



(11) **EP 3 250 760 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
24.10.2018 Bulletin 2018/43

(21) Numéro de dépôt: **16701780.5**

(22) Date de dépôt: **27.01.2016**

(51) Int Cl.:
E02B 7/12 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2016/051721

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2016/120339 (04.08.2016 Gazette 2016/31)

(54) **DISPOSITIF DE RETENUE D'EAU**
SPEICHERUNGSVORRICHTUNG
PONDAGE DEVICE

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

(30) Priorité: **27.01.2015 FR 1550609**

(43) Date de publication de la demande:
06.12.2017 Bulletin 2017/49

(73) Titulaire: **Electricité de France**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeur: **LOCHU, Alexandre**
73290 La Motte Servolex (FR)

(74) Mandataire: **Regimbeau**
Parc d'affaires Cap Nord A
2, allée Marie Berhaut
CS 71104
35011 Rennes Cedex (FR)

(56) Documents cités:
DE-C- 969 242 FR-A- 1 063 324

EP 3 250 760 B1

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

Description

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

[0001] L'invention se situe dans le domaine des retenues hydrauliques.

[0002] Elle concerne plus précisément un dispositif de retenue d'eau comprenant un barrage, un confortement aval qui prend appui contre la paroi aval de ce barrage par le biais d'un dispositif d'appui permettant de maîtriser les efforts exercés par la paroi aval du barrage sur ledit confortement.

[0003] Le comportement insatisfaisant de certains barrages, ainsi que l'évolution des exigences réglementaires, notamment en termes de protection contre les crues ou les séismes, peuvent nécessiter d'accroître la résistance de ces barrages aux sollicitations extrêmes, voire d'augmenter avantageusement leur durée de vie.

[0004] Une solution consiste à réaliser des confortements structurels de ces barrages, afin de leur redonner des marges de sécurité suffisantes pour résister à ces sollicitations extrêmes.

[0005] Ces confortements peuvent par exemple être réalisés à l'aide d'une structure aval, dite de "confortement aval", sur laquelle le barrage existant vient prendre appui. Dans ce cas, la connaissance et la maîtrise des efforts transmis entre le barrage et le confortement sont fondamentales. La technologie mise en oeuvre pour réaliser l'interface entre les deux ouvrages est donc un élément clé, qui a des conséquences notamment sur la cote de retenue du barrage (hauteur d'eau) pendant la construction du confortement, sur le comportement mécanique final de l'ensemble et sur sa surveillance.

ETAT DE L'ART

[0006] Les solutions mises en oeuvre jusqu'à présent consistent à bloquer les déplacements entre le barrage et la structure aval de confortement, à l'aide de liaisons rigides ou souples.

[0007] Lorsqu'il n'est pas souhaitable de lier le barrage et son confortement de manière rigide, (typiquement entre un barrage voûte et un confortement de type poids), une autre solution existante, mise en oeuvre sur le barrage de Kölnbrein en Autriche, consiste à mettre les deux structures en contact par l'intermédiaire d'appuis élastiques, par exemple en néoprène, disposés en des points précis pour reporter les efforts de la façon souhaitée. A titre purement indicatif, ces appuis peuvent présenter des dimensions de 1 mètre carré environ.

[0008] Toutefois, cette technique pose les problèmes suivants :

- la détermination du positionnement des appuis est complexe et délicate, elle nécessite des modélisations numériques poussées, dont la précision peut s'avérer insuffisante ;
- les efforts transférés par le barrage au confortement

dépendent de ses déplacements horizontaux. Ces derniers étant faibles en pied, peu d'efforts peuvent être transférés en pied, qui est la zone soumise à la plus forte pression hydrostatique de la part de la retenue ;

- il peut être nécessaire de repositionner les appuis au cours du temps en cas d'évolution irréversible du comportement du barrage et/ou de sa fondation ;
- la mise en appui initiale du barrage sur le confortement, de même que toute modification du calage, nécessite de décharger préalablement le barrage par vidange de la retenue d'eau ;
- ce type d'appui nécessite une surveillance lourde et coûteuse et enfin, ne peut pas être mis en oeuvre sous l'eau.

[0009] Le document DE-C-969 242, respectivement le document FR-A-1 063 324, divulgue les caractéristiques du préambule de la revendication 1.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0010] L'invention a donc pour objectif de résoudre les inconvénients précités de l'état de la technique et de proposer une solution technique qui permette de maîtriser soit de manière autonome, soit de manière pilotée, les efforts exercés par la paroi aval d'un barrage de retenue hydraulique sur son confortement aval, et ce, de façon simple à modéliser et à surveiller.

[0011] L'invention a également pour objectif d'offrir une solution qui puisse être mise en oeuvre sous l'eau et qui soit donc applicable aux barrages avec un niveau d'eau aval (comme par exemple le barrage de Vouglans, situé sur la rivière de l'Ain en France).

[0012] Un objectif additionnel de l'invention est de proposer des moyens d'interface qui soient moins onéreux que les dispositifs connus de l'état de la technique.

[0013] L'invention est définie dans la revendication 1. A cet effet, l'invention concerne un dispositif de retenue d'eau comprenant un barrage et un confortement, disposé en aval dudit barrage, dit "confortement aval".

[0014] Conformément à l'invention, ce dispositif comprend au moins un vérin souple intercalé entre le parement aval dudit barrage et le parement amont dudit confortement, ce vérin souple comprend une chambre à l'intérieur de laquelle est stockée de l'eau, cette chambre étant délimitée au moins en partie par une membrane déformable, cette chambre étant maintenue sous pression par des moyens de mise en pression.

[0015] Grâce à ces caractéristiques de l'invention, il est possible en régulant la pression à l'intérieur de la chambre, de maîtriser les efforts exercés par la paroi aval du barrage sur ledit confortement.

[0016] Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou en combinaison :

- ladite chambre est délimitée d'une part par une partie

du parement aval dudit barrage et par une partie du parement amont dudit confortement aval et d'autre part par ladite membrane élastiquement déformable qui s'étend entre lesdits parements aval et amont et qui est fixée à ceux-ci par des moyens de fixation qui assurent l'étanchéité à l'eau,

- ledit vérin souple comprend une membrane déformable qui délimite la totalité de ladite chambre, ce vérin souple étant disposé de sorte que l'une des faces, dite "amont", soit au contact du parement aval dudit barrage et qu'une autre de ses faces, dite "aval", soit au contact du parement amont dudit confortement aval,
- au moins l'une des deux faces opposées dudit vérin souple est au contact d'une partie en saillie dudit parement aval dudit barrage et/ou d'une partie en saillie dudit parement amont dudit confortement aval, telle qu'une poutre d'appui,
- ladite membrane comprend d'une part une partie centrale comprenant ses faces amont et aval et les zones de la membrane qui les relie et d'autre part des extrémités haute et basse, ladite partie centrale est réalisée dans un premier matériau et les extrémités haute et basse sont réalisées dans un matériau distinct dudit premier matériau,
- ladite membrane est réalisée au moins en partie dans un matériau élastiquement déformable, tel qu'un élastomère, un métal élastiquement déformable ou un composite constitué d'un support textile recouvert d'élastomère et/ou recouvert d'une matière plastique,
- les moyens de mise en pression de la chambre dudit vérin souple comprennent au moins un conduit qui traverse ledit barrage et qui débouche à son extrémité, dite "amont" sur le parement amont du barrage et qui, à son autre extrémité, dite "aval", est en communication de fluide avec l'intérieur de la chambre d'au moins un vérin souple, de façon à assurer la mise sous pression de celui-ci, de sorte que la pression hydrostatique en un point situé à une altitude donnée à l'intérieur dudit vérin souple est identique à la pression hydrostatique exercée sur le parement amont dudit barrage en un point situé à la même altitude ;
- les moyens de mise en pression de la chambre dudit vérin souple comprennent un réservoir additionnel d'eau, en communication de fluide avec ledit vérin souple ;
- les moyens de mise en pression de la chambre dudit vérin souple comprennent une pompe de mise sous pression de l'eau contenue dans ledit vérin souple ;

[0017] De façon avantageuse, les moyens de mise en pression de la chambre dudit vérin souple comprennent au moins deux moyens choisis parmi :

- un conduit qui traverse ledit barrage et qui débouche à son extrémité, dite "amont" sur le parement amont

du barrage et qui, à son autre extrémité, dite "aval", est en communication de fluide avec l'intérieur de la chambre dudit vérin souple,

- un réservoir additionnel d'eau, en communication de fluide avec ledit vérin souple,
- une pompe de mise sous pression de l'eau contenue dans ledit vérin souple,

et ledit dispositif de retenue comprend une vanne à plusieurs voies dont les différentes entrées sont raccordées auxdits moyens de mise sous pression respectifs et dont la sortie est raccordée à l'intérieur de la chambre dudit vérin souple de façon à mettre en pression ledit vérin souple sélectivement avec l'un ou l'autre desdits moyens de mise sous pression.

[0018] Selon encore d'autres caractéristiques non limitatives de l'invention :

- le dispositif de retenue comprend un dispositif de pilotage asservi à un capteur de mesure de la pression en amont du barrage, ce dispositif de pilotage régulant le fonctionnement du ou des moyens de mise en pression de la chambre du vérin souple et de la vanne à plusieurs voies ;
- ledit vérin souple est muni d'un dispositif de purge d'air ;
- ledit vérin souple est muni d'un dispositif de vidange de l'eau qu'il contient ;
- ledit vérin souple est un coussin comprenant une membrane qui délimite ladite chambre à l'intérieure de laquelle est stockée l'eau ;
- le dispositif de retenue d'eau comprend au moins un vérin souple, disposé verticalement, de préférence sur toute la hauteur du confortement aval ;
- le dispositif de retenue d'eau comprend au moins un vérin souple, disposé horizontalement, de préférence sur toute la largeur du confortement aval ;
- le dispositif de retenue d'eau comprend plusieurs vérins souples disposés espacés les uns des autres, selon plusieurs rangées horizontales et/ou plusieurs rangées verticales.

[0019] L'invention concerne également un dispositif de retenue d'eau comprenant un barrage et un confortement, disposé en aval dudit barrage, dit "confortement aval".

[0020] Conformément à l'invention, ce dispositif comprend au moins un vérin souple intercalé entre ledit barrage et ledit confortement, ce vérin souple comprend une membrane qui délimite une chambre à l'intérieur de laquelle est stockée de l'eau, cette chambre étant maintenue sous pression par des moyens de mise en pression et ledit vérin souple est disposé de sorte que l'une de ses faces, dite "amont", soit au contact du parement aval dudit barrage et qu'une autre de ses faces, dite "aval", soit au contact du parement amont dudit confortement aval.

PRESENTATION DES FIGURES

[0021] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description qui va maintenant en être faite, en référence aux dessins annexés, qui en représentent, à titre indicatif mais non limitatif, un mode de réalisation possible.

[0022] Sur ces dessins :

- la Figure 1 est une vue schématique en coupe verticale transversale d'un mode de réalisation d'un dispositif de retenue d'eau conforme à l'invention,
- la Figure 2 est une vue en perspective d'une portion de la retenue d'eau de la figure 1,
- la Figure 3 est une vue de détail et en perspective de la partie centrale de la figure 2,
- la Figure 4 est un schéma de principe représentant les différentes pressions qui s'exercent de part et d'autre du barrage, et
- la Figure 5 est un schéma représentant en coupe verticale transversale une partie du barrage et son confortement aval, ainsi qu'un vérin souple,
- la Figure 6 est un schéma représentant le barrage, le confortement, le vérin souple et différents moyens de mise sous pression de ce dernier,
- les Figures 7 et 8 sont des vues schématiques en perspective de différentes dispositions possibles des vérins souples contre la face aval du barrage,
- la figure 9 est un schéma représentant en coupe verticale transversale une partie du barrage et son confortement aval ainsi qu'une autre variante de réalisation du vérin souple.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0023] Le dispositif de retenue d'eau conforme à l'invention va maintenant être décrit en faisant référence à la Figure 1. Sur celle-ci, on peut voir que le dispositif de retenue d'eau 1 comprend un barrage 2 et un confortement 3.

[0024] De préférence, le barrage 2 est un barrage voûté, réalisé en béton, c'est-à-dire un barrage de forme arquée, dont la concavité est tournée vers l'aval et qui permet de reporter une partie des efforts dus à la poussée de l'eau sur les rives, plutôt que sur le barrage lui-même.

[0025] Le barrage 2 repose sur le sol S et présente un parement amont 21, tourné vers l'eau E retenue par le barrage 2, et un parement aval 22, situé à l'opposé.

[0026] Le confortement 3 est une structure de renforcement de préférence en béton, disposée du côté aval du barrage, généralement mais non obligatoirement de moins grande hauteur que le barrage 2 et qui vise à décharger le barrage d'une partie de la pression hydrostatique à laquelle il est soumis par la retenue d'eau E.

[0027] Le confortement 3 repose également sur le sol S et présente un parement amont 31 et un parement opposé aval 32.

[0028] Dans la suite de la description et des revendications,

le terme « parement amont » (respectivement « parement aval ») désigne l'ensemble des faces orientées vers l'amont (respectivement vers l'aval) de l'ouvrage (barrage ou confortement), que ce soit la face principale de cet ouvrage qui peut éventuellement être incurvée ou une face d'un élément (poutre, longrine) faisant saillie depuis cette face principale.

[0029] Conformément à l'invention, au moins un vérin souple 4 est disposé entre le parement aval 22 du barrage 2 et le parement amont 31 du confortement 3, (voir figure 3).

[0030] De préférence, le vérin souple, également appelé "coussin gonflable", comprend un corps déformable constitué d'une membrane 40. La membrane 40 délimite une chambre 41 à l'intérieur de laquelle peut être introduit un liquide, par exemple de l'eau. L'admission de liquide à l'intérieur de la chambre délimitée par le corps du vérin souple 4 permet de mettre celui-ci sous pression.

[0031] Le vérin souple 4 est disposé de façon que l'une de ses faces 401, dite "amont", soit au contact du parement aval 22 dudit barrage (2) et qu'une autre de ses faces 402, dite "aval", soit au contact du parement amont 31 dudit confortement aval 3.

[0032] La membrane déformable 40 peut être réalisée dans différents matériaux aptes à se déformer élastiquement.

[0033] De façon avantageuse, ces matériaux présentent une épaisseur inférieure à leurs autres dimensions (longueur et largeur) et leur rigidité en flexion est inférieure à leur rigidité en traction.

[0034] A titre d'exemple purement illustratif, on peut citer un matériau élastomère, tel du caoutchouc, un composite constitué d'un support textile recouvert d'élastomère et/ou d'une matière plastique ou une tôle métallique, par exemple une tôle d'acier apte à se déformer élastiquement. De préférence, une telle tôle est apte à encaisser une déformation élastique.

[0035] Selon une première variante de réalisation, la membrane déformable 40 est réalisée intégralement dans un unique matériau, tel que l'un de ceux précités.

[0036] Selon une deuxième variante, il est également possible d'avoir une membrane déformable 40 composée de différents matériaux. Ainsi par exemple, il est possible d'avoir la partie centrale de la membrane 40 déformable, (qui correspond sensiblement à celle englobant sa face amont 401 et sa face aval 402), réalisée dans un premier matériau, par exemple dans la tôle métallique précitée et d'avoir les extrémités haute et basse de cette membrane 40 réalisées dans un matériau différent, par exemple dans l'élastomère ou le composite précités.

[0037] Dans ce cas, un joint est prévu entre les parties réalisées dans des matériaux différents pour les relier entre elles et assurer l'étanchéité à l'eau.

[0038] Selon une troisième variante de réalisation, il est également possible d'avoir la partie centrale de la membrane 40 réalisée dans un matériau rigide, par exemple métallique et d'avoir uniquement les extrémités de la membrane 40 réalisées dans un matériau élasti-

quement déformable. Ainsi globalement, le corps du vérin souple conserve son caractère déformable qui lui permet de s'adapter aux variations de pression.

[0039] Enfin, on notera que la face amont 401 et la face aval 402 du vérin souple 4 peuvent également être fixées de manière indissociable respectivement au parement aval 22 du barrage 2 et au parement amont 31 du confortement aval 3.

[0040] Selon une quatrième variante de réalisation représentée sur la figure 9, il est possible d'avoir un vérin souple 4 dont la chambre 41 est délimitée d'une part par une partie du parement aval 22 du barrage 2 et par une partie du parement amont 31 du confortement 3 et d'autre part par une membrane déformable 40 réalisée dans l'un des matériaux précités. Dans ce cas, cette membrane 40 a sensiblement la forme d'un ruban de matériau dont les deux extrémités sont raccordées de façon à former un anneau.

[0041] En outre, le bord annulaire aval de cet anneau est fixé sur la totalité de sa circonférence au parement amont 31 par des moyens de fixation 44, tandis que son bord annulaire amont est fixé également sur la totalité de sa circonférence au parement aval 22 par les moyens de fixation 45.

[0042] Ces moyens de fixation 44, 45 assurent également l'étanchéité à l'eau.

[0043] Un premier mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit plus en détail, en liaison avec la Figure 5.

[0044] La membrane 40 est reliée à un conduit 5 (ou piquage) qui traverse l'épaisseur du barrage 2. Ce conduit 5 débouche à son extrémité amont 51 sur le parement amont 21 du barrage 2, tandis que son extrémité opposée 52, dite "extrémité aval", est en communication de fluide avec l'intérieur de la chambre 41 du vérin souple 4. De préférence, une vanne 53 est intercalée entre l'extrémité 52 du conduit et le vérin souple 4.

[0045] Ceci permet de remplir le vérin souple 4 avec l'eau E de la retenue d'eau se trouvant en amont du barrage 2 et de mettre ce vérin 4 sous pression.

[0046] Le principe du fonctionnement du vérin souple va maintenant être décrit en liaison avec la Figure 4, qui représente uniquement le barrage 2.

[0047] Sur la partie gauche de la Figure 4, on a représenté la pression hydrostatique exercée par l'eau E sur le parement amont 21 du barrage (flèches i).

[0048] A une altitude donnée z, la pression hydrostatique p répond à la formule suivante :

$$p = \rho \cdot g \cdot (Z_0 - z) + p_0$$

où ρ représente la masse volumique du liquide, g représente l'accélération de la pesanteur z représente l'altitude d'un point donné et p_0 la pression à l'altitude Z_0 .

[0049] La valeur de la pression hydrostatique est donc directement liée à l'altitude à laquelle on se trouve sous

l'eau, ce qui explique qu'elle soit particulièrement forte à la base du barrage, là où se trouve la plus grande hauteur d'eau, (voir flèches i les plus longues).

[0050] Sur la partie droite de la Figure 4, c'est-à-dire à l'aval du barrage 2, on a représenté la contre-pression exercée sur le parement aval 22 par chaque vérin souple 4 au droit de celui-ci. Cette contre-pression est ainsi représentée par les flèches j.

[0051] Du fait de la mise en communication du vérin souple 4 avec l'eau contenue dans la retenue d'eau, la contre-pression exercée par chaque vérin souple 4 est égale à la pression hydrostatique exercée sur le parement amont 21 du barrage.

[0052] On notera toutefois que les vérins souples 4 ne sont pas disposés sur la totalité du parement aval 22 du barrage mais uniquement sur une portion de sa surface. En conséquence, à une altitude donnée la pression moyenne (représentée par les flèches k) exercée sur le parement aval 22 du barrage n'est qu'un pourcentage de la pression dans les vérins 4 (qui elle est égale à la pression hydrostatique générée par la retenue d'eau dans ce premier mode de réalisation) et cette pression moyenne est déterminée par le ratio : (largeur totale des vérins souples 4 à une altitude donnée)/(largeur du parement aval 22 à cette même altitude).

[0053] Le nombre et la répartition des vérins souples seront adaptés en fonction des efforts que l'on souhaite transmettre entre le barrage 2 et son confortement 3.

[0054] Par ailleurs, on notera que dans l'exemple représenté sur la figure 5, l'extrémité aval 52 du conduit débouche dans la partie supérieure de la chambre 41 délimitée par la membrane 40.

[0055] Toutefois, ceci n'est pas obligatoire, l'extrémité 52 du conduit 5 peut déboucher dans n'importe quelle partie de la chambre 41 et ceci est sans incidence sur la pression hydrostatique régnant en un point donné dans la chambre 41, puisque celle-ci est liée à l'écart entre l'altitude de la surface de l'eau E se trouvant dans la retenue et l'altitude (profondeur) de ce point donné, comme expliqué précédemment.

[0056] On notera cependant que l'altitude à laquelle débouche l'extrémité amont 51 du conduit 5 détermine le niveau d'eau E en deçà duquel le couplage hydraulique entre la retenue d'eau E et le vérin souple 4 n'existe plus. Si l'on souhaite conserver ce couplage, il conviendra d'ajuster l'altitude de l'extrémité 51 en tenant compte du niveau minimum d'eau E dans la retenue en cours d'exploitation.

[0057] La mise sous pression du vérin souple 4 à l'aide du conduit 5 permet d'avoir un dispositif autonome qui fournit, du côté aval du barrage 2, une contre-pression isobare à la pression hydrostatique régnant du côté amont du barrage.

[0058] Les vérins souples exercent une contre-pression sur le parement aval, qui vient donc réduire la pression globalement reçue par le barrage. De ce fait, le barrage se retrouve soulagé d'une fraction de son chargement. Ces efforts sont en revanche intégralement repor-

tés par les vérins souples sur le confortement 3.

[0059] On notera que lorsqu'il y a plusieurs vérins souples 4, la chambre 41 de chacun d'entre eux peut être reliée à un conduit 5 traversant le barrage 2 (il y a donc autant de conduits 5 que de vérins souple 4 (voir figure 3)) ou bien ces chambres 41 peuvent être reliées à un unique conduit 5 qui les alimente toutes en liquide, ou encore plusieurs conduits 5 peuvent alimenter chacun plusieurs vérins.

[0060] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les vérins souples 4 peuvent être mis sous pression par un piquage hydraulique 61 relié à un réservoir additionnel 6 autre que la retenue du barrage (voir figure 6).

[0061] Ce réservoir d'eau additionnel 6 permet de maintenir le vérin souple 4 à une pression hydrostatique donnée, qui peut être identique, supérieure ou inférieure, à celle régnant à une altitude donnée dans la retenue d'eau E, en fonction de l'altitude de ce réservoir et de son niveau de remplissage. Sur la figure 6, l'altitude de la surface de l'eau dans le réservoir 6 est supérieure à celle de la retenue d'eau E, ce qui permet d'obtenir une pression hydrostatique dans le vérin 4 supérieure à celle que l'on pourrait obtenir avec la retenue d'eau via le conduit 5.

[0062] Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, le vérin souple 4 peut être mis sous pression à l'aide d'une pompe 7 de mise sous pression, via une canalisation 71.

[0063] Dans tous les cas, la pression p dans la chambre 41 varie de manière hydrostatique sur la hauteur du vérin selon la formule précitée $p = \rho \cdot g \cdot (z_0 - z) + p_0$

[0064] Le mode de mise sous pression détermine simplement l'altitude du point de pression nulle de la droite de pression hydrostatique s'exerçant sur la hauteur du vérin (point d'altitude z_0 où $p_0 = 0$). Avec une connexion isobare avec la retenue, l'altitude z_0 du point de pression nulle correspond au niveau de la surface de la retenue d'eau E. Avec un réservoir annexe, le point de pression nulle correspond au niveau de la surface de l'eau dans le réservoir 6. Avec une pompe 7, on impose une pression p_0 à l'altitude de la pompe z_0 , puis elle varie linéairement selon la même formule sur la hauteur du vérin souple 4.

[0065] Dans l'exemple représenté sur la figure 6, le vérin souple 4 peut être mis sous pression sélectivement soit par le conduit 5, soit par le réservoir d'eau additionnel 6, soit par la pompe 7 et ce, à l'aide d'une vanne à plusieurs voies 8, ici une vanne à quatre voies, reliée au vérin par une canalisation 44.

[0066] Le réservoir 6 et la pompe 7 peuvent ainsi servir de moyens de secours si le conduit 5 était obturé par exemple.

[0067] Le fonctionnement du réservoir 6 et/ou de la pompe 7 et de la vanne 8 peut être réalisé par un dispositif de pilotage 9 (unité centrale) lui-même asservi à un capteur 90 de mesure de la pression en amont du barrage 2, (voir figure 6).

[0068] Selon une autre variante de réalisation simpli-

fiée, il est également possible de ne prévoir qu'un seul ou deux des trois moyens précités de mise sous pression 5, 6, 7 du vérin souple 4. Dans le cas où l'on n'utilise que les moyens 6 ou 7, cela permet éventuellement de dé-

corréliser totalement la pression régnant dans le vérin souple 4 de la pression hydrostatique en amont du barrage. **[0069]** Quels que soient les moyens de mise sous pression 5, 6, 7 utilisés, il sera avantageux de prévoir des moyens distincts de remplissage du ou des vérins souples 4 avec de l'eau, de façon à gonfler les vérins et leur donner leur forme initiale.

[0070] De façon également avantageuse, et comme schématisé sur la figure 5, des moyens 42 d'évacuation de l'air (purge) et des moyens 43 de vidange peuvent être prévus respectivement en partie haute et basse du vérin souple 4. Les moyens de vidange 43 permettent de vider le vérin 4 soit totalement en cas de maintenance, soit partiellement pour réguler la pression dans le vérin. Ils peuvent également être actionnés par le dispositif de pilotage 9.

[0071] Différentes répartitions des vérins souples 4 entre le barrage 2 et son confortement aval 3 sont envisageables. Quelques exemples purement illustratifs mais non limitatifs sont cités ci-après.

[0072] Selon une première variante de réalisation représentée sur la figure 5 et sur la moitié gauche de la figure 7, les vérins souples 4 sont constitués par des « boudins » disposés verticalement ou sensiblement verticalement, de préférence mais pas forcément sur toute la hauteur du confortement 3 (ce dernier étant visible uniquement sur la figure 5). L'espacement entre deux vérins peut être différent de l'un à l'autre, de même que leur largeur et leur hauteur.

[0073] Il est également envisageable, comme représenté sur la moitié droite de la figure 5, de disposer plusieurs vérins souples 4 successifs le long d'une même ligne verticale, par exemple pour s'adapter à des contraintes de fabrication des vérins souples, telles que leur hauteur maximale.

[0074] Les vérins souples 4 peuvent également être disposés horizontalement (voir par exemple la moitié droite de la figure 8). Ils peuvent aussi être disposés selon plusieurs rangées horizontales ou plusieurs colonnes verticales (voir par exemple la moitié gauche de la Figure 8). Sur cette même partie gauche de la Figure 8, on peut voir que ces vérins souples 4 peuvent être disposés par exemple en quinconce sur des rangées différentes.

[0075] Enfin, on notera que l'écartement entre plusieurs vérins souples 4 successifs d'une même rangée horizontale n'est pas forcément constant.

[0076] Sur les figures et dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, les vérins souples 4 sont positionnés de façon qu'une de leur face soit au contact direct du parement aval 22 du barrage 2 et que leur face opposée soit au contact du parement amont 31 du contrefort 3. Toutefois, on notera qu'au moins l'une des faces du vérin souple pourrait être disposée contre une poutre d'appui, c'est-à-dire une section en béton solidaire du barrage 2

ou du confortement 3, ou comme tout autre dispositif d'appui rigide. De telles poutres 33 solidaires du confortement 3 et de telles poutres 23 solidaires du barrage 2 sont visibles sur la figure 3. Dans le cas où le parement aval 22 du barrage est courbe, de telles poutres d'appui peuvent permettre d'aplanir la surface d'appui des vérins 4, et de la rendre verticale. De plus, pour un espacement donné entre le parement aval 22 du barrage et le parement amont 31 du confortement 3, l'usage de poutres d'appui permet par ailleurs de réduire l'espace à combler par les vérins souples 4, c'est-à-dire leur épaisseur une fois remplis. Dans le cas d'une disposition verticale des vérins, ceci permet par exemple de ménager un espace suffisant entre les parements du barrage et du confortement pour pouvoir accéder au pied du barrage (puits), tout en limitant l'épaisseur des vérins souples 4. Ceci présente un intérêt particulier de faisabilité dans la mesure où les sollicitations de traction régnant dans la membrane des vérins souples sont directement proportionnelles à l'épaisseur des vérins.

[0077] L'invention présente notamment les avantages techniques mentionnés ci-après.

[0078] La modélisation du comportement du barrage couplé à celui de son confortement est relativement simplifiée par rapport aux systèmes de l'état de la technique, et notamment à l'utilisation d'appuis en néoprène. En effet avec des appuis néoprènes, l'effort exercé par chaque appui (typiquement plusieurs centaines) dépend de son écrasement (comme un ressort, $F = kx$). Or son écrasement va dépendre du mouvement de la voûte au point d'appui, ainsi que de celui du confortement (c'est le mouvement différentiel qui compte). Une différence d'écrasement de quelques mm peut faire varier l'effort transmis au confortement de plusieurs dizaines de pourcent : d'où la grande précision requise dans la modélisation préalable au calage des appuis, difficilement atteignable. En revanche avec les vérins souples, leur effet sur le barrage ne dépend pas de ces déplacements, puisque les vérins s'y adaptent automatiquement en maintenant l'effort constant (en toute rigueur la pression, mais la variation de largeur d'appui des vérins associée à une variation d'épaisseur est marginale sur la plage de déplacements considérée, centimétrique).

[0079] La surveillance des vérins souples est aisée et ils peuvent être mis en oeuvre sous l'eau, ce qui les rend applicables à des barrages présentant un niveau d'eau en aval.

[0080] L'emploi des vérins souples permet d'avoir un dispositif auto-adaptatif. L'effort transmis entre le barrage 2 et le confortement 3 est constant et connu et ce, quels que soient leurs déformations et déplacements relatifs, par exemple dus à la dilatation thermique, au fluage ou au gonflement. Les parois du vérin souple peuvent s'écarter ou se rapprocher pour suivre les mouvements du barrage 2 et du confortement 3, sans incidence sur l'effort transféré au confortement 3.

[0081] Enfin, dans le cas où les vérins souples sont reliés directement à la retenue par un système de piqua-

ge 5, au travers du barrage 2, le système est autonome et passif puisque la pression dans les vérins 4 suit les variations de la charge hydrostatique qui s'applique en amont du barrage sans qu'il soit nécessaire de la réguler par l'usage d'un automate, contrairement au mode de réalisation par mise en pression par pompe.

[0082] Enfin, la solution de l'invention présente également les avantages économiques et environnementaux suivants :

Le coût total est réduit par rapport au coût des appuis en néoprène et de leur système de calage et d'auscultation.

[0083] Du fait de son caractère auto-adaptatif, les vérins souples peuvent être mis en place quel que soit l'état de contrainte du barrage (induit notamment par le niveau de remplissage du réservoir E, mais également par l'état thermique du barrage 2), au moment de la mise en service du confortement 3. Ainsi, il n'est pas nécessaire de vider la retenue d'eau du barrage 2 préalablement à sa mise en appui contre le confortement 3, comme tel est le cas dans les solutions existantes. L'invention permet donc d'éviter des pertes d'exploitation importantes et diminue l'impact environnemental lié à la vidange nécessaire avec les solutions de l'état de la technique.

Revendications

1. Dispositif de retenue d'eau (1) comprenant un barrage (2) et un confortement (3), disposé en aval dudit barrage, dit "confortement aval", **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un vérin souple (4) intercalé entre un parement aval (22) dudit barrage (2) et un parement amont (31) dudit confortement (3), **en ce que** ce vérin souple (4) comprend une chambre (41) à l'intérieur de laquelle est stockée de l'eau, cette chambre (41) étant délimitée au moins en partie par une membrane déformable (40), cette chambre (41) étant maintenue sous pression par des moyens de mise en pression (5, 6, 7).
2. Dispositif de retenue d'eau (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite chambre (41) est délimitée d'une part par une partie du parement aval (22) dudit barrage (2) et par une partie du parement amont (31) dudit confortement aval (3) et d'autre part par ladite membrane (40) élastiquement déformable qui s'étend entre lesdits parements aval (22) et amont (31) et qui est fixée à ceux-ci par des moyens de fixation 44, 45 qui assurent l'étanchéité à l'eau.
3. Dispositif de retenue d'eau (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit vérin souple (4) comprend une membrane déformable (40) qui délimite la totalité de ladite chambre (41), ce vérin souple (4) étant disposé de sorte que l'une des faces (401), dite "amont", soit au contact du parement aval (22) dudit barrage (2) et qu'une autre de ses faces (402), dite "aval", soit au contact du parement amont (31)

dudit confortement aval (3).

4. Dispositif de retenue d'eau (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des deux faces opposées (401, 402) dudit vérin souple (4) est au contact d'une partie (23) en saillie dudit parement aval (22) dudit barrage (2) et/ou d'une partie (33) en saillie dudit parement amont (31) dudit confortement aval (3), telle qu'une poutre d'appui. 5
5. Dispositif de retenue d'eau (1) selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** ladite membrane (40) comprend d'une part, une partie centrale comprenant ses faces amont (401) et aval (402) et les zones de la membrane qui les relient et d'autre part, des extrémités haute (403) et basse (404), et **en ce que** ladite partie centrale est réalisée dans un premier matériau et les extrémités haute (403) et basse (404) sont réalisées dans un matériau distinct dudit premier matériau. 10 15 20
6. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite membrane (40) est réalisée au moins en partie dans un matériau élastiquement déformable, tel qu'un élastomère, un métal élastiquement déformable ou un composite constitué d'un support textile recouvert d'élastomère et/ou recouvert d'une matière plastique. 25 30
7. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de mise en pression de la chambre (41) dudit vérin souple (4) comprennent au moins un conduit (5) qui traverse ledit barrage (2) et qui débouche à son extrémité (51), dite "amont" sur le parement amont (21) du barrage et qui, à son autre extrémité (52), dite "aval", est en communication de fluide avec l'intérieur de la chambre (41) d'au moins un vérin souple (4), de façon à assurer la mise sous pression de celui-ci, de sorte que la pression hydrostatique en un point situé à une altitude donnée à l'intérieur dudit vérin souple (4) est identique à la pression hydrostatique exercée sur le parement amont (21) dudit barrage (2) en un point situé à la même altitude. 35 40 45
8. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les moyens de mise en pression de la chambre (41) dudit vérin souple (4) comprennent un réservoir additionnel (6) d'eau, en communication de fluide avec ledit vérin souple (4). 50
9. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les moyens de mise en pression de la chambre (41) dudit vérin souple (4) comprennent une pompe (7) de mise sous pression de l'eau contenue dans ledit vé-

rin souple.

10. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les moyens de mise en pression de la chambre (41) dudit vérin souple (4) comprennent au moins deux moyens choisis parmi :
 - un conduit (5) qui traverse ledit barrage (2) et qui débouche à son extrémité (51), dite "amont" sur le parement amont (21) du barrage et qui, à son autre extrémité (52), dite "aval", est en communication de fluide avec l'intérieur de la chambre (41) dudit vérin souple (4),
 - un réservoir additionnel (6) d'eau, en communication de fluide avec ledit vérin souple (4),
 - une pompe de mise sous pression de l'eau contenue dans ledit vérin souple,
 et **en ce que** ledit dispositif de retenue comprend une vanne à plusieurs voies (8) dont les différentes entrées sont raccordées auxdits moyens de mise sous pression respectifs et dont la sortie est raccordée à l'intérieur de la chambre (41) dudit vérin souple (4) de façon à mettre en pression ledit vérin souple (4) sélectivement avec l'un ou l'autre desdits moyens de mise sous pression. 10 15 20 25 30
11. Dispositif de retenue d'eau (1) selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'**il comprend un dispositif de pilotage (9) asservi à un capteur (90) de mesure de la pression en amont du barrage (2), ce dispositif de pilotage (9) régulant le fonctionnement du ou des moyens (5, 6, 7) de mise en pression de la chambre (41) du vérin souple (4) et de la vanne à plusieurs voies (8). 35 40
12. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit vérin souple (4) est muni d'un dispositif de purge d'air (42). 45
13. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit vérin souple (4) est muni d'un dispositif de vidange (43) de l'eau qu'il contient.
14. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins un vérin souple (4), disposé verticalement, de préférence sur toute la hauteur du confortement aval (3) et/ou au moins un vérin souple (4), disposé horizontalement, de préférence sur toute la largeur du confortement aval (3).
15. Dispositif de retenue d'eau (1) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'**il comprend plusieurs vérins souples (4) disposés espacés

les uns des autres, selon plusieurs rangées horizontales et/ou plusieurs rangées verticales.

Patentansprüche

1. Wasserrückhaltevorrichtung (1), aufweisend einen Damm (2) und eine Verstärkung (3), die stromabwärtig zum Damm angeordnet ist, als "stromabwärtige Verstärkung" bezeichnet, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens einen flexiblen Zylinder (4) zwischen einer stromabwärtigen Verkleidung (22) des Damms (2) und einer stromaufwärtigen Verkleidung (31) der Verstärkung (3) umfasst, dass dieser flexible Zylinder (4) eine Kammer (41) umfasst, in deren Inneren Wasser gespeichert ist, wobei diese Kammer (41) mindestens teilweise von einer verformbaren Membran (40) begrenzt ist, wobei diese Kammer (41) von Unterdrucksetzungsmitteln (5, 6, 7) unter Druck gehalten wird.
2. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (41) zum einen von einem Teil der stromabwärtigen Verkleidung (22) des Damms (2) und von einem Teil der stromaufwärtigen Verkleidung (31) der stromabwärtigen Verstärkung (3) und zum anderen von der elastisch verformbaren Membran (40) begrenzt wird, die sich zwischen der stromabwärtigen (22) und stromaufwärtigen (31) Verkleidung erstreckt und die an diesen mit Befestigungsmitteln (44, 45) befestigt ist, die die Wasserdichtigkeit sichern.
3. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der flexible Zylinder (4) eine verformbare Membran (40) umfasst, welche die Gesamtheit der Kammer (41) begrenzt, wobei dieser flexible Zylinder (4) derart angeordnet ist, dass eine der Flächen (401), bezeichnet als "stromaufwärtig", im Kontakt mit der stromabwärtigen Verkleidung (22) des Damms (2) ist und dass eine andere ihrer Flächen (402), bezeichnet als "stromabwärtig", im Kontakt mit der stromaufwärtigen Verkleidung (31) der stromabwärtigen Verstärkung (3) ist.
4. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der zwei gegenüberliegenden Flächen (401, 402) des flexiblen Zylinders (4) im Kontakt mit einem hervorstehenden Teil (23) der stromabwärtigen Verkleidung (22) des Damms (2) und/oder einem hervorstehenden Teil (33) der stromaufwärtigen Verkleidung (31) der stromabwärtigen Verstärkung (3) wie ein Stützbalken ist.
5. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran (40) zum einen einen zentralen Teil umfasst,

der ihre stromaufwärtige (401) und stromabwärtige (402) Fläche und die Zonen der Membran, die sie verbinden, und zum anderen ein hohes (403) und tiefes (404) Ende umfasst,

und dass der zentrale Teil aus einem ersten Material und das hohe (403) und tiefe (404) Ende aus einem Material, das sich von dem ersten Material unterscheidet, hergestellt ist.

6. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran (40) mindestens teilweise aus einem elastisch verformbaren Material wie ein Elastomer, einem elastisch verformbaren Metall oder einem Komposit, gebildet aus einem textilen Träger, bedeckt mit Elastomer und/oder bedeckt mit einem Kunststoff, hergestellt ist.
7. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterdrucksetzungsmittel der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) mindestens eine Leitung (5) umfassen, die den Damm (2) durchquert und die an ihrem Ende (51), bezeichnet als "stromaufwärtig", auf der stromaufwärtigen Verkleidung (21) des Damms ausmündet und die, an ihrem anderen Ende (52), bezeichnet als "stromabwärtig", in Fluidkommunikation mit dem Inneren der Kammer (41) mindestens eines flexiblen Zylinders (4) derart ist, dass die Unterdrucksetzung desselben gesichert ist, so dass der hydrostatische Druck an einem Punkt, befindlich in einer bestimmten Höhe im Inneren des flexiblen Zylinders (4), identisch ist mit dem hydrostatischen Druck, der auf die stromaufwärtige Verkleidung (21) des Damms (2) an einem Punkt ausgeübt wird, der sich auf derselben Höhe befindet.
8. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterdrucksetzungsmittel der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) ein zusätzliches Wasserreservoir (6) in Fluidkommunikation mit dem flexiblen Zylinder (4) umfassen.
9. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterdrucksetzungsmittel der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) eine Unterdrucksetzungspumpe (7) des in dem flexiblen Zylinder enthaltenen Wassers umfassen.
10. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterdrucksetzungsmittel der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) mindestens zwei Mittel umfassen, ausgewählt aus:

- einer Leitung (5), die den Damm (2) durchquert

und die an ihrem Ende (51), bezeichnet als "stromaufwärtig", auf der stromaufwärtigen Verkleidung (21) des Damms, ausmündet und die, an ihrem anderen Ende (52), bezeichnet als "stromabwärtig", in Fluidkommunikation mit dem Inneren der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) ist,

- einem zusätzlichen Wasserreservoir (6) in Fluidkommunikation mit dem flexiblen Zylinder (4),
- einer Unterdrucksetzungspumpe des in dem flexiblen Zylinder enthaltenen Wassers,

und dass die Rückhaltevorrichtung ein Mehrwegeventil (8) umfasst, dessen verschiedene Eingänge mit den jeweiligen Unterdrucksetzungsmitteln verbunden sind und dessen Ausgang mit dem Inneren der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) derart verbunden ist, dass der flexible Zylinder (4) selektiv mit dem einen oder dem anderen der Unterdrucksetzungsmittel unter Druck gesetzt wird.

11. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Steuervorrichtung (9) umfasst, gesteuert von einem Messsensor (90) des stromaufwärtigen Drucks des Damms (2), wobei diese Steuervorrichtung (9) den Betrieb des oder der Unterdrucksetzungsmittel (5, 6, 7) der Kammer (41) des flexiblen Zylinders (4) und des Mehrwegeventils (8) regelt.
12. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der flexible Zylinder (4) mit einer Luftablassvorrichtung (42) ausgestattet ist.
13. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der flexible Zylinder (4) mit einer Entleerungsvorrichtung (43) des Wassers, das er enthält, ausgestattet ist.
14. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens einen flexiblen Zylinder (4), der vertikal angeordnet ist, vorzugsweise über die gesamte Höhe der stromabwärtigen Verstärkung (3), und/oder mindestens einen flexiblen Zylinder (4), der horizontal angeordnet ist, vorzugsweise über die gesamte Breite der stromabwärtigen Verstärkung (3), umfasst.
15. Wasserrückhaltevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mehrere flexible Zylinder (4) umfasst, die in mehreren horizontalen Reihen und/oder mehreren vertikalen Reihen beabstandet voneinander angeordnet sind.

Claims

1. A pondage device (1) comprising a dam (2) and an improvement (3), arranged downstream of said dam, called a "downstream improvement," **characterized in that** it comprises at least one flexible jack (4) interposed between a downstream facing (22) of said dam (2) and an upstream facing (31) of said improvement (3), **in that** this flexible jack (4) comprises a chamber (41) inside of which water is stored, this chamber (41) being delimited at least in part by a deformable membrane (40), this chamber (41) being kept under pressure by pressurization means (5, 6, 7).
2. The pondage device (1) according to claim 1, **characterized in that** said chamber (41) is delimited, on the one hand, by a portion of the downstream facing (22) of said dam (2) and by a portion of the upstream facing (31) of said downstream improvement (3) and, on the other hand, by said elastically deformable membrane (40) which extends between said downstream facing (22) and upstream facing (31) and which is attached thereto by attachment means (44, 45) which ensure watertightness.
3. The pondage device (1) according to claim 1, **characterized in that** said flexible jack (4) comprises a deformable membrane (40) which delimits the totality of said chamber (41), this flexible jack (4) being arranged so that one of the faces (401), called the "upstream" face, is in contact with the downstream facing (22) of said dam (2) and that another of its faces (402), called the "downstream" face, is in contact with the upstream facing (31) of said downstream improvement (3).
4. The pondage device (1) according to claim 3, **characterized in that** at least one of the two opposite faces (401, 402) of said flexible jack (4) is in contact with a projecting portion (23) of said downstream facing (22) of said dam (2) and/or with a projecting portion (33) of said upstream facing (31) of said downstream improvement (3), such as a support beam.
5. The pondage device (1) according to claim 3 or 4, **characterized in that** said membrane (40) comprises, on the one hand, a central portion comprising its upstream (401) and downstream (402) faces and the zones of the membrane that connect them and, on the other hand, upper (403) and lower (404) ends, and **in that** said central portion is made of a first material and the upper (403) and lower (404) ends are made in a material distinct from the first material.
6. The pondage device (1) according to one of the foregoing claims, **characterized in that** said membrane (40) is made at least in part of an elastically deform-

able material, such as an elastomer, an elastically deformable metal or a composite consisting of a textile substrate covered with an elastomer and/or covered with a plastic.

7. The pondage device (1) according to one of the foregoing claims, **characterized in that** the pressurization means of the chamber (41) of said flexible jack (4) comprise at least one line (5) which passes through said dam (2) and which leads at its so-called "upstream" end (51) on the upstream facing (21) of the dam and which, at its other so-called "downstream" end (52), is in fluid communication with the interior of the chamber (41) of the flexible jack (4), so as to provide for the pressurization thereof, so that the hydrostatic pressure at a point located at a given altitude inside said flexible jack (4) is identical to the hydrostatic pressure exerted on the upstream facing (21) of said dam (2) at a given point at the same altitude.
8. The pondage device (1) according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the pressurization means of the chamber (41) of said flexible jack (4) comprise an additional water reservoir (6) in fluid communication with said flexible jack (4).
9. The pondage device (1) according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the pressurization means of the chamber (41) of said flexible jack (4) comprise a pump (7) for pressurizing the water contained in said flexible jack.
10. The pondage device (1) according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the pressurization means of the chamber (41) of said flexible jack (4) comprise at least two means selected from:
 - a line (5) which passes through said dam (2) and which leads at its so-called "upstream" end (51) on the upstream facing (21) of the dam and which, at its other so-called "downstream" end (52), is in fluid communication with the interior of the chamber (41) of said flexible jack (4),
 - an additional water reservoir (6), in fluid communication with said flexible jack (4),
 - a pump for pressurizing the water contained in said flexible jack,

and **in that** said pondage device comprises a multi-port valve (8), the different inputs whereof are connected to said respective pressurization means and the output whereof is connected to the interior of the chamber (41) of said flexible jack (4) so as to selectively pressurize said flexible jack (4) with one or another of said pressurization means.

11. The pondage device (1) according to claim 10, **char-**

acterized in that it includes a control device (9) slaved to a sensor (90) for measuring the pressure upstream of the dam (2), this control device (9) regulating the operation of the pressurization means (5, 6, 7) of the chamber (41) of the flexible jack (4) and of the multi-port valve (8).

12. The pondage device (1) according to one of the foregoing claims, **characterized in that** said flexible jack (4) is equipped with an air purging device (42).
13. The pondage device (1) according to one of the foregoing claims, **characterized in that** the flexible jack (4) is equipped with a device (43) for draining the water that it contains.
14. The pondage device (1) according to one of the foregoing claims, **characterized in that** it comprises at least one flexible jack (4) positioned vertically, preferably over the entire height of the downstream improvement (3) and/or at least one flexible jack (4) positioned horizontally, preferably over the entire width of the downstream improvement (3).
15. The pondage device (1) according to one of claims 1 to 13, **characterized in that** it comprises several flexible jacks (4) positioned spaced away from each other, along several horizontal rows and/or several vertical rows.

FIG. 1

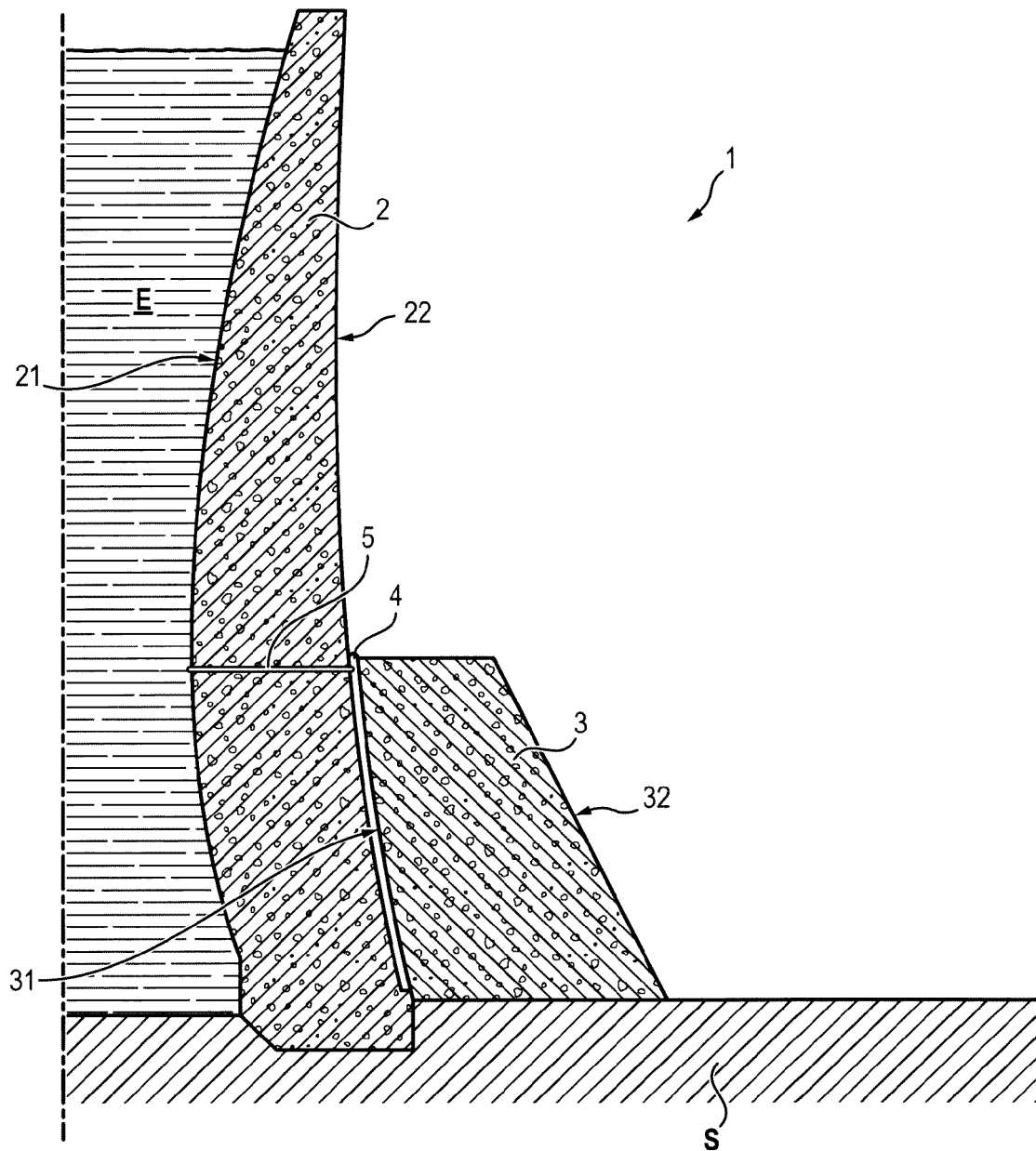
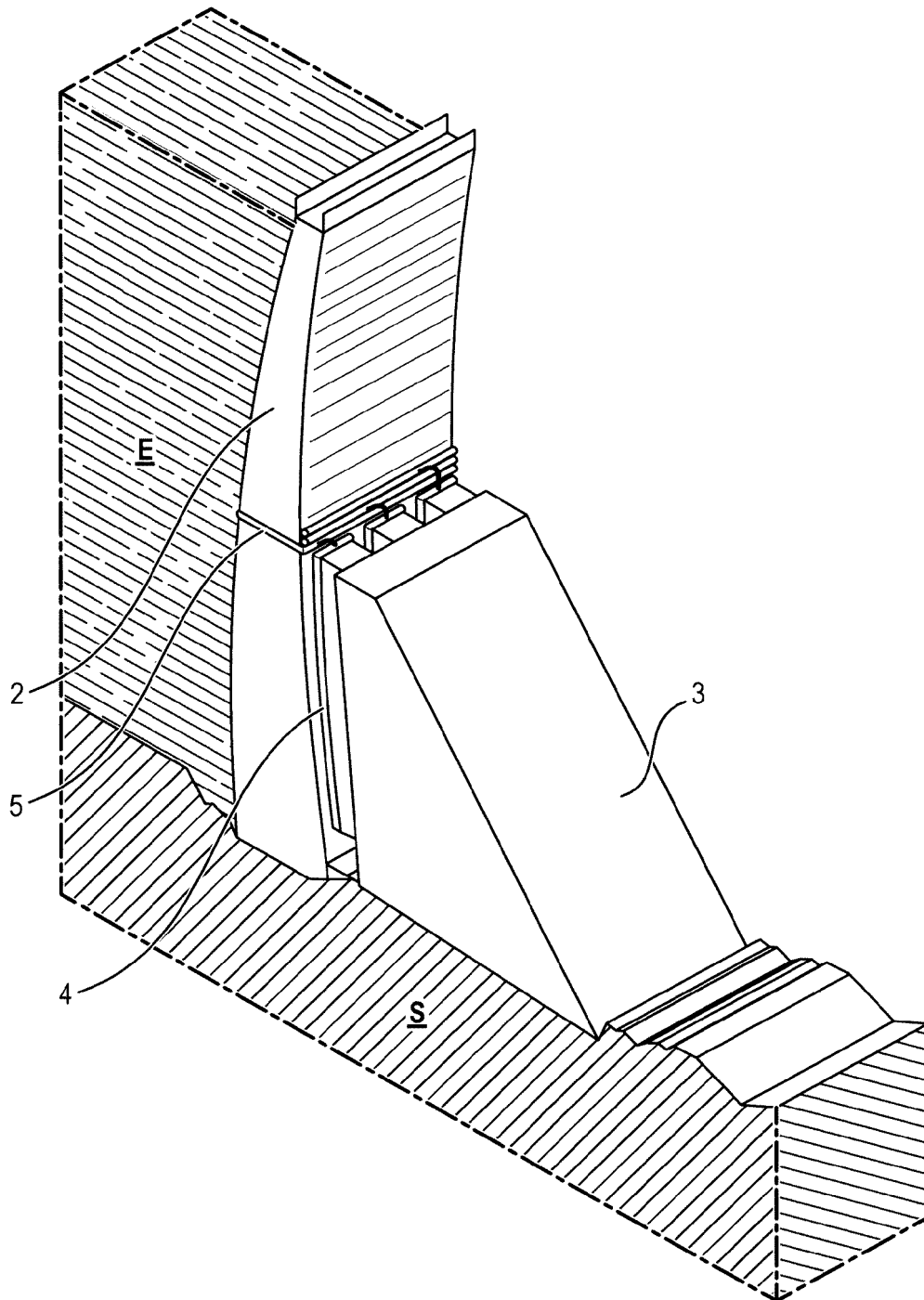


FIG. 2



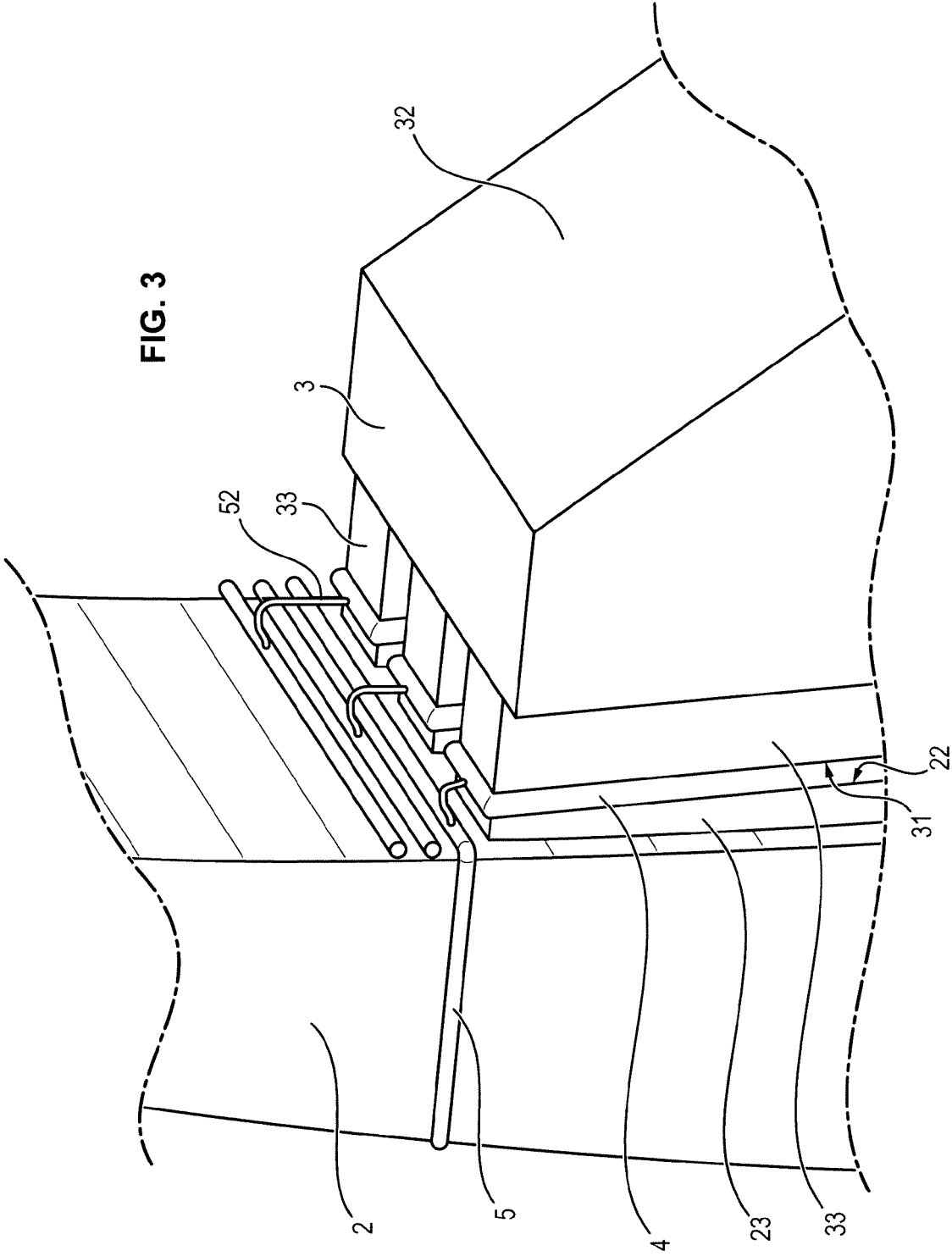


FIG. 4

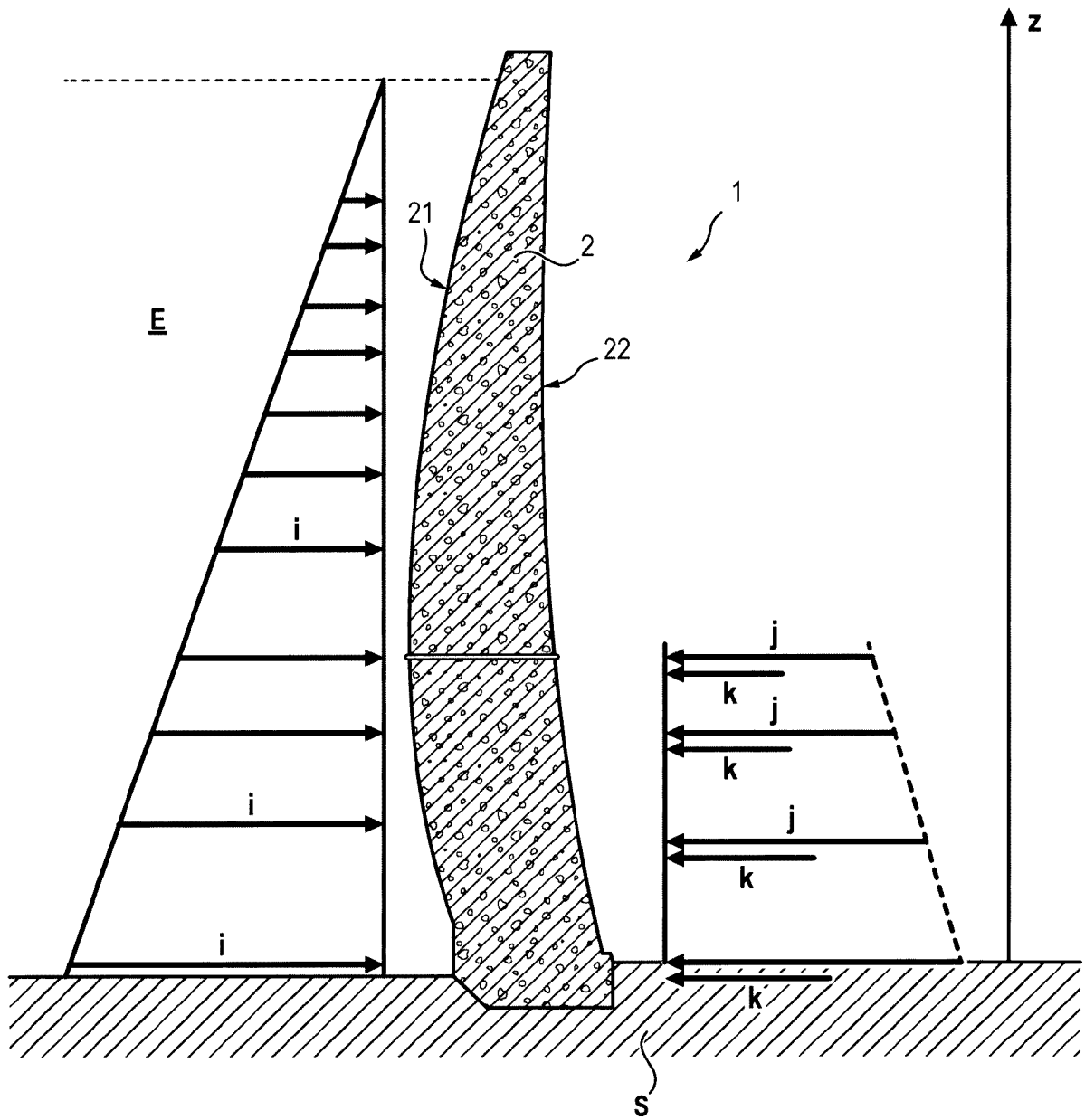


FIG. 5

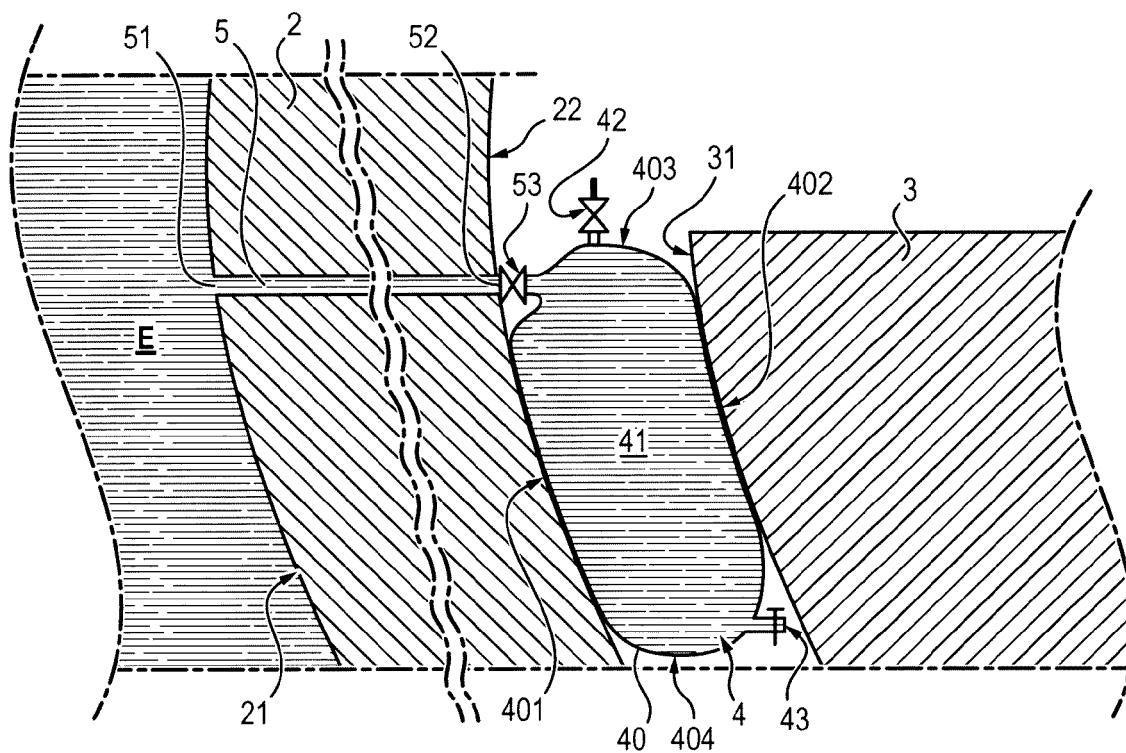


FIG. 6

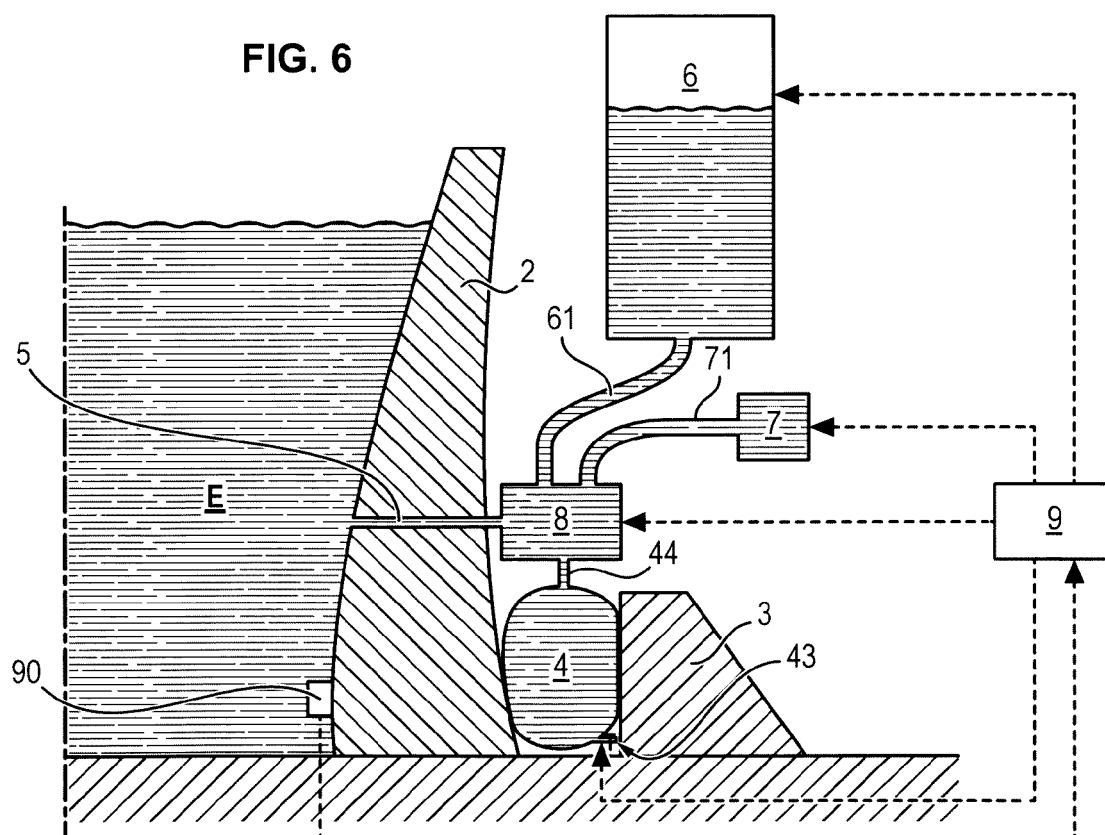


FIG. 7

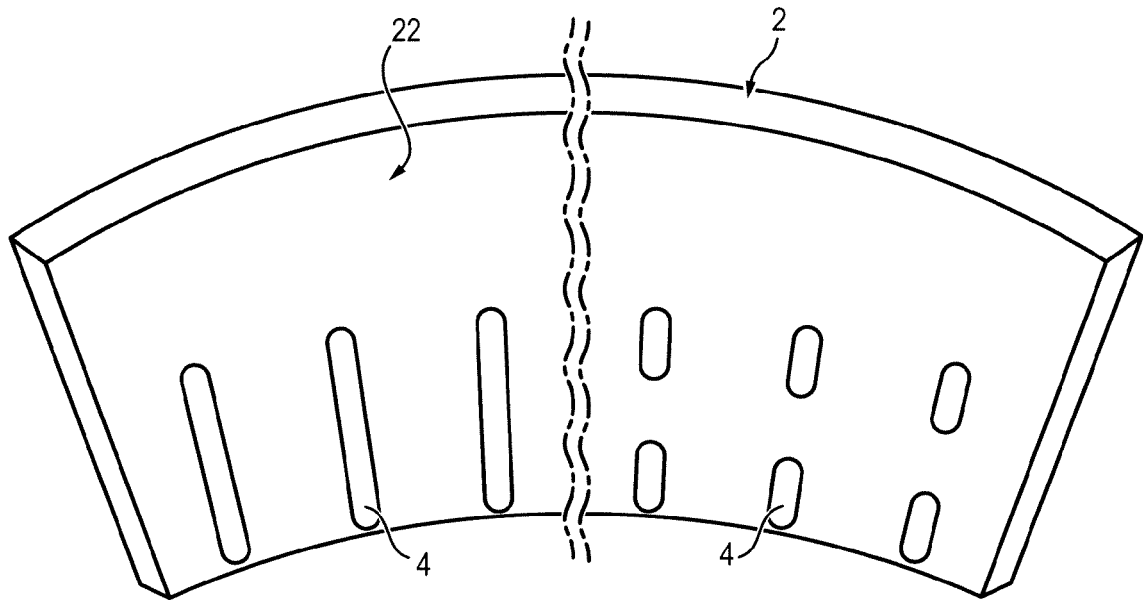


FIG. 8

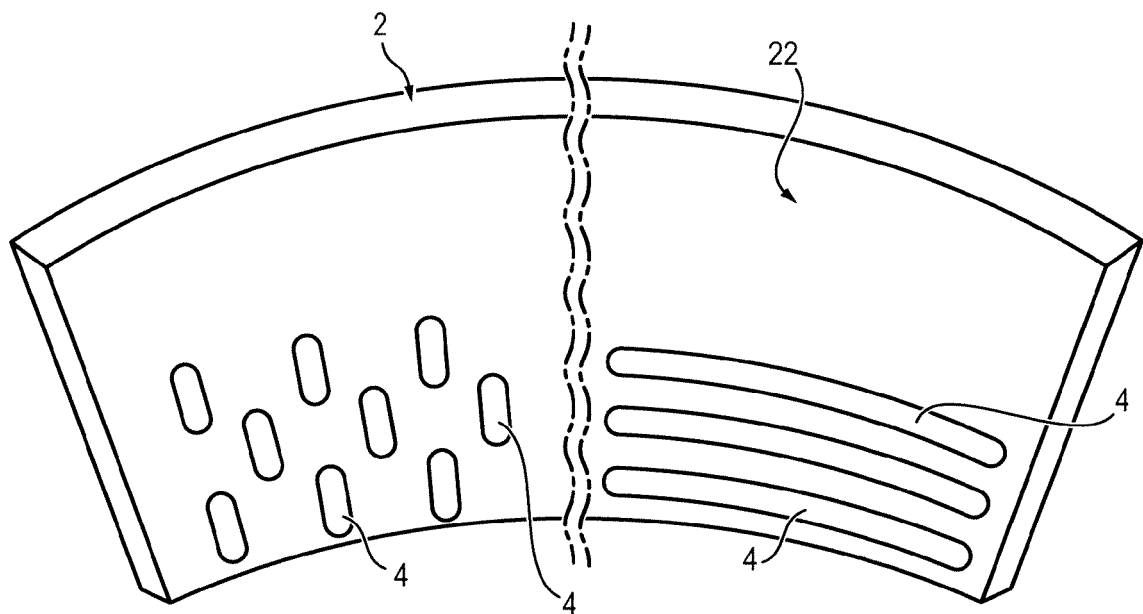
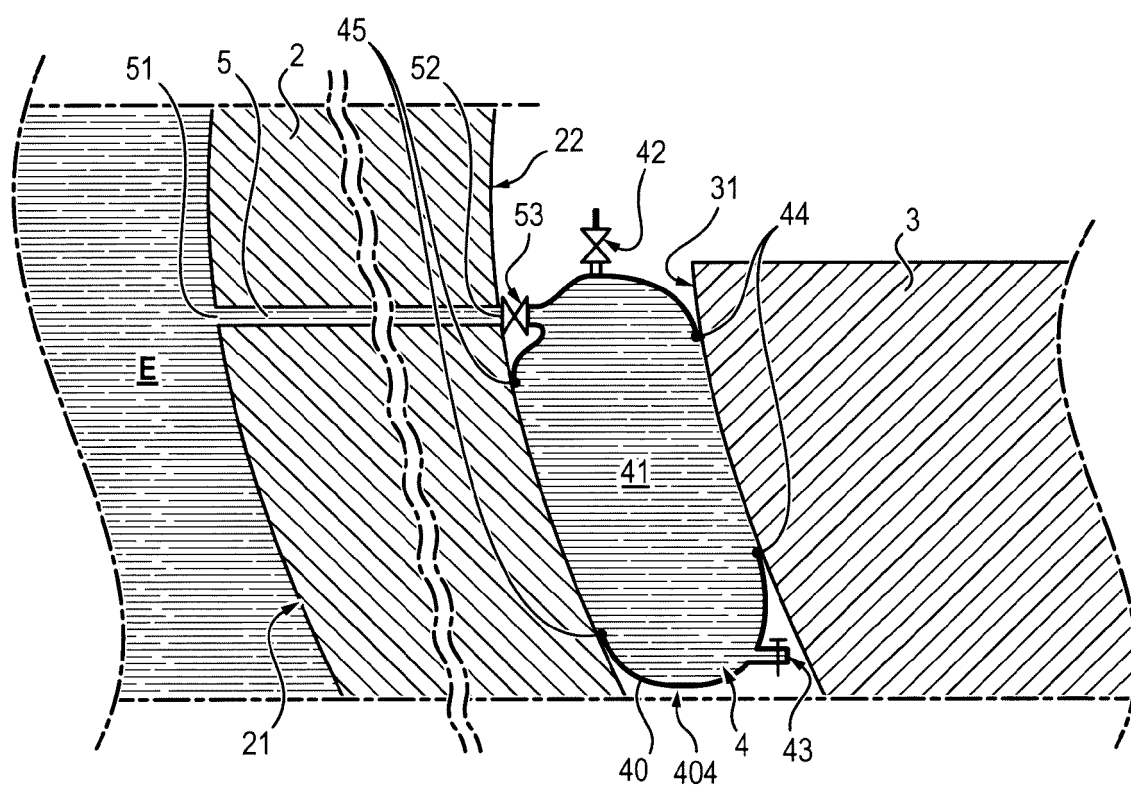


FIG. 9



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- DE 969242 C [0009]
- FR 1063324 A [0009]