

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 82 14227**

---

⑤④ Système pour récupérer l'énergie des vagues et pour la convertir en une énergie utile.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). F 03 B 13/12.

②② Date de dépôt..... 17 août 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : IT, 18 août 1981, n° 23544A/81.

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 8 du 25-2-1983.

---

⑦① Déposant : Société dite : TECNOMARE SPA. — IT.

⑦② Invention de : Paolo Vielmo, Attilio Brighenti et Antonio Blandino Alamia.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, Office Josse et Petit,  
8, av. Percier, 75008 Paris.

---

Système pour récupérer l'énergie des vagues et pour la convertir en une énergie utile.

5 La présente invention concerne un système pour récupérer l'énergie des vagues et pour la convertir en une énergie utile.

On connaît de nombreux systèmes pour récupérer l'énergie des vagues, ces systèmes comprenant, par exemple, celui décrit dans la demande de brevet britannique 2 002 052.

10 Le système décrit dans cette demande de brevet britannique est basé sur l'utilisation d'un tuyau souple extensible rempli d'un fluide incompressible et fixé à une de ses extrémités, au fond de la mer ou d'un lac et, à son autre extrémité, à une bouée.

15 Lorsque la bouée est heurtée par une vague, le tuyau souple est soumis à une traction et son volume intérieur diminue de sorte que le fluide incompressible contenu à l'intérieur de ce tuyau est refoulé sous pression vers l'extérieur.

20 Par contre, lorsque la vague est passée, le tuyau souple se détend et son volume intérieur redevient normal de sorte qu'un complément de fluide incompressible peut y pénétrer depuis l'extérieur.

25 Le fluide incompressible expulsé sous pression du tuyau souple possède une énergie que l'on peut utiliser d'une manière utile. Le problème à résoudre réside dans l'utilisation de l'énergie dudit fluide incompressible et c'est précisément ce problème qui n'est pas résolu de façon adéquate dans la demande de brevet britannique.

30 On a trouvé un système, et celui-ci fait partie de la matière de la présente invention, pour transformer l'énergie de la pression du fluide incompressible expulsé de tuyaux souples. Le système selon la présente invention comprend les éléments suivants :

35 a) un organe de captage ou récupération d'énergie maintenu dans une position immergée;

b) une ou plusieurs conduites élastiques (tuyaux souples extensibles) reliés mécaniquement de façon directe ou indirecte à une de leur extrémité audit organe de captage et à leur autre extrémité à des moyens fixés au fond de la mer ou du lac, l'intérieur desdites conduites élastiques communiquant à une de ses extrémités avec un organe d'accumulation tandis qu'il est fermé à son autre extrémité, et étant en outre rempli d'un fluide incompressible;

c) un organe d'accumulation constitué par un récipient rempli de gaz;

d) un ou plusieurs moyens pour transformer la pression et l'énergie cinétique du fluide incompressible en énergie mécanique;

e) un moyen approprié pour interrompre la communication avec l'organe d'accumulation; et

f) un moyen pour engendrer de l'énergie électrique en utilisant l'énergie mécanique.

En particulier, dans un mode de réalisation préféré du système selon la présente invention, l'intérieur des conduites élastiques communique avec l'organe d'accumulation au moyen d'un conduit de raccordement et, de façon encore plus préférable, ledit conduit de raccordement est partiellement souple et partiellement rigide, la partie souple se trouvant à l'extérieur de l'organe de captage et la partie rigide se trouvant à l'intérieur de ce dernier. L'organe d'accumulation se trouve, en général et de préférence, à l'intérieur de l'organe de captage mais il peut aussi bien se trouver à l'extérieur de ce dernier. Les moyens utilisés pour transformer la pression et l'énergie cinétique du fluide incompressible du système en énergie mécanique sont choisis de préférence parmi les turbines, en particulier les turbines axiales, ou parmi les moteurs à déplacement, en particulier ceux à géométrie variable.

Lesdites turbines ou lesdits moteurs à déplacement sont de préférence disposés essentiellement dans le conduit de raccordement rigide. Dans le système décrit ci-dessus, on ne prévoit qu'un seul organe d'accumulation haute pression dans

lequel le fluide incompressible pénètre lorsqu'il est refoulé par les conduites élastiques sous tension et à partir duquel le fluide incompressible sort pour s'écouler de nouveau dans les conduites élastiques lorsque ces dernières se trouvent  
5 dans leur état détendu, c'est-à-dire relâché.

Une variante est possible dans laquelle le fluide incompressible s'écoule d'un organe d'accumulation haute pression et revient dans les conduites élastiques non pas directement mais par l'intermédiaire d'un organe d'accumulation supplé-  
10 mentaire basse pression.

Dans cette variante, les moyens utilisés pour transformer en énergie mécanique la pression et l'énergie cinétique du fluide incompressible sont disposés dans la canalisation faisant communiquer les deux organes d'accumulation.  
15 L'organe d'accumulation basse pression déverse le fluide incompressible dans les conduites élastiques lorsque celles-ci se trouvent dans leur état détendu tandis que ces dernières, lorsqu'elles se trouvent dans un état tendu, refoulent le fluide incompressible dans l'organe d'accumulation haute  
20 pression.

On va décrire ci-après le système selon la présente invention en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :  
le système illustré schématiquement sur la figure 1 est constitué par un organe 1 de captage d'énergie qui, dans une  
25 configuration préférée, a une forme sphérique (mais peut être réalisé sous diverses formes structurales telles qu'une forme cylindrique à axe horizontal ou vertical) et est maintenu dans une position immergée, à une distance appropriée de la surface libre de la masse d'eau dans laquelle il agit et que l'on  
30 désignera par la suite par le terme de "mer", par une ou plusieurs conduites élastiques 2 (au nombre de deux dans la configuration illustrée) reliées au fond de la mer et à des points d'ancrage fixes appropriés. Lesdits points d'ancrage peuvent se présenter sous la forme de pieux enfoncés 3 comme  
35 dans la solution illustrée, ou de blocs lestés, ou encore sous la forme de structures fixes qui s'élèvent sur le fond de la mer mais qui sont, soit ancrées à ce dernier, soit stables par

suite de la pesanteur. Lesdites conduites élastiques peuvent aussi être reliées à des points d'ancrage, soit directement, soit à l'aide d'éléments structuraux tendus (câbles ou tubes métalliques) que l'on peut considérer comme étant pratiquement  
5 inextensibles.

Les conduites d'ancrage décrites sont maintenues sous tension par l'effet d'une réserve de flottabilité située dans l'organe de captage lui-même. On peut obtenir ce résultat à l'aide de divers types de structures utilisant divers maté-  
10 riaux structuraux connus dans la technologie habituelle et comprenant l'acier, le béton renforcé et les plastiques renforcés, mais cette énumération ne constitue pas une limitation pour la présente invention.

Les conduites de raccordement élastiques sont formées à  
15 partir d'un tuyau souple en une matière 4 ayant un faible module d'élasticité mais une élasticité élevée (comme par exemple les élastomères naturels et synthétiques) et renforcée par des fibres ou des filaments enroulés hélicoïdalement en deux ou plus de deux couches dont l'angle d'enroulement est  
20 opposé, cela de manière à être noyés dans le tuyau souple d'une façon stable vis-à-vis de la torsion.

Lesdits filaments ou fibres de renforcement, représentés schématiquement dans la vue détaillée A de la figure 1 et indiquée par 5 sont en une matière ayant un module d'élasti-  
25 cité élevé (comme par exemple les fibres en acier, en polyester, en polyamide et en polyaramide) que l'on peut considérer comme étant pratiquement inextensible.

Chaque tuyau souple ou conduite élastique est pourvu à son extrémité d'une terminaison 6 dans laquelle sont ancrés  
30 les filaments ou fibres de renforcement et à laquelle la paroi du tuyau souple est raccordée d'une manière étanche à l'eau.

Une des terminaisons de chaque conduite, à savoir la terminaison supérieure dans la configuration du système décrit dans le présent exposé, est reliée mécaniquement à l'organe de  
35 captage au moyen d'un joint universel 7. Ladite terminaison comprend aussi une ouverture qui communique, à l'aide d'un tuyau souple 8 à soufflets, avec le circuit hydraulique de

conversion d'énergie qui est disposé à l'intérieur de l'organe de captage et que l'on décrira ci-après.

La terminaison inférieure, dans la configuration d'un système décrit, est fermée et est reliée mécaniquement aux points d'ancrage.

L'angle d'enroulement des fibres de renforcement de la conduite élastique, mesuré par rapport à une génératrice du tuyau souple, est inférieur à  $57,74^\circ$  comme cela apparaît dans la vue détaillée A.

Du fait que l'extrémité supérieure du tuyau souple est raccordée à l'organe de captage, ladite conduite est soumise aux mouvements de ce dernier. Grâce à la structure géométrique particulière du tuyau souple et des fibres de renforcement, quand la conduite élastique s'allonge, son volume intérieur diminue tandis que lorsqu'elle se contracte son volume intérieur augmente.

Du fait que le diamètre de chaque canalisation élastique varie pendant le mouvement d'allongement et de contraction, on donne aux parties terminales des conduites élastiques la forme illustrée sur la figure 2 afin d'empêcher une concentration des contraintes mécaniques et, de ce fait, une usure et/ou une fatigue éventuelle de la structure de tuyau souple à l'endroit des terminaisons de cette dernière.

Dans les parties d'extrémité des conduites élastiques, les fibres ou filaments de renforcement présentent un angle d'enroulement qui varie depuis la valeur  $\alpha$ , caractéristique du tuyau souple jusqu'à la valeur zéro. Ceci revient à dire que ces fibres ou filaments deviennent parallèles à une génératrice du tuyau souple aux extrémités auxquelles elles sont ancrées.

Une autre couche de renforcement disposée uniquement dans la partie terminale T du tuyau souple est placée au-dessus de la couche précédente et présente un angle d'enroulement qui varie de la valeur  $\alpha$  jusqu'à  $90^\circ$ , c'est-à-dire prend une disposition orthogonale par rapport aux génératrices du tuyau, comme indiqué schématiquement sur la figure 2 qui ne montre que deux fibres de renforcement. Cette figure représente aussi

schématiquement la configuration du raccordement du tuyau souple 2 d'un organe 1 de captage au moyen de la terminaison 6, du joint universel 7 et du tuyau souple 8 à soufflets. Le rôle du joint universel et de la partie formée par le tuyau  
5 souple à soufflets est de permettre à l'organe de captage de tourner par rapport à l'axe des conduites élastiques sans soumettre à une flexion la liaison "tuyau souple/terminaison".

Une variante de configuration de ce détail de construction est représentée sur la figure 3.

10 La conduite élastique ou tuyau souple 2 est raccordée rigidement à l'organe de captage 1 au moyen de la terminaison 6 et est contenue sur une partie indiquée par E dans un tube 9 dont l'épaisseur diminue en direction de l'extérieur et qui présente de la rigidité vis-à-vis de la section et est fixé  
15 lui-même rigidement à l'organe de captage 1.

Grâce à la flexibilité ou souplesse variable de cet élément structural, l'organe de captage peut tourner par rapport à la conduite élastique car cette dernière ne peut pas  
20 prendre des rayons de courbure incompatibles avec ses caractéristiques de résistance structurale. A l'intérieur de l'élément flexible 9, le tuyau souple 2 comprend des fibres ou filaments de renforcement disposés à 0° et 90°. Dans la partie T extérieure audit élément, l'angle d'enroulement passe à la valeur  $\alpha$  comme décrit précédemment.

25 La transition de l'angle d'enroulement des fibres de renforcement dans la partie désignée par T a pour effet que les déformations axiale et transversale de la paroi du tuyau souple permises par la structure constituée par les fibres renforcées inclinées suivant un angle  $\alpha$  se trouvent maî-  
30 trisées progressivement et sont empêchées à l'endroit du raccordement ou terminaison rigide où sont ancrés la paroi et le renforcement du tuyau souple. De cette manière, on évite des concentrations locales de contraintes au bord de la terminaison.

35 Comme représenté dans le schéma fonctionnel général de la figure 1, chaque conduite élastique de liaison ou d'ancrage est remplie d'un fluide 10 pratiquement incompressible et est

raccordée, à l'aide de la terminaison supérieure, à un récipient de pression ou accumulateur 11 dans lequel est contenue sous pression une quantité appropriée de gaz 12.

5 La conduite élastique ou tuyau souple se trouve par conséquent maintenue sous pression. En raison de la géométrie hélicoïdale des fibres de renforcement, cette pression ne peut être équilibrée que par une force de traction qui constitue la réaction axiale de cette conduite élastique de liaison d'ancrage.

10 Les conduites de liaison ou d'ancrage de ce type (au nombre d'une seule ou de plusieurs) équilibrent mutuellement la capacité de flottabilité de l'organe de captage dans des conditions statiques.

15 Du fait que la variation de longueur de chaque conduite d'ancrage entraîne une variation du volume intérieur de cette conduite et, de ce fait, un déplacement depuis vers l'accumulateur 11 du fluide 10 de cette conduite, cette variation de longueur entraîne une variation dans le volume de gaz 12 de l'accumulateur et, de ce fait, dans la pression régnant dans  
20 l'accumulateur lui-même et dans le tuyau souple. Cette variation de pression et de la variation de la géométrie du renforcement du tuyau souple a pour effet de faire varier la force que la conduite élastique 2 exerce à ses extrémités.

25 En choisissant correctement les paramètres du système (principalement le diamètre utile des conduites élastiques d'ancrage, la longueur de celles-ci, leur allongement maximal permis, l'angle d'enroulement des fibres de renforcement, le volume du gaz dans les accumulateurs, et les caractéristiques mécaniques des matières utilisées), on peut réaliser des  
30 conduites d'ancrage qui présentent l'interdépendance requise entre l'allongement et la phase de réaction (caractéristique élastique) et, de ce fait, le comportement dynamique nécessaire du système complet de captage d'énergie en rapport avec ses caractéristiques de masse et avec son interaction avec le  
35 champ de mouvement des vagues grâce à ses déplacements. L'énergie mécanique (potentiel cinétique et élastique) acquise par l'organe de captage aux dépens de l'énergie du champ de mouve-



ment des vagues et sous l'effet de la pression à laquelle il est soumis par l'eau en mouvement, est convertie, suivant un ou plusieurs schémas ou agencement généraux fonctionnels et structuraux que l'on va décrire ci-après.

5 Un premier agencement fonctionnel préféré représenté sur la figure 4 et qui se rapporte à l'utilisation de deux conduites élastiques d'ancrage d'organe de captage mais qui peut être étendu également au cas d'une seule conduite ou de plus  
10 de deux conduites consiste à introduire dans le circuit hydraulique raccordant chaque conduite élastique 2 à l'accumulateur 11 une turbine axiale 14 qui fonctionne avec un courant de fluide dirigé par des aubes statiques de guidage ou distributeurs 15 qui se trouvent avant et après la turbine, cela  
15 quelle que soit la direction du mouvement du fluide heurtant cette turbine (lors du mouvement de va-et-vient de l'organe de captage).

Ces aubes statiques de guidage dirigent le mouvement du fluide vers la turbine dans une direction purement axiale (suivant un agencement ou schéma fonctionnel préféré.

20 Les turbines relatives aux diverses conduites élastiques sont couplées directement (dans l'agencement ou schéma de la figure 4) ou, d'une façon plus générale, par des accouplements rotatifs, à un générateur électrique 16.

L'écoulement du fluide d'entraînement vers la turbine  
25 peut être intercepté par une valve constituée par un cylindre de fermeture 17 qui glisse axialement et vient porter à l'extrémité de sa course contre des joints d'étanchéité 18 et 19 de manière à fermer le raccordement entre les conduites élastiques 2 et le reste du circuit. Dans ces conditions, le  
30 système de captage se comporte comme un système retenu rigidement et est capable de résister à des vagues ayant une hauteur et une énergie considérablement plus grandes que les valeurs opératoires normales. Lesdits cylindres de fermeture sont contrecarrés par un ressort préréglé 23 et sont actionnés  
35 par un cylindre pneumatique 21 alimenté à l'aide d'un circuit constitué par une première valve de retenue préréglée 22, un récipient-tampon pneumatique approprié 23, un étranglement 24

et une seconde valve de retenue 25 disposée dans un circuit tel que celui de la figure 4. Quand l'amplitude du mouvement de l'organe de captage et, de ce fait, la pression maximale dans l'accumulateur (récipient rempli de gaz) dépasse une

5 valeur prédéterminée, l'air comprimé traverse la valve 22 de manière à pénétrer dans le récipient-tampon pneumatique 23 et, de ce fait, actionne le cylindre pneumatique 21 qui agit à l'encontre du ressort préréglé 20 de manière à s'opposer à l'écoulement du fluide d'entraînement dans une mesure com-

10 mandée dynamiquement par l'étranglement 24 qui, pendant cette phase du cycle au cours de laquelle la pression dans le récipient-tampon pneumatique 23 dépasse la pression dans l'accumulateur 11, permet à l'air du circuit du cylindre d'actionnement de traverser la valve de retenue 25 pour atteindre l'ac-

15 cumulateur 11. De cette manière, il se produit une action d'autorégulation grâce à laquelle l'amplitude maximale des oscillations du système et, de ce fait, le degré maximal de contrainte mécanique dans les conduites d'ancrage se trouve limité.

20 En empêchant une décharge du système pneumatique à travers l'étranglement 24, une électrovalve 26 commandée à distance permet la fermeture totale des valves commandant l'amplitude de l'oscillation (valve de retenue) et, de ce fait, permet le blocage du système de captage.

25 L'énergie de l'organe de captage et, de ce fait, du fluide incompressible est transférée de façon alternée des conduites élastiques et de leurs accumulateurs respectifs à la turbine par commande de l'angle d'incidence de l'aubage de la turbine de manière que soit obtenue une action d'entraînement

30 hydrodynamique sur le rotor et, de ce fait, sur le générateur électrique grâce au fluide d'entraînement.

D'une façon générale, on peut effectuer cette commande de l'angle d'incidence de l'aubage du rotor à l'aide d'une conception d'actionnement mécanique qui est classique dans la

35 domaine de la technique des machines hydrauliques et qui utilise des systèmes d'actionnement pneumatiques, hydrauliques ou hydromécaniques basés sur un schéma synoptique du type

représenté à titre d'exemple sur la figure 5. La référence numérique 1 désigne un système pour mesurer l'écoulement à travers la turbine tant en ce qui concerne la valeur et la direction du déplacement. La référence numérique 2 désigne un dispositif de traitement destiné au traitement de l'angle instantané d'incidence de l'aubage de la turbine. La référence numérique 3 désigne un actionneur pour le réglage de l'angle d'incidence de l'aubage de la turbine. La référence numérique 4 désigne un dispositif de mesure pour mesurer l'angle d'incidence de l'aubage de la turbine.

Une description détaillée d'un tel système n'est pas indispensable. Toutefois, il convient de remarquer que le débit à travers la turbine et, de ce fait, le débit auquel le fluide d'entraînement heurte cette turbine (en connaissant la surface d'écoulement) peut être mesuré soit par utilisation d'un procédé connu de mesure d'écoulement d'un fluide à travers un conduit soit en mesurant les caractéristiques mécaniques (et de ce fait géométrique) de la conduite élastique en fonction du temps. On peut effectuer cette opération en mesurant, en fonction du temps, l'état de tension des fibres de renforcement à l'aide d'un extensomètre.

Le dispositif de traitement utilisé pour traiter l'angle d'incidence de l'aubage de la turbine peut être un microprocesseur numérique.

Dans une conception préférée simplifiée, on commande l'angle d'incidence de l'aubage selon le diagramme général de la figure 6.

Chaque aube 27 de turbine est articulée sur un axe 28 qui est perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor et qui passe à proximité du bord avant de l'aube et est, par conséquent, disposé plus en avant (dans la direction d'avancement) que ne l'est le centre de pression hydrodynamique 29 de l'aube.

L'aube est également retenue élastiquement à l'encontre de sa rotation par un ressort 30 qui, en l'absence de forces extérieures, la maintient dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.

La présence d'un champ de mouvement d'une vitesse apparente  $C$  (combinaison de la vitesse de translation  $V$  et de la vitesse de rotation  $U$ ) heurtant l'aube engendre une action hydrodynamique  $F$  et, de ce fait, autour de l'axe de rotation  
5 28, un moment de torsion auquel s'oppose le ressort antagoniste 30. Il se produit donc une action d'entraînement dirigée en permanence dans la même direction, quelle que soit la direction dans laquelle le plan de la turbine est traversé par le fluide d'entraînement.

10 De plus, dans ces conditions, le générateur électrique peut fonctionner à une vitesse de rotation pratiquement constante.

La figure 7 montre une conception ou schéma de construction possible pour le système élastique de retenue de rotation  
15 des aubes de turbine. Chaque aube 32 est fixée de façon tournante au rotor 33 à l'aide de roulements 34 et est également fixée rigidement à la barre de torsion 35 qui, à son autre extrémité, est reliée au rotor par un accouplement démontable, ladite barre de torsion fonctionnant comme un ressort. Dans  
20 une autre conception ou schéma général on peut convertir l'énergie mécanique de l'organe de captage en énergie électrique, schéma qui est représenté sur la figure 8, chaque conduite élastique est raccordée à un moteur 38 à déplacement variable et, de ce fait, à l'accumulateur 11 à l'aide de la valve  
25 37 de commande d'amplitude d'oscillation que l'on a déjà décrit (référence 17 et les références associées du circuit de la figure 4).

Le déplacement du moteur est commandé à l'aide d'un système hydraulique ou électrohydraulique 39 qui traite le signal  
30 d'un dispositif 40 de mesure de débit et assure une commande appropriée des organes de commande de déplacement du moteur afin que l'énergie nécessaire soit transférée à une vitesse constante au générateur 16 qui est couplé au moteur par les agencements déjà décrits.

35 La conception du système de commande hydraulique ou électrohydraulique destinée à l'utilisation du moteur et, par conséquent, à la conversion de l'énergie, ne fait pas partie

de la présente invention par le fait que de tels systèmes font déjà partie de la technique de dispositif de ce type.

Des variantes de configuration de système dans lesquelles le système de conversion d'énergie est disposé sur le fond de la mer ou à proximité du point d'ancrage constitue une variante de mode de réalisation possible de l'invention. Dans ce cas, l'organe de captage n'est relié que mécaniquement et non pas hydrauliquement à la conduite élastique.

La figure 9 montre une configuration de système basée sur l'exposé qui précède et qui concerne un système de conversion d'énergie analogue à celui représenté sur la figure 7.

La conduite élastique 2 est reliée à l'organe de captage 1 au moyen de la terminaison supérieure qui est fermée. Dans ce cas, la terminaison inférieure est reliée mécaniquement et hydrauliquement à la structure d'ancrage 3 comprenant une ouverture d'écoulement qui la raccorde, à l'aide du conduit 50, au récipient-tampon pneumatique (organe d'accumulation) 51 contenant un gaz sous pression. De cette manière, on obtient le même agencement fonctionnel que celui décrit ci-avant à l'aide d'une disposition différente des composants du système. Une turbine hydraulique 52, disposée dans le conduit 50 et reliée au générateur électrique 53, effectue la transformation requise de l'énergie mécanique hydraulique en énergie électrique.

Un autre agencement destiné à transformer l'énergie mécanique de l'organe de captage en énergie électrique est représenté par la figure 10. Chaque conduite élastique 2 est raccordée hydrauliquement à un accumulateur haute pression 43 à l'aide de la valve 37 déjà décrite servant à commander l'amplitude d'oscillation et à l'aide d'une valve de retenue 41. La conduite est raccordée à l'accumulateur basse pression 44 à l'aide d'une autre valve de retenue 42.

La direction d'ouverture des valves est telle que ces valves raccordent la conduite élastique correspondante à l'accumulateur haute pression lorsque cette conduite s'allonge et à l'accumulateur basse pression lorsqu'elle se contracte.

Les deux accumulateurs sont raccordés hydrauliquement par une turbine hydraulique 45 qui est reliée directement au générateur 16.

5 Pendant le mouvement oscillatoire de l'organe de captage, il se produit un mouvement du fluide qui, par suite de l'action des valves de retenue 41 et 42, passe de la conduite élastique 2 à l'accumulateur haute pression 43 puis, à travers la turbine 45, à l'accumulateur basse pression 44 et de nouveau à la conduite élastique 2.

10 La capacité des deux accumulateurs 43 et 44 absorbe les oscillations de l'écoulement consécutif au mouvement alternatif des conduites élastiques de manière à permettre un écoulement presque continu à travers la turbine. L'énergie électrique peut être transportée par un câble électrique supporté  
15 par l'organe de captage et les structures des conduites élastiques comme représenté sur la figure 11. Le générateur 16 est relié à un câble électrique 46 qui passe à travers l'enveloppe de l'organe de captage au moyen d'une traversée 47 de câble en vue de transporter l'énergie produite. Ce câble  
20 comporte une partie libre 48 qui permet à un déplacement de l'organe de captage par rapport à la conduite élastique au niveau de la terminaison supérieure d'avoir lieu et est fixé à l'extérieur de la conduite élastique par le fait qu'il s'enroule autour de celle-ci suivant un angle qui, en tout point,  
25 est égal à l'angle des fibres de renforcement de sorte qu'il n'est pas soumis à l'effort mécanique provenant d'une déformation axiale ou d'une flexion.

A sa partie inférieure, le câble comprend en outre une partie libre 49 que l'on fixe alors au système d'ancrage se  
30 trouvant sur le fond de la mer.

De même manière, l'agencement fonctionnel du système illustré sur la figure 10 peut être allongé et agrandi dans le cas d'un système de conversion d'énergie disposé sur le fond de la mer ou à un endroit éloigné de l'organe de captage,  
35 comme représenté sur la figure 12.

Chaque conduite élastique d'ancrage destinée aux organes de captage et relative à un certain nombre d'organes de cap-

tage est munie du système 37 déjà décrit commandant l'amplitude d'oscillation et est raccordée par des valves de retenue 46 et 47 à deux conduits collecteurs 48 et 49 respectivement. Ces conduits sont raccordés à deux accumulateurs, à savoir un  
5 accumulateur haute pression 50 et un accumulateur basse pression 51 respectivement qui sont raccordés l'un à l'autre par une turbine hydraulique 52 reliée au générateur électrique 16. Pendant le mouvement d'oscillation des organes de captage, il se produit un écoulement de fluide incompressible depuis les  
10 conduites élastiques jusqu'aux conduits collecteurs 48 à travers les valves de retenue 46 pendant la phase d'extension. A partir de là, le fluide s'écoule jusqu'à l'accumulateur 50 et à travers la turbine 52 jusqu'à l'accumulateur 51 à partir duquel il passe à travers le conduit collecteur 49 et les  
15 valves de retenue 47 pour retourner aux conduites élastiques (pendant la phase de contraction).

Il est bien entendu que la description qui précède n'a été donnée qu'à titre purement illustratif et non limitatif et que des variantes ou des modifications peuvent y être  
20 apportées dans le cadre de la présente invention.

REVENDEICATIONS

1. Système pour récupérer l'énergie des vagues et pour la transformer en énergie utile, caractérisé par le fait qu'il comprend les éléments suivants :

- 5       a) un organe de captage (1) maintenu dans une position immergée;
- b) une ou plusieurs conduites élastiques (tuyaux souples extensibles) (2) reliées de façon directe ou indirecte mécaniquement à une de leurs extrémités audit organe de captage et à
- 10       leur autre extrémité à un moyen (3) fixé au fond de la mer ou d'un lac, l'intérieur desdites conduites élastiques étant en communication, à une de ses extrémités, avec un organe d'accumulation (11) et étant fermé à son autre extrémité, cet intérieur étant en outre rempli d'un fluide incompressible;
- 15       c) l'organe d'accumulation (11) constitué par un récipient rempli d'un gaz sous pression;
- d) un ou plusieurs moyens (15, 45; 52; 38) pour transformer la pression et l'énergie cinétique du fluide incompressible en énergie mécanique;
- 20       e) des moyens appropriés pour interrompre la communication avec l'organe d'accumulation (11); et
- f) un moyen (16) pour engendrer de l'énergie électrique en utilisant l'énergie mécanique.

2. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le

25       fait que l'intérieur des conduites élastiques communique avec l'organe d'accumulation par l'intermédiaire d'un conduit de raccordement.

3. Système suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le conduit de raccordement comprend une partie souple

30       et une partie rigide, la partie souple se trouvant à l'extérieur de l'organe de captage et la partie rigide se trouvant à l'intérieur de ce dernier.

4. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'organe d'accumulation se trouve à l'intérieur de

35       l'organe de captage.

5. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'organe d'accumulation se trouve à l'extérieur de l'organe de captage.



6. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens servant à transformer la pression et l'énergie cinétique du fluide incompressible en énergie mécanique sont choisies parmi les turbines et les moteurs à déplacement.

7. Système suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que les turbine sont des turbines axiales.

8. Système suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que les moteurs à déplacement sont à déplacement variable;

9. Système suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la ou les turbines et le ou les moteurs à déplacement sont disposés essentiellement dans le conduit rigide de raccordement.

10. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'organe de captage a une forme sphérique.

11. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'organe de captage est un cylindre dont l'axe est horizontal.

12. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'organe de captage est un cylindre dont l'axe est vertical.

13. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les conduites élastiques ont un faible module d'élastique et une élasticité élevée.

14. Système suivant les revendications 1 ou 13, caractérisé par le fait que les conduites élastiques sont renforcées par des filaments ou des fibres enroulés hélicoïdalement en deux ou plus de deux couches dont les angles d'enroulement respectifs  $\alpha$  sont orientés dans les directions opposées et sont inférieurs à  $57,74^\circ$ , ledit angle se rapprochant progressivement de zéro à l'extrémité des conduites.

15. Système suivant la revendication 14, caractérisé par le fait qu'une couche de renforcement supplémentaire présentant un angle variant entre  $\alpha$  et  $90^\circ$  est superposée à la partie d'extrémité des canalisations.

16. Système suivant les revendications 14 ou 15, caractérisé par le fait que les filaments de renforcement et/ou les fibres sont en des matières présentant un module d'élasticité élevé.

5        17. Système suivant l'une quelconque des revendications 1, 14, 15, 16, dans lesquelles les conduites élastiques sont pourvues à leurs extrémités de terminaisons (6) auxquelles sont ancrés les filaments ou fibres de renforcement ainsi que la paroi du tuyau souple.

10       18. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la liaison mécanique avec l'organe de captage est effectuée à l'aide d'un joint universel (7).

15       19. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la liaison mécanique avec l'organe de captage est rigide et qu'elle est effectuée à l'aide d'un tube (9) dont l'épaisseur diminue en direction de l'extérieur et qui est rigide à la flexion, ledit tube étant fixé rigidement à l'organe de captage, la conduite élastique étant contenue à l'intérieur dudit tube.

20       20. Système suivant la revendication 19, caractérisé par le fait que les filaments ou fibres de renforcement sont disposés à 0° et à 90° dans la partie de la conduite élastique qui est contenue dans le tube, l'angle d'enroulement passant graduellement à la valeur  $\alpha$  au-delà du tube.

25       21. Système suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que le conduit de raccordement souple (8) est un conduit à soufflets.

30       22. Système suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que la turbine axiale est précédée et suivie par des aubes de guidage ou distributeurs.

35       23. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens pour interrompre la communication avec l'organe d'accumulation sont constitués par un cylindre de fermeture ou arrêt (17) auquel s'oppose un ressort (20) taré préalablement.

24. Système suivant la revendication 23, caractérisé par le fait que le cylindre de fermeture ou arrêt (17) est action-

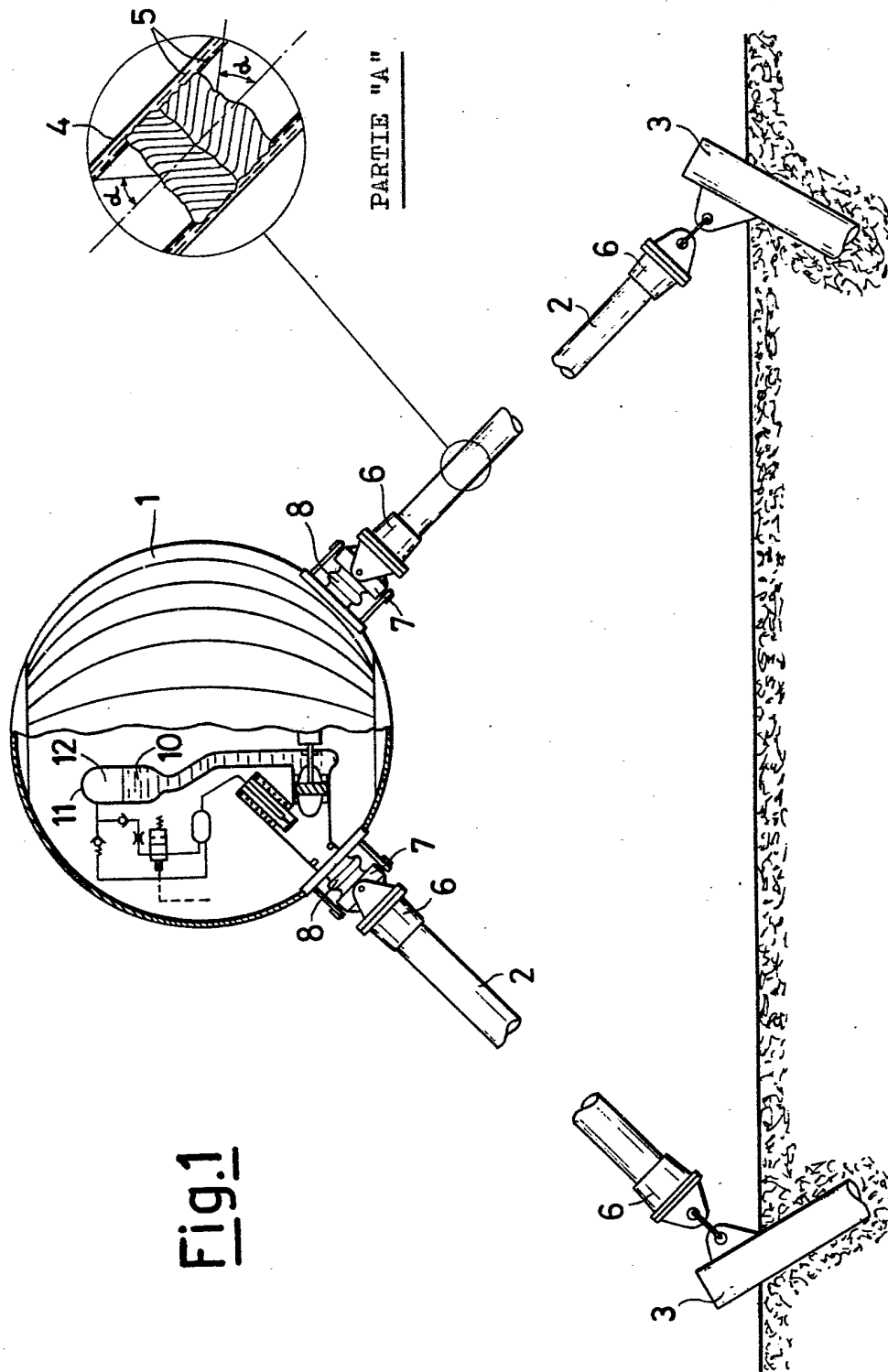
né par un cylindre pneumatique (21) alimenté à l'aide d'un circuit constitué par une première valve de retenue préréglée (22), un récipient-tampon pneumatique (23), un étranglement (24) et une seconde valve de retenue (25), la première valve  
5 de retenue raccordant l'organe d'accumulation, quand sa pression dépasse une valeur maximale, audit récipient-tampon pneumatique (23) qui actionne ledit cylindre pneumatique (21), lequel réduit l'écoulement du fluide vers la turbine dans une mesure commandée par l'étranglement (24), la seconde valve de  
10 retenue raccordant le récipient-tampon pneumatique (23) à l'organe d'accumulation lorsque la pression régnant dans le récipient-tampon pneumatique (23) dépasse celle régnant dans l'organe d'accumulation, une électrovalve (26) permettant à la branche du circuit comprenant l'étranglement (24) d'être  
15 totalement fermée.

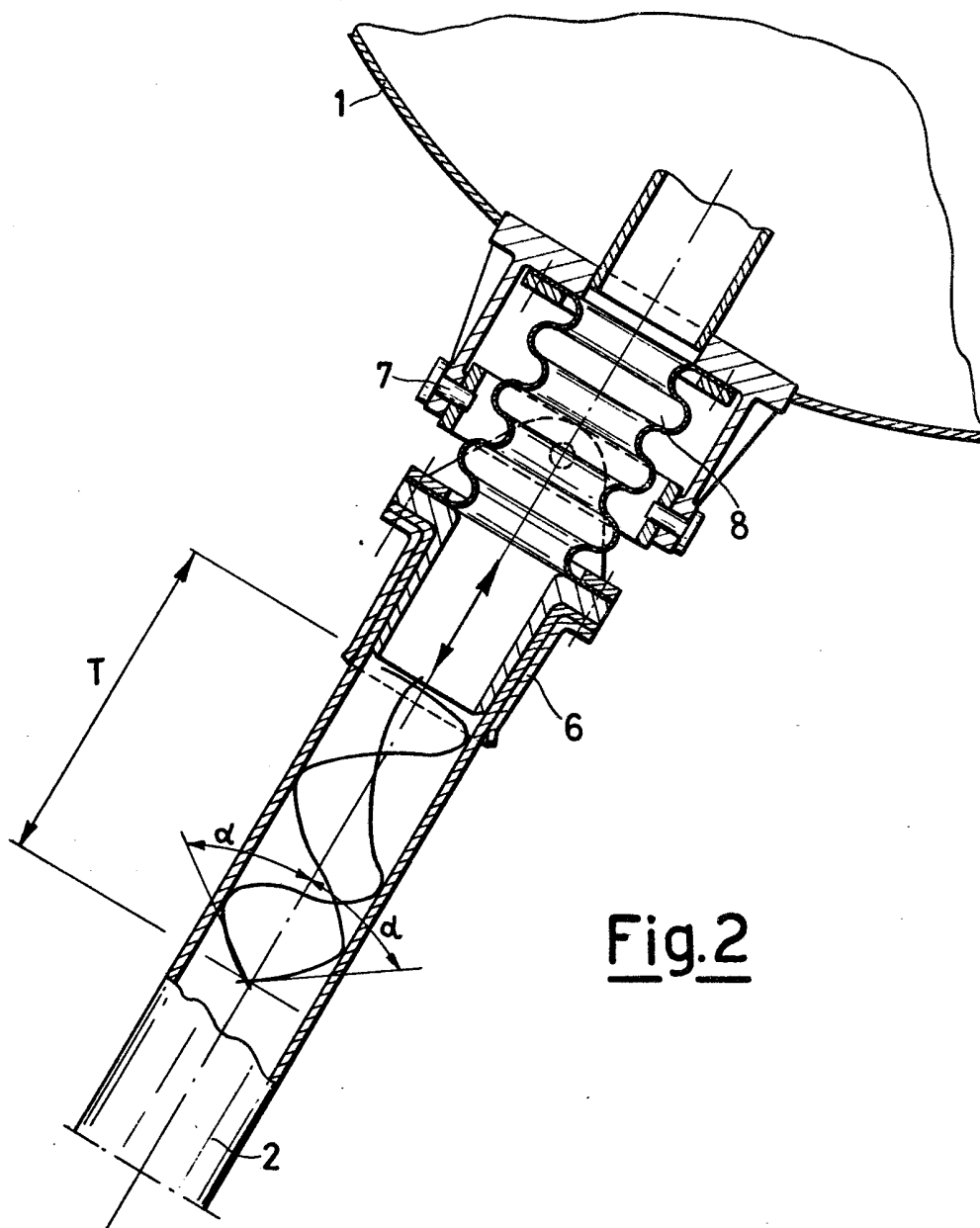
25. Système suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que les turbines axiales sont pourvues d'aubes (27) dont chacune est articulée sur un axe (28) qui est perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor et qui est disposée  
20 plus avant que ne l'est le centre de pression hydrodynamique (29) de l'aube, chaque aube étant soumise dans sa rotation à la force élastique antagoniste d'un ressort (30) qui, en l'absence de forces extérieures, maintient l'aube dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.

25 26. Système suivant la revendication 25, caractérisé par le fait que les aubes (32) sont fixées de façon tournante au rotor (33) par des roulements (34) et qu'elles sont fixées rigidement à des barres de torsion (35) qui sont reliées à leur autre extrémité au rotor, lesdites barres de torsion  
30 agissant comme des ressorts.

27. Système suivant la revendication 8, caractérisé par le fait que le déplacement du moteur à déplacement variable (38) est commandé à l'aide d'un système électrohydraulique (39) qui traite le signal d'un dispositif de mesure de débit  
35 (40) et qui assure la commande des organes commandant le déplacement.

28. Système suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend, à la place d'un organe d'accumulation (11), un accumulateur basse pression (44; 51) communiquant avec un accumulateur haute pression (43; 50), un moyen (45; 52) destiné à transformer la pression et l'énergie cinétique du fluide incompressible étant disposé dans le circuit faisant communiquer les deux accumulateurs, l'accumulateur basse pression déchargeant le fluide incompressible dans les conduites élastiques lorsque celles-ci se trouvent dans un état détendu tandis que ces dernières, lorsqu'elles se trouvent un état tendu, refoulent le fluide incompressible dans l'accumulateur haute pression.



Fig.2

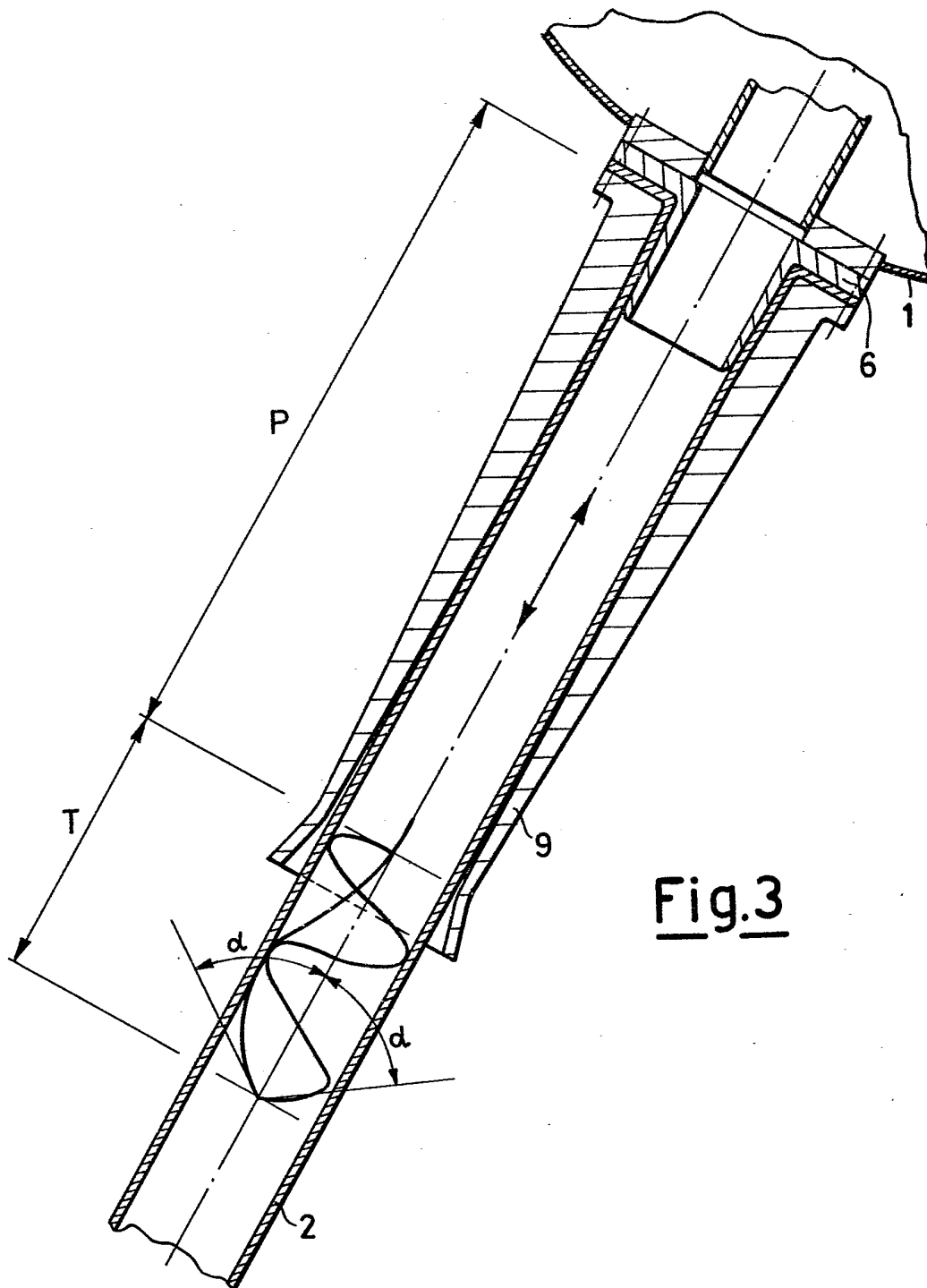
Fig.3

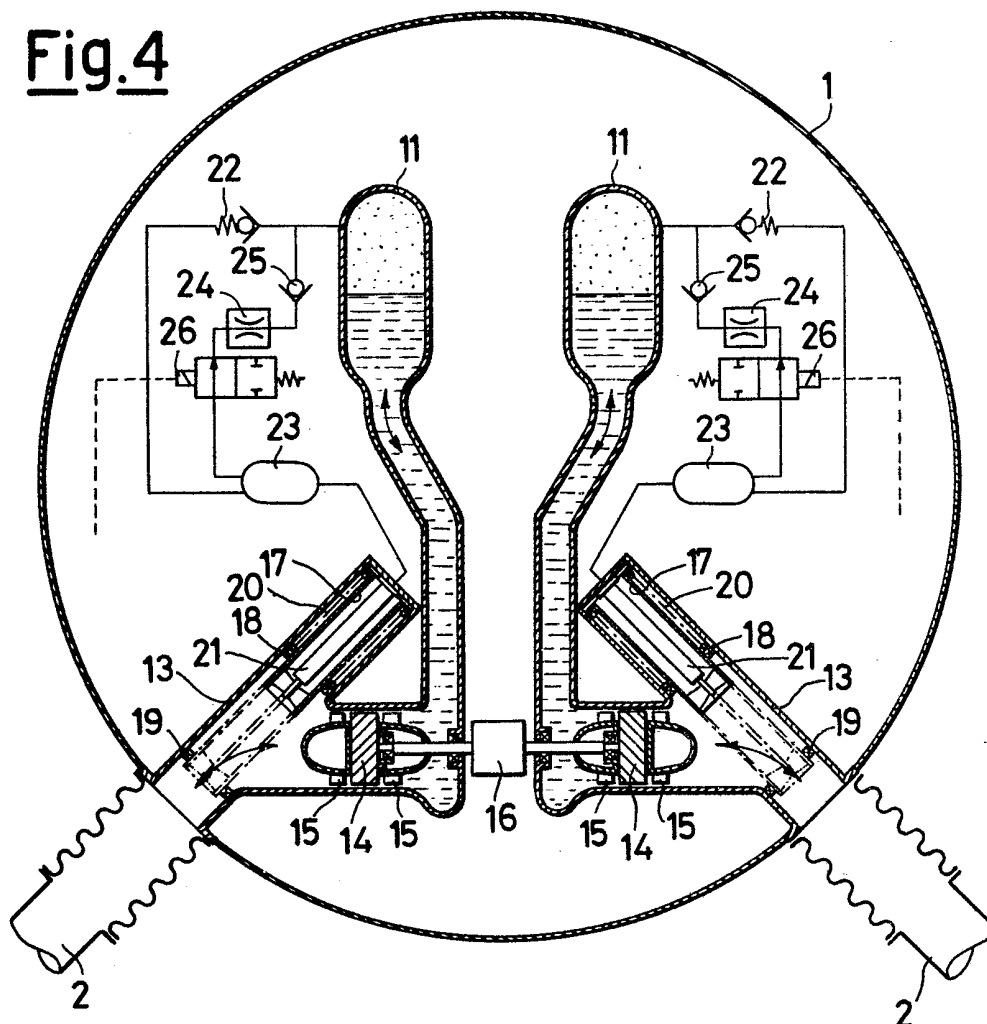
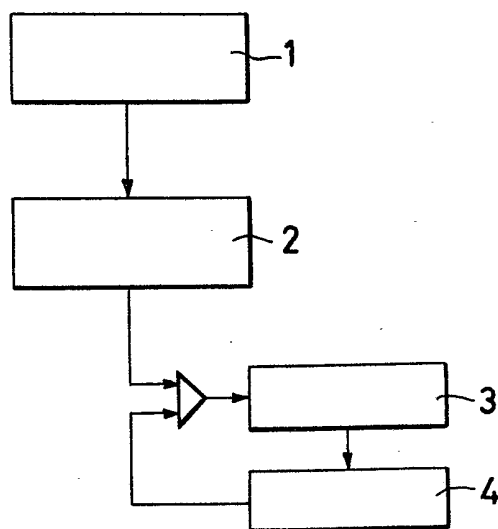
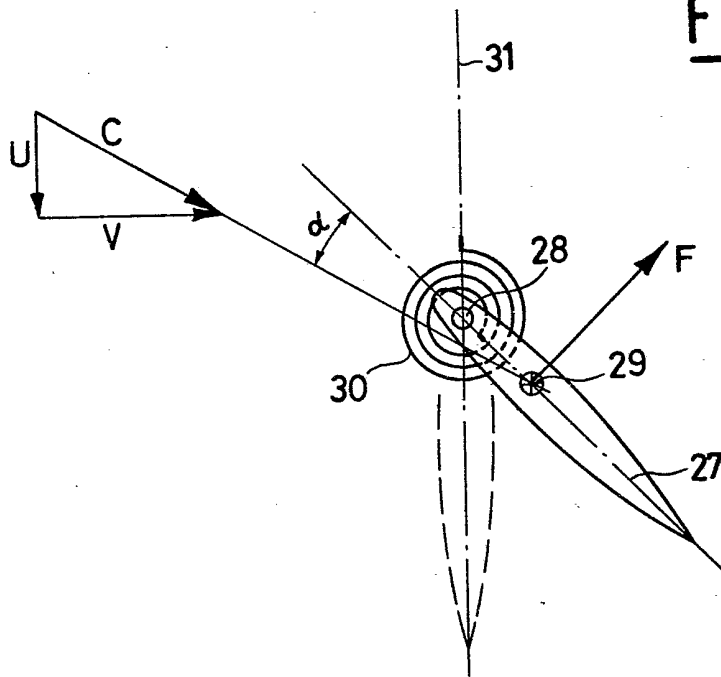
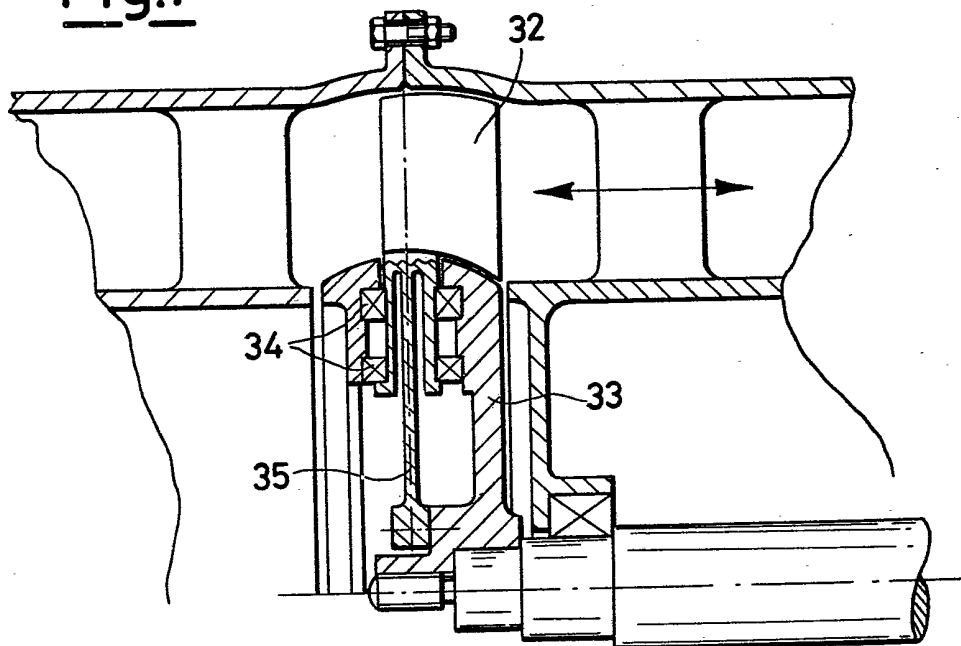
Fig.4Fig.5



Fig.6Fig.7

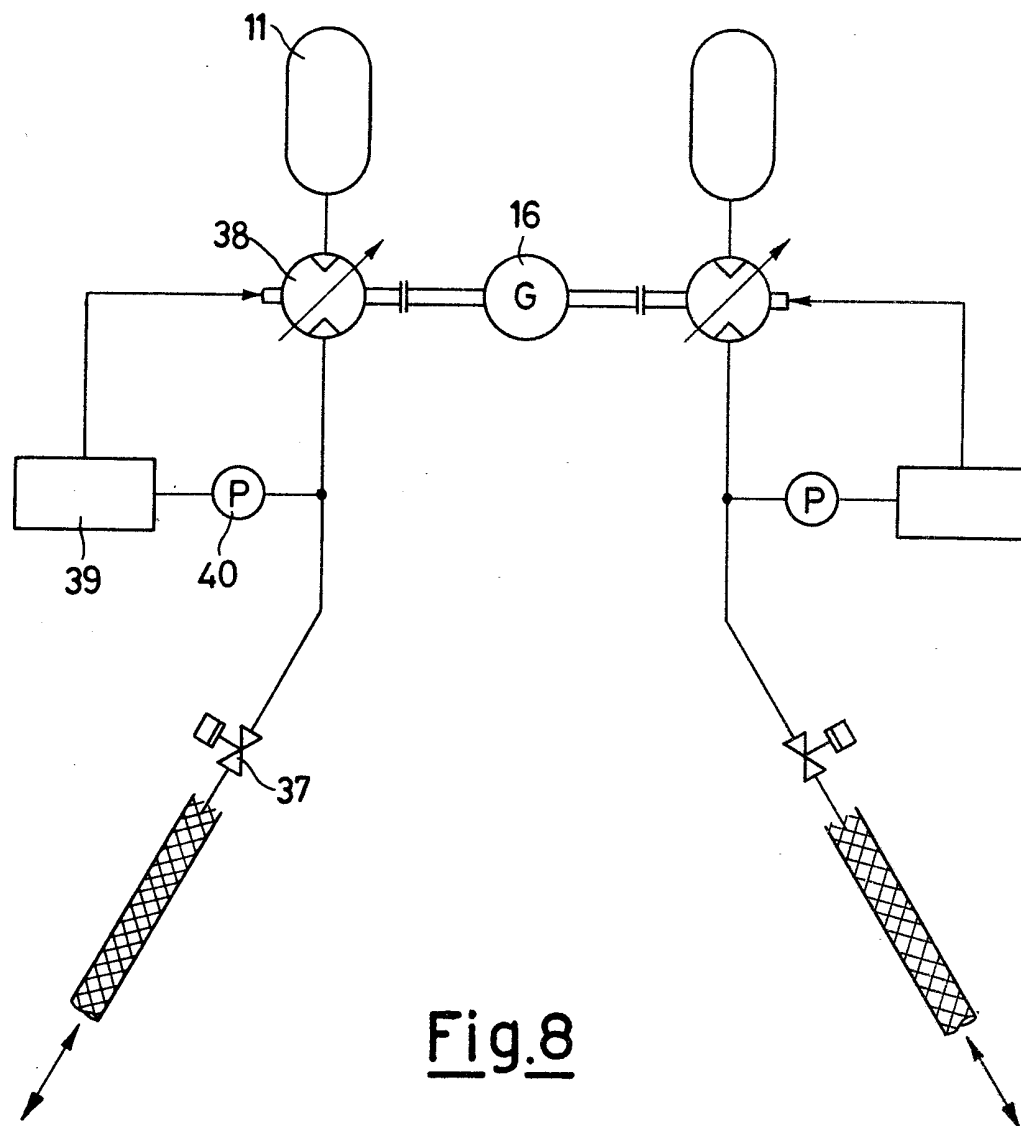
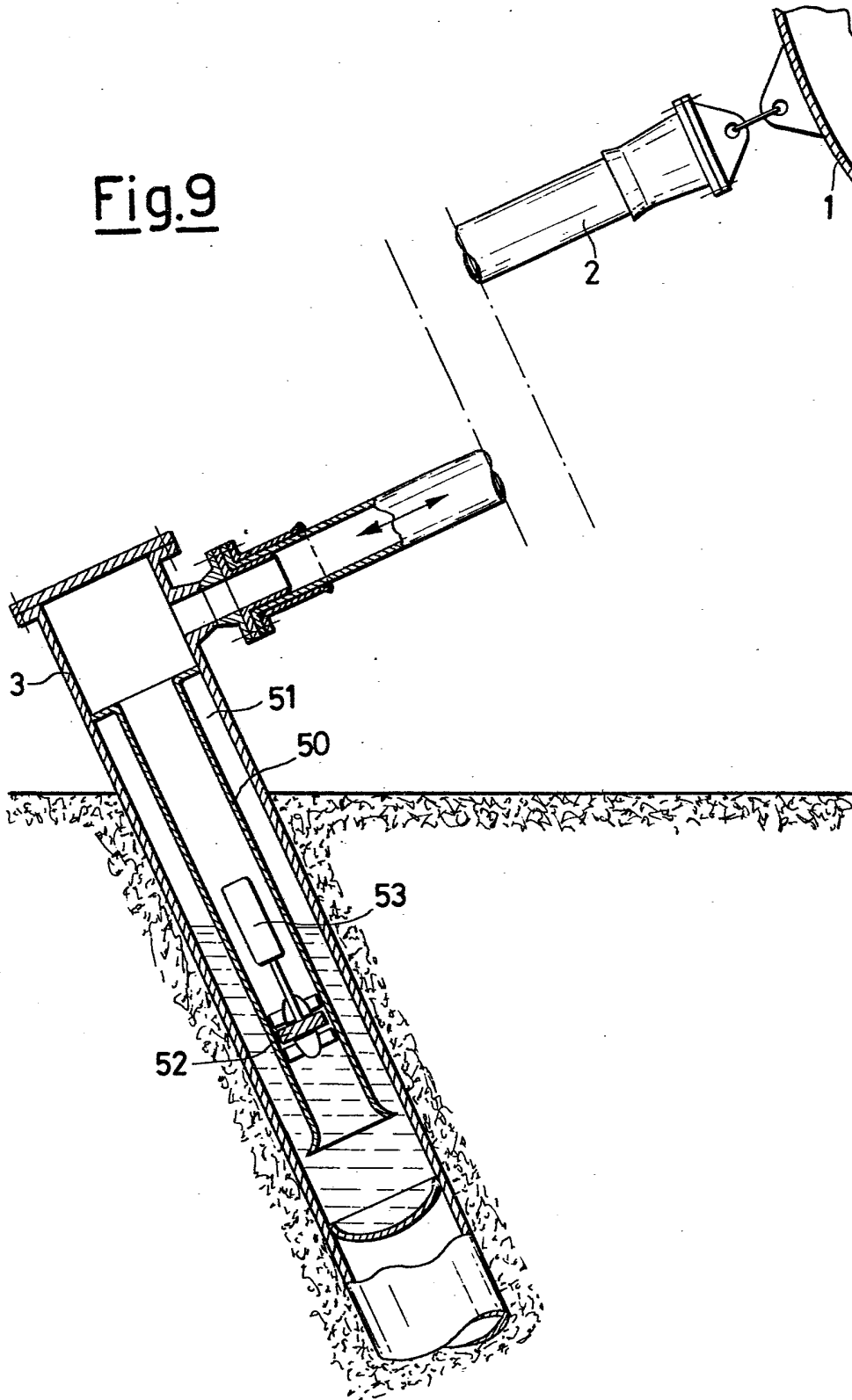
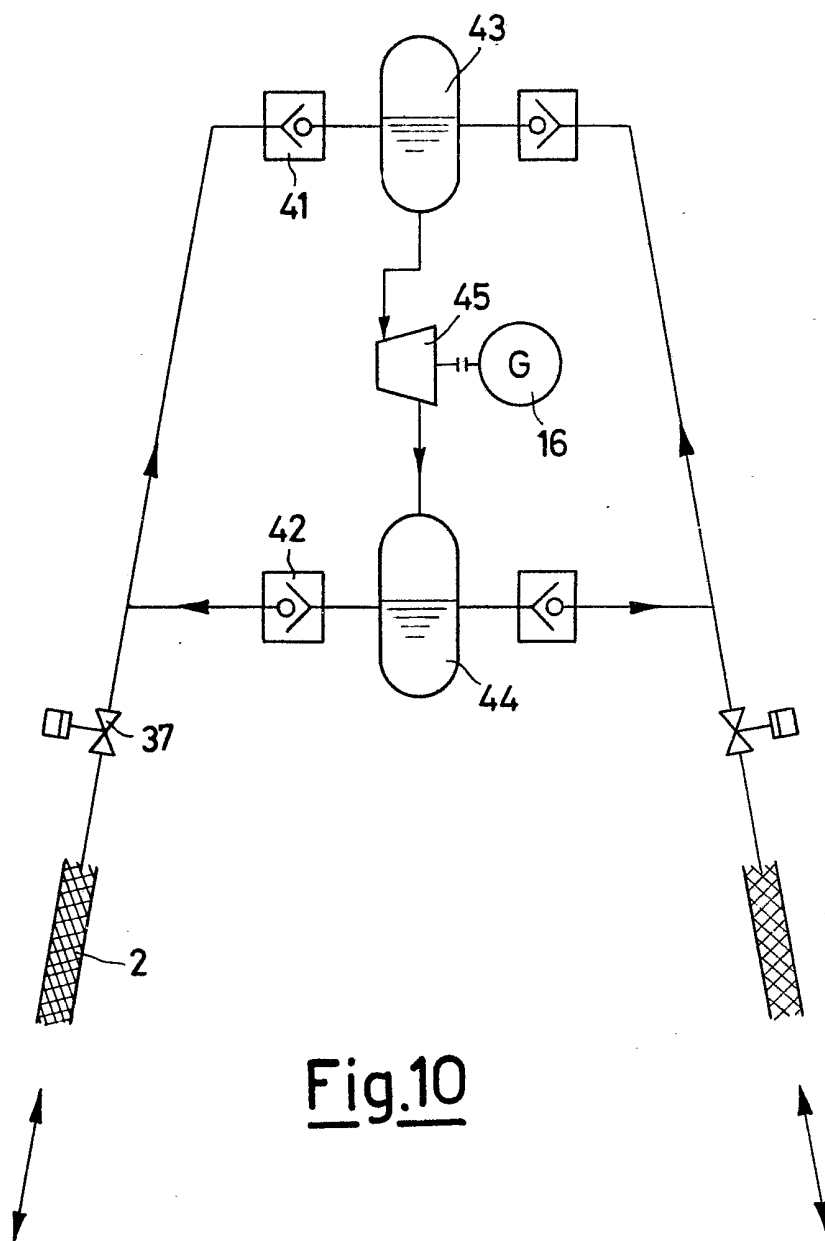
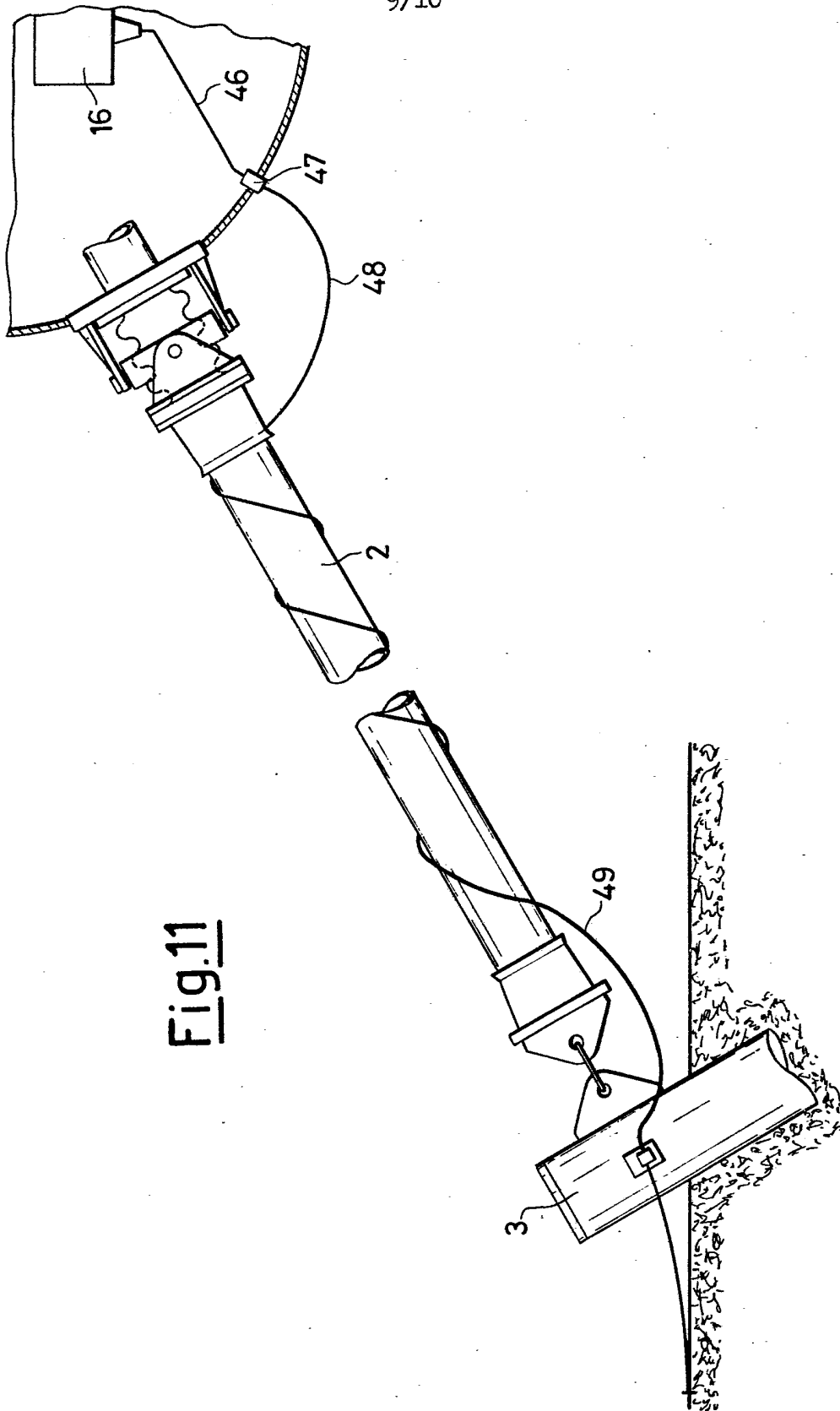


Fig.9



9/10



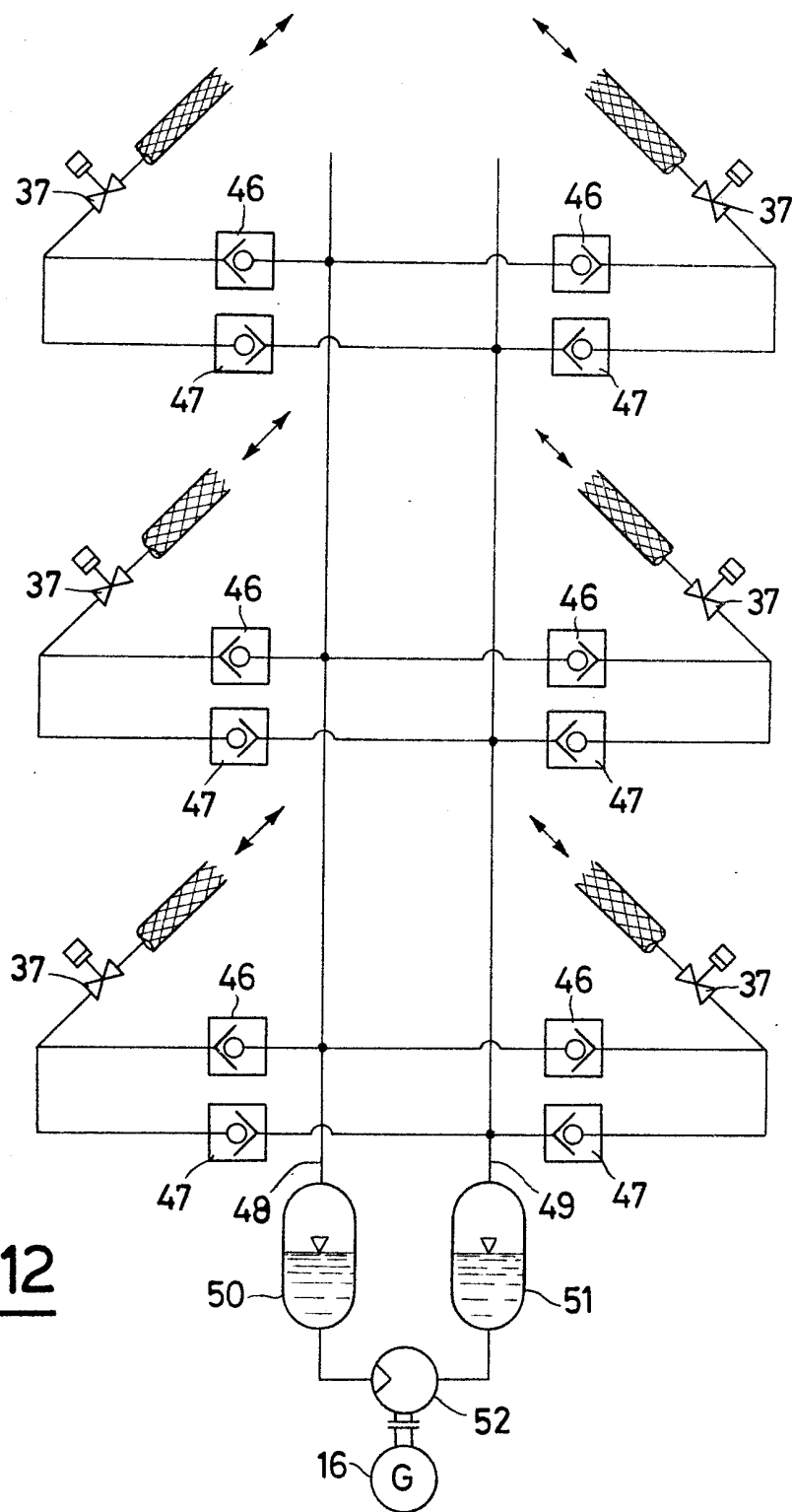


Fig.12