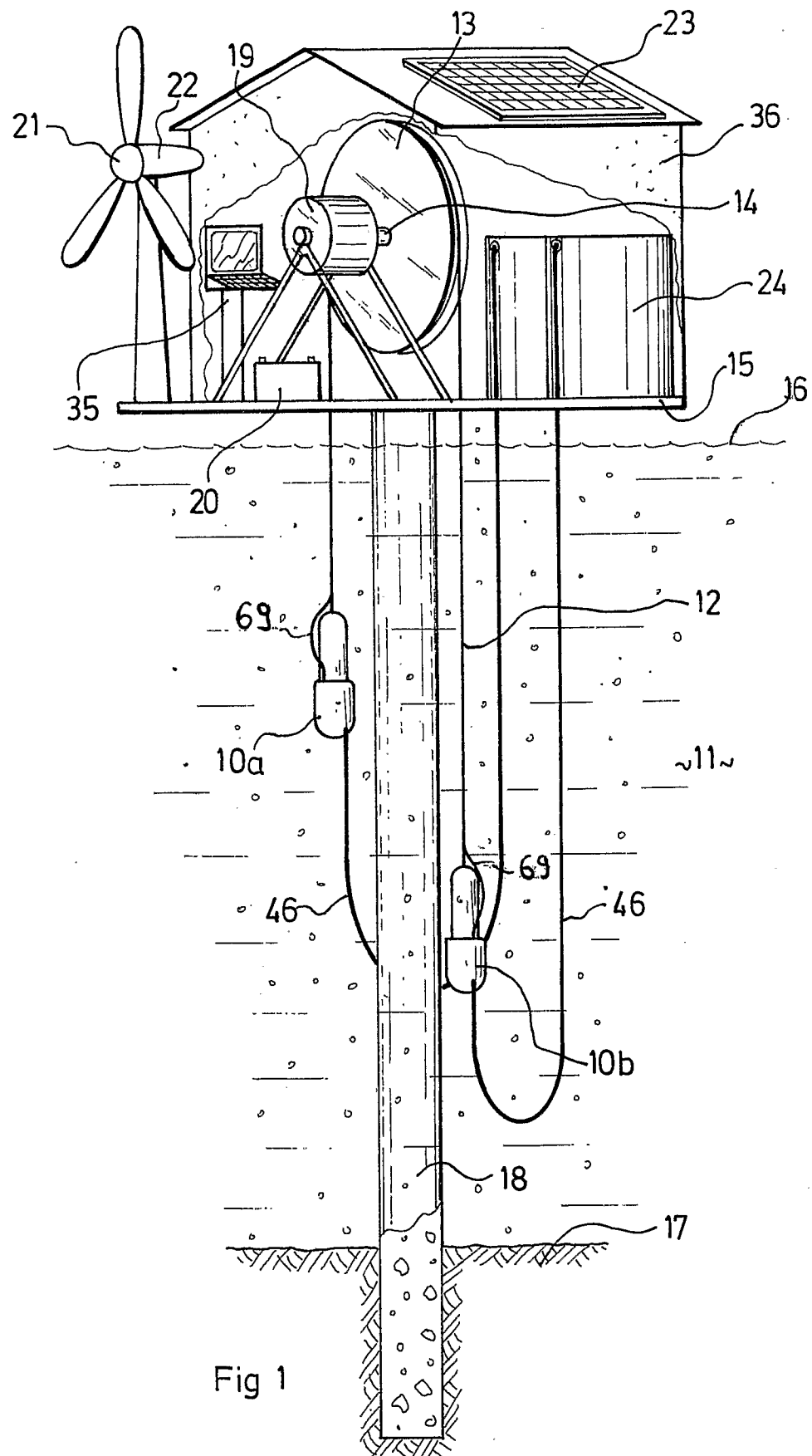
poulie (13) émergée entraînée en rotation autour de laquelle est enroulé au moins un câble (12) de suspension dont une extrémité est reliée à un module de filtration (10a, 10b) et dont l'autre extrémité est reliée à un autre module de filtration (10a, 10b), les deux modules de filtration (10a, 10b) suspendus aux extrémités de ce câble (12) de suspension formant une paire de modules de filtration (10a, 10b) se déplaçant en opposition de phase et en ce que chaque conduit (69) d'équilibrage des pressions s'étend le long d'un tel câble (12) de suspension.

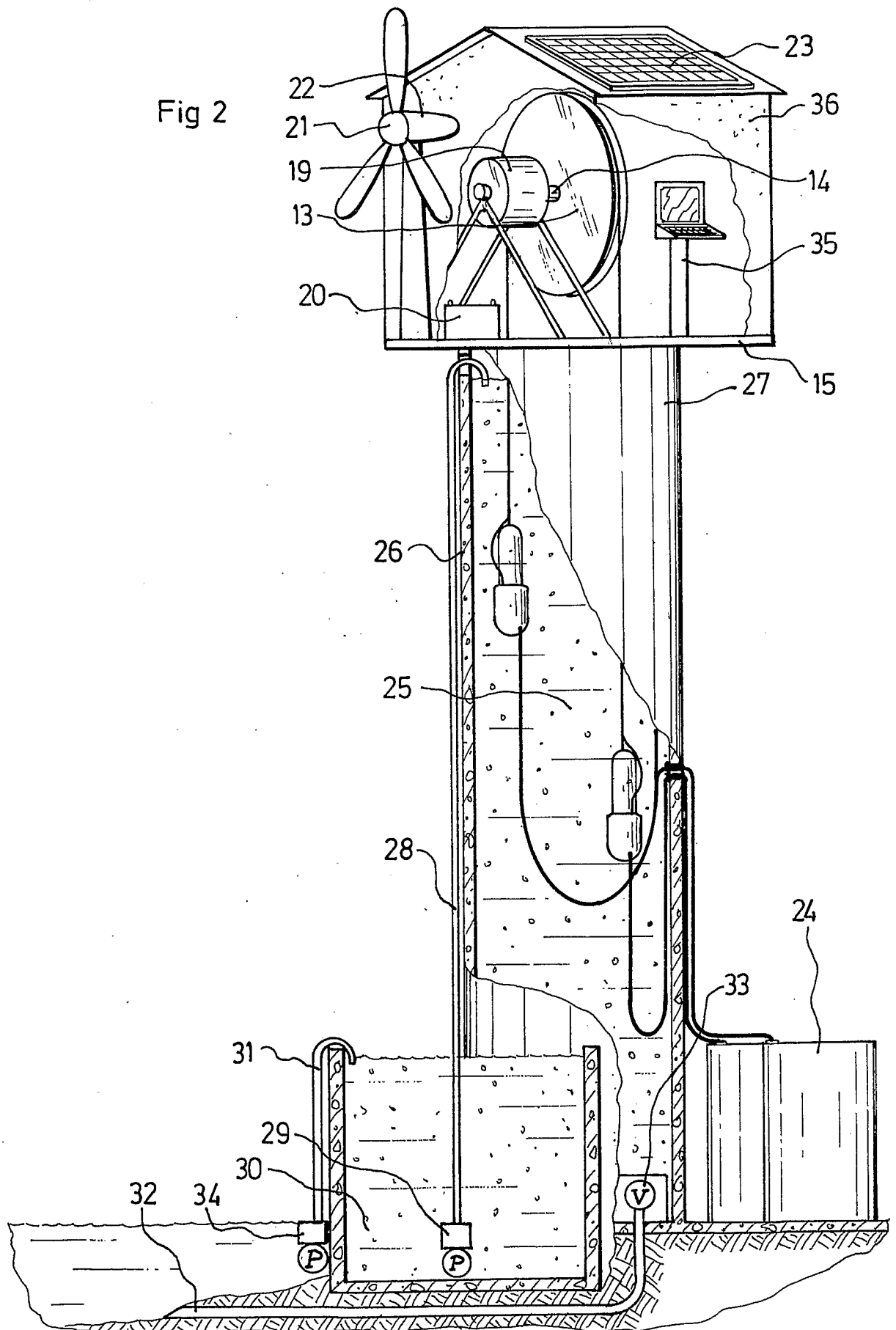
8/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que chaque conduit (69) d'équilibrage des pressions est adapté pour pouvoir faire office de câble (12) de suspension de la transmission motorisée (12, 13, 19).

9/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite transmission motorisée (12, 13, 19) est adaptée pour permettre des déplacements de chaque module de filtration (10a, 10b) entre la surface du milieu marin et une profondeur d'immersion maximale comprise entre 10 m et 30 m.

10/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le rapport des aires utiles S/s est compris entre 6,6 et 20.

11/ - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ladite transmission motorisée (12, 13, 19) comprend au moins une source d'énergie renouvelable choisie parmi une éolienne (21) et un panneau de capteurs solaires photovoltaïques (23).





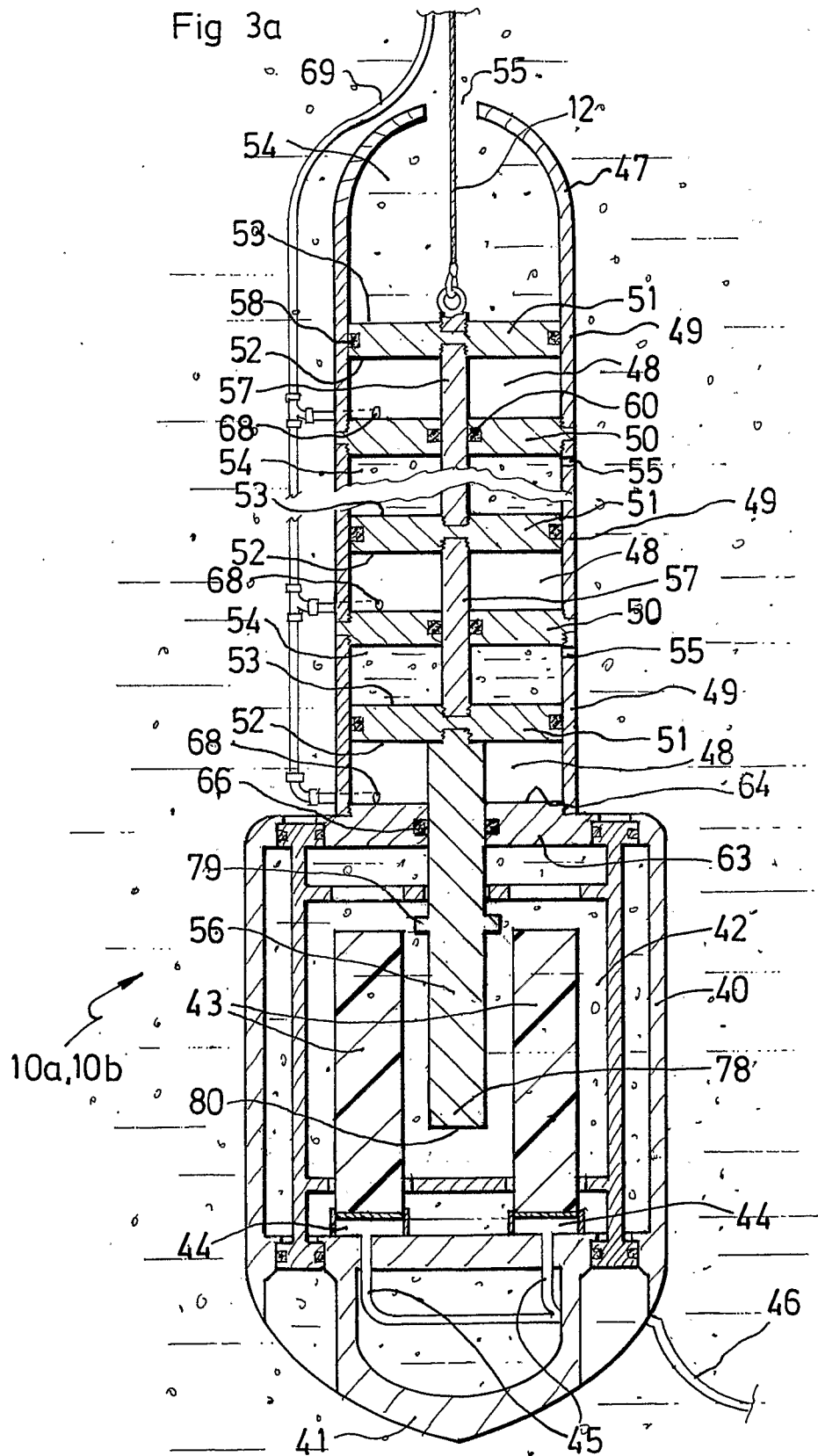
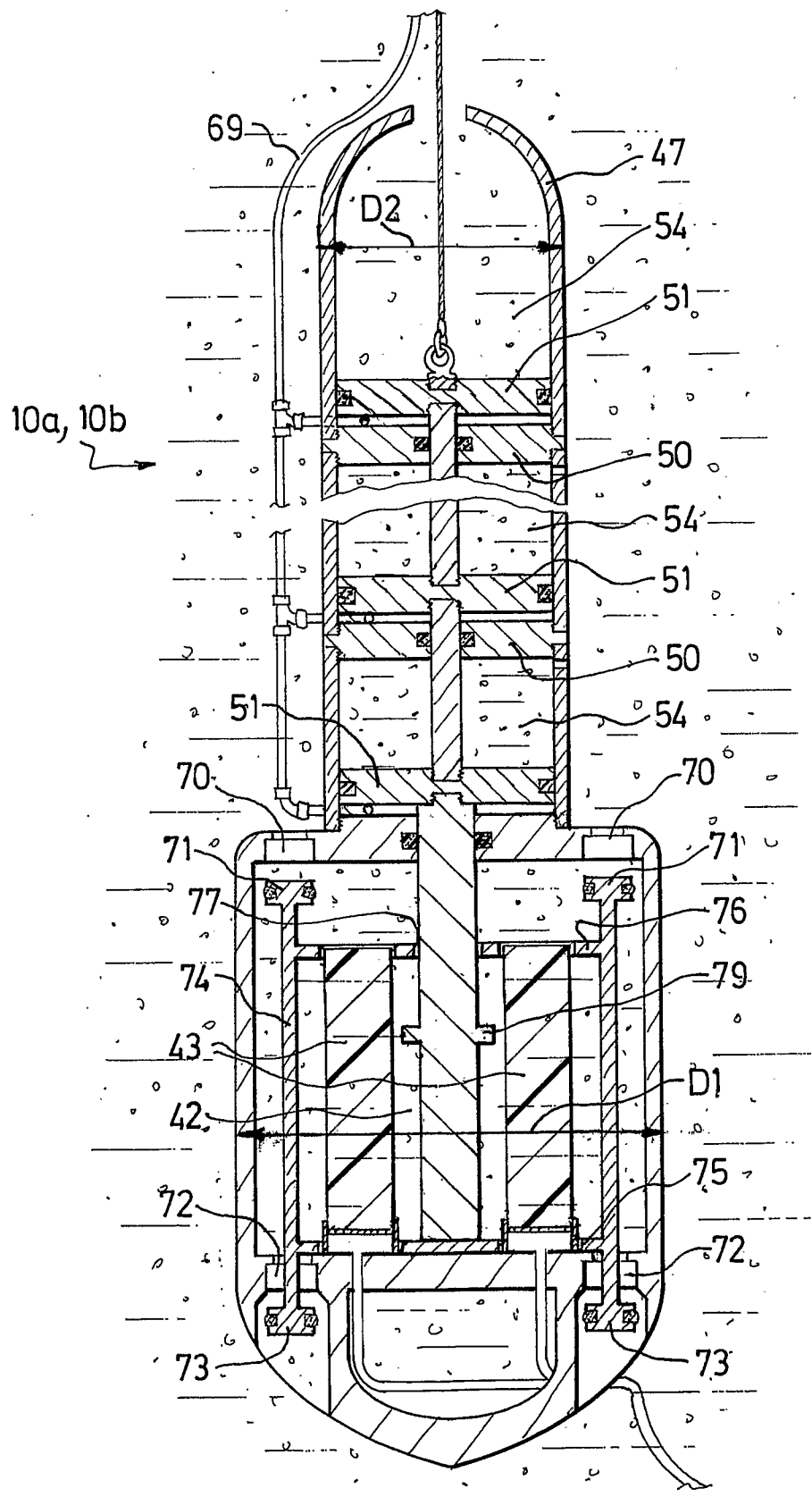


Fig 3b



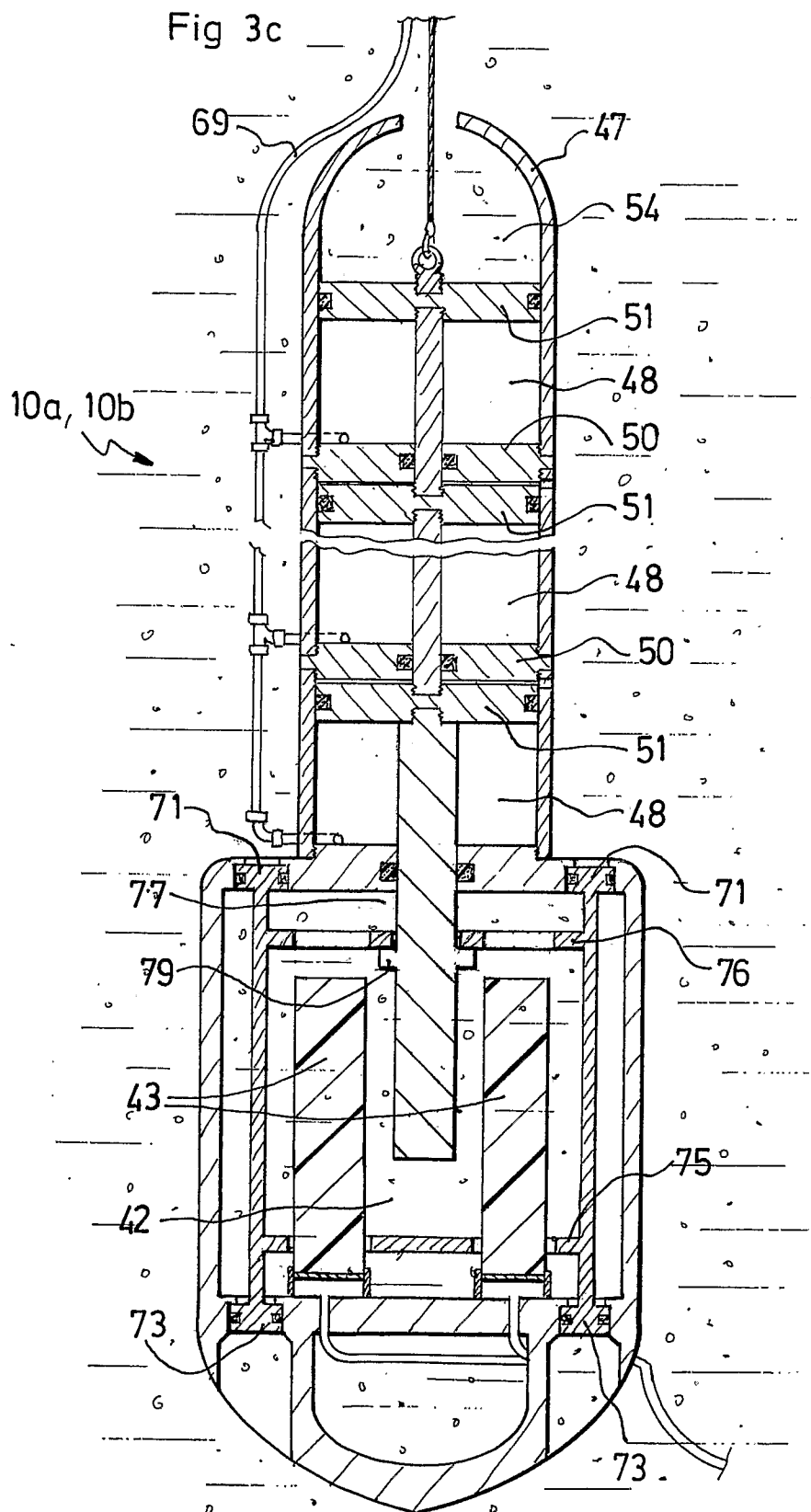


Fig 4

