(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 148 627**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 04595**

(51) Int Cl[8] : ***F 03 B 13/10*** *(2023.01), F 03 B 17/04, F 03 G 7/10*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 09.05.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 15.11.24 Bulletin 24/46.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *LAURENS Alphonse-Edmond* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** LAURENS Alphonse-Edmond.

(73) **Titulaire(s) :** LAURENS Alphonse-Edmond.

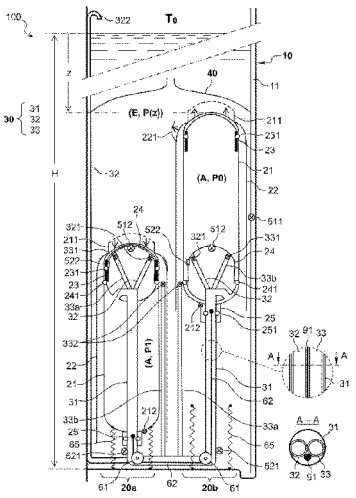
(74) **Mandataire(s) :** IPSIDE.

(54) Dispositif hydropneumatique de production de flux d'air comprimé et générateur électrique comprenant un tel dispositif.

(57) DISPOSITIF HYDROPNEUMATIQUE DE PRODUCTION DE FLUX D'AIR COMPRIME ET GENERATEUR ELECTRIQUE COMPRENANT UN TEL DISPOSITIF

Dispositif hydropneumatique (100) de production de flux d'air comprimé, comprenant une cuve (10) remplie d'eau, deux capsules (21) immergées mobiles, un organe de répartition d'air (24) placé dans chaque capsule et la divisant en une partie haute et une partie basse, chaque capsule (21) comportant une vanne supérieure (211) permettant l'entrée de l'eau dans sa partie haute, et un moyen de compression d'air (23) comprimant l'air s'y trouvant sous l'effet de la pression de l'eau, chaque organe de répartition d'air (24) est traversé par un deuxième tube (32) et un troisième tube (33) permettant respectivement une admission d'air extérieur dans la capsule et un refoulement d'air comprimé dans un moyen de propulsion (22) de l'autre capsule, la pénétration de l'eau dans une première capsule produit un différentiel de poussée entre les deux capsules et donc une ascension de la deuxième capsule, favorisée par l'air comprimé refoulé dans le moyen de propulsion, ledit air comprimé étant libéré en fin de course.

Figure pour l'abrégé : figure 1



FR 3 148 627 - A1

Description

Titre de l'invention : Dispositif hydropneumatique de production de flux d'air comprimé et générateur électrique comprenant un tel dispositif

Domaine technique

[0001] La présente invention appartient au domaine général des dispositifs de transformation d'énergie, notamment ceux à base de pression hydrostatique, et concerne plus particulièrement un dispositif hydropneumatique de production de flux d'air comprimé et un générateur d'énergie électrique comprenant un tel dispositif.

[0002] La présente invention trouve une application directe, mais non exclusive, dans la production en continu d'énergie électrique pour alimenter des réseaux résidentiels ou des installations industrielles.

Etat de l'art

[0003] L'électricité est considérée comme une énergie propre car les équipements l'utilisant ne produisent pas de gaz polluant ou de gaz à effet de serre localement. Cependant, l'électricité n'existe pas naturellement et doit être produite à partir d'énergie primaire. Les énergies renouvelables électriques telles que l'énergie nucléaire sont considérées comme durables, bien que leur classement en tant que tel soit discuté. En Europe, la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité a dépassé les énergies fossiles en 2020. Toutefois, la production d'électricité, y compris les énergies durables, peut avoir un impact négatif sur l'environnement.

[0004] Il existe des systèmes hydrauliques et pneumatiques de production d'énergie électrique, qui sont des technologies largement utilisées dans le monde pour générer de l'électricité. Ces technologies sont efficaces, fiables et respectueuses de l'environnement, ce qui en fait une option idéale pour de nombreux projets de production d'énergie électrique.

[0005] D'un côté, les systèmes hydrauliques de production d'énergie électrique utilisent l'eau pour produire de l'électricité. Ces systèmes peuvent être divisés en deux catégories principales : les centrales hydrauliques à réservoir et les centrales hydrauliques à écoulement libre.

[0006] Les centrales hydrauliques à réservoir sont les plus courantes. Elles utilisent un barrage pour créer un réservoir d'eau en amont de la centrale. L'eau est libérée du réservoir à travers des conduites forcées vers une turbine, qui est reliée à un générateur électrique.

[0007] Les centrales hydrauliques à écoulement libre utilisent la force de l'eau qui coule dans une rivière ou un cours d'eau pour produire de l'électricité. Ces centrales sont gé-

néralement situées sur des cours d'eau où le débit de l'eau est élevé et constant. Les centrales hydrauliques à écoulement libre sont moins onéreuses en construction que les centrales à réservoir, car elles n'ont pas besoin de réservoirs d'eau ou de barrages.

[0008] On connait également les centrales hydroélectriques dites à conduite forcée, dans lesquelles l'eau est acheminée d'un barrage à une turbine par une conduite forcée qui est une canalisation d'eau sous pression servant soit d'amener l'eau à un ouvrage d'utilisation de la force hydraulique, soit au pompage de l'eau dans l'objectif d'une utilisation ultérieure de la force hydraulique.

[0009] Ces différentes centrales hydrauliques peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement, notamment en affectant les écosystèmes aquatiques et en perturbant les habitats naturels. En outre, la construction de barrages peut avoir des conséquences sociales importantes, en particulier pour les communautés riveraines.

[0010] D'un autre côté, les systèmes pneumatiques de production d'énergie électrique utilisent l'air pour produire de l'électricité. Ces systèmes peuvent être divisés en deux catégories principales : les centrales éoliennes et les centrales à air comprimé.

[0011] Les centrales éoliennes utilisent l'énergie du vent pour faire tourner les pales d'une turbine, qui est reliée à un générateur électrique. Les centrales éoliennes sont de plus en plus populaires car elles utilisent une source d'énergie renouvelable et respectueuse de l'environnement. Cependant, les centrales éoliennes, en plus d'avoir une production intermittente due aux variations des conditions météorologiques, peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement, notamment en perturbant les écosystèmes locaux et en occasionnant des nuisances sonores.

[0012] Les centrales à air comprimé utilisent l'air comprimé pour produire de l'électricité. L'air est comprimé et stocké dans des réservoirs souterrains ou des cavernes naturelles. Lorsque l'électricité est nécessaire, l'air comprimé est libéré et passe à travers une turbine, qui est reliée à un générateur électrique. Les centrales à air comprimé sont efficaces car elles peuvent stocker de grandes quantités d'énergie et produire de l'électricité rapidement en cas de besoin. Cependant, elles sont également coûteuses à construire et nécessitent des réservoirs souterrains ou des cavernes naturelles pour stocker l'air comprimé.

[0013] Il est donc important de disposer d'une technologie pour répondre aux besoins croissants en électricité tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement. Il est également important de noter que les systèmes hydrauliques et pneumatiques de production d'énergie électrique ne sont pas les seules technologies disponibles. D'autres technologies, telles que l'énergie solaire et la biomasse, sont également largement utilisées pour produire de l'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable.

[0014] On connaît également des systèmes de production d'énergie électrique à base de

pression hydrostatique. De tels systèmes emploient généralement un convoyeur vertical fonctionnant en immersion dans une cuve d'eau.

[0015] Le document US3857242A, par exemple, décrit un moteur fonctionnant selon les principes de la gravité et de la flottabilité comprenant un premier convoyeur disposé verticalement et doté de supports permettant de recevoir des réservoirs creux et fermés placés sur chaque support à partir de la partie supérieure du convoyeur. Lorsque les réservoirs descendent sous leur propre poids, ils entrainent le convoyeur qui fait tourner un arbre de sortie relié à celui-ci. Les réservoirs sont retirés de leurs supports lorsqu'ils atteignent la partie inférieure du convoyeur, après quoi ils sont poussés au fond d'un récipient rempli de liquide dans lequel se trouve un deuxième convoyeur disposé verticalement. Les réservoirs sont dirigés sous les supports de ce convoyeur et, tandis que les réservoirs sont poussés vers le haut par le liquide, le deuxième convoyeur fait tourner un autre arbre de sortie de puissance qui lui est relié. Les deux arbres de sortie peuvent être interconnectés pour combiner la puissance totale de sortie des parties gravitationnelle et flottante du moteur.

[0016] Dans cette solution, des moyens d'alimentation sont fournis pour le déplacement intermittent des réservoirs entre le côté gravité et le côté flottabilité du moteur, et vice-versa.

[0017] Le document WO2017107502A1 décrit un système de génération d'électricité à pression hydrostatique qui génère de l'électricité en utilisant l'énergie potentielle totale d'eau statique au moyen d'un dispositif de boîtes en chaîne sur la base de différentes propriétés physiques de l'eau statique et de l'air. Ce système comprend un système de remplissage d'air, un système d'échappement d'air, un système de rotation de boîtes en chaîne, et un système de génération d'électricité. Le système de génération d'électricité réalise la génération d'électricité au moyen du système de rotation de boîtes en chaîne convertissant l'énergie mécanique en énergie électrique. Une grande partie du système de rotation de boîtes en chaîne est placée dans de l'eau statique. Le système de rotation de boîtes en chaîne comprend une pluralité de boîtes, et un sac d'air est monté dans chaque boîte. Le système de remplissage d'air est utilisé pour introduire de l'air dans chaque sac d'air. Lorsque de l'air est introduit dans le sac d'air par le système de remplissage d'air, un certain volume spatial est généré dans le sac d'air pour décharger l'eau statique depuis la boîte. Le système d'échappement d'air est utilisé pour évacuer l'air depuis le sac d'air et/ou la boîte. Le système rotatif de boîtes en chaîne réalise une opération de rotation de circulation au moyen de la force de flottaison appliquée à la boîte.

[0018] Dans le même esprit, le document MX2020005466A décrit un procédé et un système gravitationnel transportable pour générer de l'énergie électrique propre, de type mécano-électrique, faisant intervenir un système moteur par flottaison, un système de

transmission de puissance utilisant des multiplicateurs et des poulies, ainsi que des chaînes et des courroies crantées, reliées à un alternateur synchrone électrique. Le système selon ce document utilise comme systèmes de support, la pompe à vide qui génère un volume d'air basse pression et les moteurs régulateurs de vitesse, ainsi que les système de commande électriques et des processeurs électroniques pour la commande intégrale du système générateur. Cette solution utilise la force de flottaison de l'air exercée sur les récipients métalliques immergés dans la colonne d'eau, maintenus en suspension par une chaîne motrice, mettant à profit la force mécanique avec utilisation de multiplicateurs de couple et d'un système de transmission mécanique qui augmente les révolutions du système, avec une vitesse motrice suffisante.

[0019] Toutefois, les deux dernières solutions n'indiquent l'utilisation d'aucune énergie en entrée et s'apparentent donc à des systèmes à « mouvement perpétuel ». De ce fait, ces systèmes ne peuvent pas être opérationnels, ou tout le moins ils ne fonctionneraient pas conformément à leurs descriptions car cela violerait les lois de la physique.

Résumé de l'invention

[0020] La présente invention vise à pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur exposés ci-avant en proposant une solution innovante de production d'énergie électrique en continu grâce à un dispositif hydropneumatique dans lequel des capsules sont animées d'un mouvement alterné dû en partie à la poussée d'Archimède, à la pression hydrostatique de l'eau et à la gravité.

[0021] À cet effet, la présente invention a pour objet un dispositif hydropneumatique de production de flux d'air comprimé, remarquable en ce qu'il comprend une cuve recevant une colonne d'eau de hauteur H, deux capsules immergées, mobiles par rapport à une structure fixe comportant un tube principal de transfert d'air en forme de U et deux organes de répartition d'air aux extrémités dudit tube, chaque organe de répartition d'air étant placé à l'intérieur d'une capsule et la divisant de manière étanche en une partie haute et une partie basse, les parties basses communiquant via le tube principal, en ce que chaque capsule comporte une vanne supérieure permettant l'entrée de l'eau de la cuve dans sa partie haute et un moyen de compression d'air, monté coulissant dans ladite partie haute et comprimant l'air s'y trouvant sous l'effet de l'eau pénétrant par ladite vanne supérieure, en ce que chaque organe de répartition d'air est traversé par un deuxième tube et un troisième tube permettant respectivement une admission de l'air extérieur dans la partie haute de la capsule dans laquelle se trouve ledit organe et un refoulement d'air comprimé dans un moyen de propulsion de l'autre capsule, en ce que les deux capsules sont reliées cinématiquement par un système de renvoi leur conférant un mouvement alterné, et en ce que la pénétration de l'eau dans

une première capsule produit un différentiel de poussée entre les deux capsules et donc une ascension de la deuxième capsule et une descente de la première capsule, ladite ascension étant favorisée par l'air comprimé refoulé dans le moyen de propulsion de la deuxième capsule, ledit air comprimé étant libéré en fin de course par une vanne d'évacuation dans la cuve.

[0022] Ainsi, le dispositif hydropneumatique permet de créer un flux d'air comprimé à chaque cycle de fonctionnement, les rôles des capsules s'inversant à chaque cycle.

[0023] Le dispositif hydropneumatique exploite une énergie initiale ayant permis une admission de l'air à la base de la cuve pour réaliser de nombreux cycles de fonctionnement selon un mouvement faiblement dissipatif.

[0024] De façon avantageuse, le dispositif hydropneumatique comporte en outre un moyen de diffusion d'air placé au-dessus des capsules pour diffuser l'air comprimé libéré vers le haut de la cuve. Ce moyen de diffusion comporte de préférence un convergeant.

[0025] Selon un mode de réalisation, chaque capsule présente une forme cylindrique à base circulaire se terminant par un dôme hémisphérique à chacune de ses extrémités pour lui conférer une forme hydrodynamique diminuant la résistance de l'eau.

[0026] Avantageusement, chaque moyen de propulsion présente une forme en cloche enveloppant de manière espacée la capsule à laquelle il est fixé de sorte à définir un volume d'emprisonnement de l'air comprimé refoulé par l'autre capsule.

[0027] Selon l'invention, chaque deuxième tube et chaque troisième tube comprennent respectivement une vanne d'admission et une vanne de refoulement, toutes deux communiquant avec la partie haute des capsules.

[0028] Les deuxièmes tubes se rejoignent à la base de la cuve et remontent dans un même tube jusqu'à la surface de l'eau pour pouvoir aspirer l'air extérieur. Les troisièmes tubes se terminent quant à eux dans les moyens de propulsion par un clapet anti-retour.

[0029] Le dispositif hydropneumatique comprend en outre des capteurs de pression configurés pour détecter un équilibre de pression entre l'eau dans la cuve et l'air dans chaque capsule.

[0030] Selon un mode de réalisation, le système de renvoi de mouvement comporte des poulies et des sangles inextensibles reliant les capsules, notamment des poulies et des sangles crantées.

[0031] Selon la présente invention, le dispositif hydropneumatique peut comprendre au moins deux paires de capsules, chaque paire ayant un fonctionnement autonome et indépendant des autres paires.

[0032] La présente invention a également pour objet un générateur électrique comprenant un dispositif hydropneumatique tel que présenté et un système de conversion convertissant l'énergie du flux d'air comprimé produit par ledit dispositif en une énergie de rotation mécanique.

[0033] Plus particulièrement, le système de conversion est un convoyeur vertical comportant des nacelles attachées à des chaines, lesdites nacelles étant creuses pour remonter sous l'effet de l'air comprimé et ainsi entraîner les chaines et des pignons couplés auxdites chaines.

[0034] Les concepts fondamentaux de l'invention venant d'être exposés ci-dessus dans leur forme la plus élémentaire, d'autres détails et caractéristiques ressortiront plus clairement à la lecture de la description qui suit et en regard des dessins annexés, donnant à titre d'exemple non limitatif un mode de réalisation d'un dispositif hydropneumatique de production de flux d'air comprimé et d'un générateur électrique comprenant un tel dispositif, conformes aux principes de l'invention.

Présentation des dessins

[0035] Les figures sont données à titre purement illustratif pour une meilleure compréhension de l'invention sans en limiter la portée. Les différents éléments sont représentés de manière schématique et ne sont pas nécessairement à l'échelle. Sur l'ensemble des figures, les éléments identiques ou équivalents portent la même référence numérique.

[0036] Il est ainsi illustré en :

[0037] [Fig.1] : une vue de face schématique d'un dispositif hydropneumatique de production de flux d'air selon un mode de réalisation de l'invention, lors d'une première phase de fonctionnement ;

[0038] [Fig.2] : une vue de profil d'un groupe de poussée selon un mode de réalisation ;

[0039] [Fig.3] : le dispositif hydropneumatique lors d'une deuxième phase de fonctionnement ;

[0040] [Fig.4] : le dispositif hydropneumatique lors d'une troisième phase de fonctionnement ;

[0041] [Fig.5] : le dispositif lors d'une quatrième et dernière phase, pour un cycle complet de fonctionnement ;

[0042] [Fig.6] : une vue schématique en perspective d'un convoyeur vertical pour la génération d'énergie électrique à partir du dispositif hydropneumatique ;

[0043] [Fig.7a] : une vue en perspective d'une nacelle en phase descendante avec son couvercle plié autour de la charnière ;

[0044] [Fig.7b] : une vue de dessous de la nacelle de la [Fig.7a].

Description détaillée de modes de réalisation

[0045] Il convient de noter que certains éléments techniques bien connus de l'homme du métier sont ici décrits pour éviter toute insuffisance ou ambiguïté dans la compréhension de la présente invention.

[0046] Dans le mode de réalisation décrit ci-après, on fait référence à un dispositif hydro-

pneumatique de production de flux d'air comprimé, destiné principalement à être couplé à un convoyeur générateur d'énergie électrique pour alimenter des résidences, des installations industrielles, des navires, etc. Cet exemple, non limitatif, est donné pour une meilleure compréhension de l'invention et n'exclut pas l'utilisation du dispositif avec d'autres systèmes de conversion d'énergie.

[0047] La [Fig.1] représente un dispositif hydropneumatique 100 selon l'invention, dans un état de fonctionnement normal, ledit dispositif comportant principalement une cuve 10 remplie d'eau jusqu'à une hauteur H, deux groupes de poussée 20a et 20b fonctionnant de façon alternée et comprenant chacun une capsule 21 mobile, un réseau de distribution d'air 30, assurant l'admission et le refoulement d'air durant les cycles de fonctionnement du dispositif hydropneumatique, un moyen de diffusion d'air 40 pour concentrer le flux d'air comprimé produit par les groupes de poussée, ainsi que des capteurs, des moyens de fixation et des servitudes qui seront décrits dans la suite.

[0048] La cuve 10, selon l'exemple de réalisation illustré, présente une forme cylindrique à base circulaire, constituant une colonne d'eau de hauteur H, et permet de contenir une majeure partie des éléments techniques du dispositif hydropneumatique 100. Elle est positionnée verticalement, fermée à sa base et ouverte à son sommet en communication avec l'air ambiant.

[0049] La cuve 10 présente des dimensions, notamment un diamètre et une hauteur, définies en fonction de la puissance désirée du dispositif hydropneumatique 100. En effet, la hauteur et le diamètre de la cuve 10 déterminent respectivement la pression dans la colonne d'eau et le nombre de groupes de poussée 20 pouvant y être installés.

[0050] De préférence, la cuve 10 présente une hauteur minimale de 24m. Plus cette hauteur sera grande, plus la puissance et la réactivité du dispositif hydropneumatique 100 augmenteront. Toutefois, au-delà de 48m la compression de l'air dans les capsules 21 devient trop forte et réduit le différentiel de poussée en fin de cycle dans le dispositif hydropneumatique 100.

[0051] La cuve 10 présente une partie inférieure, située entre sa base et le moyen de diffusion d'air 40, réservée aux éléments du réseau de distribution d'air 30 permettant une admission automatique de l'air à la base de la colonne d'eau, et une partie supérieure, située au-dessus dudit moyen de diffusion d'air, occupée par un système de conversion représenté en [Fig.6] permettant de produire de l'énergie électrique en exploitant la remontée du flux d'air comprimé.

[0052] Afin de compenser l'évaporation de l'eau de la cuve 10 lors des cycles de fonctionnement, celle-ci comporte un contrôleur de niveau connecté à une vanne et à une réserve d'eau externe. Le phénomène d'évaporation peut être plus ou moins important en fonction des conditions de température extérieure.

[0053] Dans la cuve 10, le mouvement alterné des groupes de poussée 20a et 20b, piloté au-

tomatiquement par une séquence d'actionnement de différents organes qui sera décrite dans la suite, permet de générer le différentiel de poussée responsable de l'éjection d'air comprimé vers la partie supérieure de la cuve 10 ainsi que de l'aspiration de l'air ambiant vers la base de la colonne d'eau.

[0054] Chaque groupe de poussée 20a et 20b comprend une capsule 21, un moyen de propulsion 22 coiffant et entourant latéralement ladite capsule, un moyen de compression d'air 23 monté coulissant à l'intérieur de ladite capsule, et un organe de répartition d'air 24, fixe et solidaire du réseau de distribution d'air 30, autour duquel coulisse la capsule 21 de manière étanche.

[0055] Le dispositif hydropneumatique 100 comprend en outre, sur la paroi interne de la cuve 10, un premier capteur de pression 511 placé au niveau d'un point mort bas d'un moyen de compression d'air 23 lorsque sa capsule 21 est à un point mort haut, afin de détecter l'équilibre des pressions de part et d'autre dudit moyen de compression d'air. Par exemple, sur la [Fig.3], le moyen de compression d'air 23 du groupe de poussée 20b se trouve à son point mort bas, au même niveau que le premier capteur de pression 511.

[0056] Le dispositif hydropneumatique 100 comporte également quatre poulies crantées 61, du type pignons de distribution, solidement fixées à la base de la cuve 10. Les fixations reliant les poulies 61 à des supports situés à la base de la cuve 10 présentent une tenue mécanique, et plus spécifiquement une résistance à l'arrachement, suffisante pour résister aux tractions subies. Les poulies 61 sont indispensables à l'équilibre des capsules 21, elles sont équipées de bloqueurs permettant le maintien des capsules 21 en fin de course.

[0057] La [Fig.2] montre les poulies 61 avec leurs axes 611 et leurs supports 63, ainsi que les sangles crantées 62 et leur fixations 621.

[0058] Alternativement, les poulies crantées et leurs moyens de transmission du mouvement peuvent être remplacées par un entraînement par chaîne, à savoir quatre pignons et deux chaînes de transmission.

[0059] Le dispositif hydropneumatique 100 comporte également des ressorts 65 dressés à la base de la cuve 10, sous les capsules 21, afin d'amortir le mouvement descendant et de favoriser le mouvement ascendant desdites capsules.

[0060] Selon un mode de réalisation non représenté, le dispositif hydropneumatique 100 peut comprendre quatre groupes de poussée 20 répartis en couples dans deux modules indépendants.

[0061] Chaque module peut fonctionner indépendamment, mais pour des raisons de fluidité de fonctionnement et pour permettre un fonctionnement dégradé en cas d'incident ou de panne, il est préférable d'avoir deux modules fonctionnels.

[0062] De préférence, les deux modules fonctionnent d'une manière déphasée. Plus pré-

cisément, lorsque les capsules d'un module sont en fin de course, les capsules de l'autre module sont à mi-course.

[0063] Le dispositif hydropneumatique 100 présente une puissance qui dépend en partie de la taille, et donc du volume, des capsules 21.

[0064] Chaque capsule 21 est un contenant cylindrique à base circulaire dont le sommet et la base présentent une forme hydrodynamique, par exemple en dôme, afin de faciliter son déplacement dans l'eau lors du fonctionnement.

[0065] Chaque capsule 21 est divisée par l'organe de répartition d'air 24 autour duquel elle est placée en deux parties distinctes de volume variable : une partie supérieure et une partie inférieure, ces deux parties étant isolées l'une de l'autre grâce à un joint d'étanchéité 241 annulaire dudit organe.

[0066] Chaque capsule 21 a pour fonction d'accumuler l'air en provenance de l'extérieur dans sa partie supérieure durant sa phase ascendante, de comprimer l'air accumulé lorsqu'elle est à son point mort haut et de le restituer dans le moyen de propulsion 22 de l'autre capsule 21 durant sa phase descendante. Avec sa partie inférieure, chaque capsule 21 permet de refouler ou d'aspirer l'air à destination ou en provenance de la partie inférieure de l'autre capsule.

[0067] La [Fig.1] représente la capsule 21 du groupe de poussée 20b à son point mort haut, juste avant le début de la compression de l'air accumulé par le moyen de compression d'air 23, dans la partie supérieure de laquelle se trouve l'air A accumulé à une pression P0 qui est la pression atmosphérique.

[0068] Le moyen de compression d'air 23 est un élément mobile situé dans la partie supérieure de la capsule 21. II présente la forme d'une coupole qui vient épouser le sommet de la capsule avec sa face supérieure lorsqu'il est à son point mort haut, et le sommet de l'organe de répartition d'air 24 avec sa face inférieure lorsque la capsule est à son point mort bas.

[0069] La partie en coupole du moyen de compression d'air 23 se prolonge par une partie latérale cylindrique de diamètre sensiblement égal au diamètre interne de la capsule 21, à un jeu fonctionnel près, de sorte à permettre le coulissement dudit moyen dans ladite capsule.

[0070] Le moyen de compression d'air 23 comporte deux gorges, suffisamment espacées : une gorge supérieure recevant un joint torique d'étanchéité 231 assurant l'étanchéité entre les parties de la capsule 21 délimitées par ledit moyen, et une gorge inférieure intégrant des patins en Téflon (marque déposée) pour assurer un déplacement parallèlement aux parois intérieures de la capsule.

[0071] Chaque capsule 21 comporte à son sommet une vanne 211, dite supérieure, pilotée et présentant une ouverture, la plus grande possible, afin de réduire au maximum le temps d'équilibrage des pressions entre l'eau et l'air, car elle permet à l'eau de la cuve 10 de

pénétrer dans la partie de la capsule 21 située au-dessus du moyen de compression d'air 23.

[0072] La vanne supérieure 211 est spécialement conçue pour soulever une majeure partie du dôme de la capsule 21 Iors de la phase compression de l'air contenu dans ladite capsule par l'eau de la cuve dont la pression est supérieure.

[0073] En effet, la vanne supérieure 211 est commandée grâce à des capteurs de pression signalant les équilibres de pressions. Lorsqu'une capsule 21 est à son point mort haut, elle a accumulé de l'air A en provenance de l'extérieur à la pression P0 de l'air à la surface de l'eau (pression atmosphérique car l'eau de la cuve est à l'air libre), alors que l'eau E contenue dans la cuve 10 au sommet de la capsule 21 est à une pression hydrostatique P(z) qui dépend de la profondeur z de la colonne d'eau située au-dessus dudit sommet ainsi que de la pression atmosphérique.

[0074] La pression hydrostatique en tout point de l'eau situé à une profondeur z est donnée par la formule suivante :

[0075] $$P(z) = P_0 + \rho g z$$

[0076] Avec ρ la masse volumique du liquide, en l'occurrence de l'eau, et g l'accélération de la pesanteur.

[0077] Le différentiel de pression entre P0 et P(z) s'équilibre après l'ouverture de la vanne supérieure 211, en faisant pénétrer l'eau dans la capsule 21 qui refoule le moyen de compression d'air 23 vers le bas, comprimant ainsi l'air jusqu'à l'équilibre des pressions, à une profondeur d'équilibre dans la capsule 21. L'équilibre des pressions est représenté sur la [Fig.3], l'eau et l'air contenus dans la capsule 21 du groupe 20b étant alors à une pression d'équilibre P1 et le moyen de compression d'air 23 se trouvant à une profondeur d'équilibre z1.

[0078] La vanne supérieure 211 comporte un clapet qui se déclenche automatiquement sous la pression vers l'extérieur dans l'hypothèse où l'ouverture de la vanne se ferait tardivement.

[0079] Le réseau de distribution 30 comprend un tube principal de transfert d'air 31, un deuxième tube 32 et un troisième tube 33 dont le fonctionnement sera décrit dans la suite.

[0080] Chaque capsule 21 comporte, sous son dôme inférieur, une collerette 25 dont le diamètre intérieur correspond au diamètre extérieur des parties verticales du tube principal de transfert d'air 31. Les collerettes 25 sont équipées d'un joint torique 251 inséré dans une gorge permettant d'assurer l'étanchéité et d'éviter que l'eau de la cuve 10 entre dans la partie inférieure de la capsule 21.

[0081] En outre, chaque capsule 21 comporte optionnellement un clapet de sécurité 212 situé sur son dôme inférieur et s'ouvrant automatiquement en venant au contact de l'organe de répartition d'air 24, lorsque ladite capsule arrive à son point mort haut. La

fonction des clapets de sécurité 212 est de pallier une éventuelle défaillance des joints toriques 251 des collerettes 25 et d'évacuer l'eau qui se serait infiltrée dans les parties inférieures des capsules 21.

[0082] Les organes de répartition d'air 24 comportent chacun un joint torique 241 assurant l'étanchéité entre les deux parties, inférieure et supérieure, des capsules 21. Bien entendu, les parois internes des capsules 21, notamment les parois latérales verticales le long desquelles se fait le coulissement, présentent une géométrie et un état de surface adaptés, comme dans une chambre de vérin, pour permettre au joint torique 241 ainsi qu'au joint torique 231 situé autour du moyen de compression d'air 23 d'assurer l'étanchéité requise.

[0083] Lors du fonctionnement du dispositif hydropneumatique 100, les capsules 21 ont un débattement limité par leur taille. En effet, lorsqu'une capsule 21 arrive à son point mort haut, son dôme inférieur vient au contact de l'organe de répartition d'air 24 du même groupe de poussée 20, la partie supérieure de ladite capsule est alors remplie d'air à la pression atmosphérique P0.

[0084] Inversement, lorsqu'une capsule 21 se trouve à son point mort bas, c'est son dôme supérieur qui vient au contact de l'organe de répartition d'air 24, ce qui emprisonne le moyen de compression d'air 23 à son point mort haut, la partie inférieure de ladite capsule étant alors remplie d'air en provenance de la partie inférieure de l'autre capsule 21.

[0085] Les deux capsules 21 – d'un même module lorsque le dispositif 100 comprend plusieurs modules – sont reliées par deux sangles crantées 62 non extensibles, du type courroie de distribution, reliant Ieurs bases en étant fixées de part et d'autre des collerettes 25 et passant par quatre poulies de renvoi 61 crantées fixées solidement à la base de la cuve 10 à l'aplomb desdites capsules.

[0086] Grâce à cette liaison de type poulie-courroie, les deux capsules 21 sont en balance. En raison de leur volume utile identique, les capsules 21 renferment un même volume d'air lorsqu'elles arrivent en fin de course, sauf que celle arrivant à son point mort haut, celle du groupe de poussée 20b sur la [Fig.1], a son moyen de propulsion 22 plein d'air, et l'autre arrivant à son point mort bas a son moyen de propulsion 22 plein d'eau. De ce fait, la poussée d'Archimède que subissent les deux capsules 21 est équivalente. Toutefois, en fonction de leur position faisant varier Ieur contenu et le contenu de Ieur moyen de propulsion 22 associé, le différentiel de poussée entre les deux capsules 21 varie en permanence. Lorsqu'une capsule est entrainée vers le haut par le différentiel de poussée qu'elle subit, l'autre est automatiquement entrainée vers le bas.

[0087] Afin de comprendre l'action du différentiel de poussée qui s'établit lors du fonctionnement du dispositif hydropneumatique 100, il est fait référence aux figures 3 et 4 pour en décrire le phénomène.

[0088] En effet, le volume d'eau E ayant pénétré par la vanne supérieure 211 dans la capsule 21 du groupe de poussée 20a induit un poids qui pousse ladite capsule vers le bas. L'air A comprimé dans la capsule 21 du groupe 20b jusqu'à la pression d'équilibre P1 est partiellement transféré dans le moyen de propulsion 22 de la capsule 21 du groupe 20a en passant par le troisième tube 33. Cet air accumulé sous le moyen de propulsion 22, solidaire de la capsule 21, augmente donc le volume sur lequel s'applique la poussée d'Archimède.

[0089] Ainsi, le différentiel de poussée est essentiellement dû au volume d'air remplacé par l'eau dans la capsule 21 en phase descendante. On comprend donc aisément que plus la hauteur H de la colonne d'eau de la cuve 10 est importante plus ce différentiel de poussée sera important comme souligné plus haut.

[0090] La capsule 21 du groupe de poussée 20a commence donc son ascension.

[0091] Le moyen de propulsion 22 est une partie intégrante de chaque capsule 21. Sa fonction dans chaque groupe de poussée 20 est d'accumuler l'air en provenance de la capsule 21 de l'autre groupe dès le début de la phase descendante de ladite capsule et, grâce à cette accumulation, d'augmenter l'entrainement la capsule 21 sur laquelle il est monté vers son point mort haut.

[0092] Selon un exemple de réalisation, les moyens de propulsion 22 sont soudés sur un pourtour inférieur du dôme supérieur des capsules 21 au niveau de la base des vannes supérieures 211, laissant lesdites vannes au sommet des capsules en prise directe avec l'eau de la cuve 10.

[0093] La taille des moyens de propulsion 22 est dimensionnée, de toute évidence, par le volume d'air comprimé à la pression d'équilibre P1, en provenance de la partie supérieure des capsules 21 et non par le volume de ce même air avant compression. La base de chaque moyen de propulsion 22 est ouverte, formant ainsi une cloche qui accumule l'air en provenance du troisième tube 33, dès le début de la phase descendante de la capsule 21 concernée.

[0094] Chaque moyen de propulsion 22 comporte dans sa partie supérieure une vanne d'évacuation 221, positionnée latéralement au voisinage de l'axe du moyen de diffusion d'air 40 et permettant la libération de l'air comprimé accumulé lorsque la capsule 21 fixée audit moyen de propulsion est à son point mort haut.

[0095] Le réseau de distribution d'air 30 permet de faire transiter l'air entre les partie inférieures des deux capsules 21, mais également de faire transiter l'air en provenance de l'extérieur dans la partie supérieure desdites capsules, et enfin de faire transiter l'air, une fois comprimé, en provenance de la partie supérieure des capsules 21 vers le sommet des moyen de propulsion 22. Le réseau de distribution d'air 30 sert également de support, via son tube principal 31, aux organes de répartition d'air 24 et aux capsules 21 associées. II se compose de trois réseaux partiellement imbriqués.

[0096] Le tube principal 31 présente une forme en U dont la longueur, Ie diamètre et la résistance sont fonction de la puissance du dispositif hydropneumatique 100. Le tube principal 31 est rigidement fixé, par sa partie inférieure, à la base de la cuve 10 qui comporte à cet effet les renforts et les fixations nécessaires.

[0097] Le tube principal 31 relie les parties inférieures des deux capsules 21 en passant par les organes de répartition d'air 24.

[0098] Le deuxième tube 32, le troisième tube 33 ainsi qu'un tube intégrant le câblage 71 nécessaire au pilotage des vannes et des capteurs viennent s'intégrer dans les parties montantes du tube principal 31 comme représenté sur les détails de la [Fig.1].

[0099] Le deuxième tube 32 présente un diamètre extérieur sensiblement inférieur à la moitié du diamètre intérieur du tube principal 31 et permet de faire transiter l'air de l'extérieur dans la partie supérieure des capsules 21.Le deuxième tube 32 débute au sommet de la cuve 10 par une crosse 322 équipée d'un filtre à air, descend le Iong de la paroi intérieure de la cuve à laquelle il est fixé, puis se divise d'abord en autant de fois que de modules dans le dispositif 100, puis en deux à la base de chaque module pour s'intégrer, des deux côtés, à la base de la partie montante du U formé par le tube principal 31, il remonte ensuite à l'intérieur de chaque côté du U pour en sortir de part et d'autre dans les deux organes de répartition d'air 24 et rejoindre la partie supérieure des deux capsules 21 où une vanne d'admission 321 est située à l'extrémité de chaque branche.

[0100] Le troisième tube 33 est composé d'un tube 33a et 33b pour chaque groupe de poussée 20a et 20b, et permet de transférer l'air comprimé accumulé dans la partie supérieure d'une capsule 21 vers le sommet du moyen de propulsion 22 de l'autre capsule. Chaque troisième tube 33a et 33b débute par une vanne de refoulement 331 située à l'intérieur et au sommet de l'organe de répartition d'air 24, en prise directe avec l'air contenu dans la partie supérieure de la capsule 21 puis s'intègre dans le tube principal 31 à l'intérieur dudit organe pour en ressortir à la base de la partie montante du U afin de rejoindre le sommet du moyen de propulsion 22 de l'autre capsule et se terminer par un clapet anti-retour 332.

[0101] Une manière de réaliser le réseau de distribution d'air 30 est de souder le tube principal 31 à l'entrée et à la sortie des organes de répartition d'air 24. Les deux autres tubes, le deuxième 32 et le troisième 33, ainsi que le tube intégrant le câblage 71, sont soudés à Ieur entrée dans Ie tube principal 31 ainsi qu'à leur entrée dans les organes de répartition d'air 24, puis soudés à leur sortie dans lesdits organes.

[0102] Chaque module du dispositif hydropneumatique 100 comporte deux organes de répartition d'air 24 situés et fixés chacun à une extrémité du tube principal 31 en forme de U.

[0103] Selon un exemple de réalisation, chaque organe de répartition d'air 24 est constitué

de deux demi-coupoles accolées, la demi-coupole supérieure comporte une réservation qui permettra à la coupole du moyen de compression d'air 23 de venir à son contact sur toute sa surface.

[0104] Les organes de répartition d'air 24 intègrent la fin du tube principal 31 qui, après un virage à 180°, sera en prise directe avec les parties inférieures des capsules 21, la fin des deuxièmes tubes 32 en provenance du sommet de la cuve 10 et le début des troisièmes tube 33 à destination des moyens de propulsion 22.

[0105] Chaque organe de répartition d'air 24 comporte un capteur 522 situé à la base de sa coupole supérieure pour indiquer l'arrivée du moyen de compression d'air 23. Cette position du capteur 522 permet, grâce à la détection de la base de la collerette du moyen de compression d'air 23, d'anticiper juste à temps l'ouverture de la vanne supérieure 211 et la fermeture de la vanne de refoulement 331 sans ralentir la descente de la capsule 21.

[0106] Chaque organe de répartition d'air 24 comporte en outre un capteur de pression 512, dit deuxième, pour indiquer l'équilibre des pressions par comparaison avec la pression indiquée par le premier capteur de pression 511 situé sur la paroi de la cuve 10.

[0107] La fonction principale des organes de répartition d'air 24 est de répartir l'air, à l'aide des vannes pilotées 321 et 331 dans les différentes directions. Leur fonction secondaire est de séparer les parties inférieures des parties supérieures des capsules 21 en assurant l'étanchéité entre les deux zones grâce aux joints toriques 241 insérés dans une gorge à l'endroit où la circonférence est la plus importante.

[0108] Il convient de noter qu'il n'y a jamais d'interférence entre les trois tubes d'air qui sont soudés à l'entrée et à la sortie des organes de répartition d'air 24 et ne font que transiter par ceux-ci. L'intérieur des organes de répartition d'air 24 est totalement isolé de l'intérieur des tubes du réseau de distribution d'air 30.

[0109] Les organes de répartition d'air 24 et le réseau de distribution d'air 30 sont des éléments fixes du dispositif hydropneumatique 100, et coopèrent avec les capsules 21 et leurs moyens de propulsion 22 qui sont mobiles quant à eux, afin de produire les flux d'air comprimés qui transiteront via le moyen de diffusion d'air 40 pour ainsi actionner le convoyeur vertical 800 représenté en [Fig.6].

[0110] Le moyen de diffusion d'air 40 est situé entre la partie basse et la partie haute de la cuve 10, il présente une forme de coupole comportant une ouverture à son sommet situé au point de diffusion. Sa base recouvre le sommet des moyens de propulsion 22 du dispositif hydropneumatique afin de faire converger le flux d'air qu'ils libèrent puis de le diffuser à un point unique, de sorte qu'il puisse être récupéré au bon endroit par l'équipement situé au-dessus, à savoir le convoyeur vertical 800. Le moyen de diffusion d'air 40 est un élément fixe, solidaire de la cuve 10. Ce moyen n'occupe que partiellement la surface de la cuve laissant l'eau circuler librement entre ses parties

haute et basse et permet également le passage d'un technicien pour l'entretien du dispositif hydropneumatique 100.

[0111] Le dispositif hydropneumatique 100 comprend des moyens électroniques, pouvant être embarqués in situ, pour piloter les vannes et des capteurs dont la vanne supérieure 211, les vannes d'évacuation 221, les vannes d'admission d'air 321, les vannes de refoulement d'air 331, les premiers capteurs de position 521, les deuxièmes capteurs de position 522, le premier capteur de pression 511 et les deuxièmes capteurs de pression 512.

[0112] Chaque vanne supérieure 211 est située au sommet d'une capsule 21, et permet d'isoler ou de faire communiquer l'eau de la cuve 10 avec la partie supérieure de ladite capsule.

[0113] Chaque vanne d'évacuation 221 est située sur un moyen de propulsion 22, et permet de libérer l'air contenu dans ledit moyen lorsqu'il est à son point mort haut.

[0114] Chaque vanne d'admission d'air 321 est située à la fin d'un deuxième tube 32, d'admission d'air, à l'intérieur de l'organe de répartition d'air 24, et permet de fermer ledit deuxième tube lors de la phase descendante de la capsule 21 et de l'ouvrir lors de la phase ascendante.

[0115] Chaque vanne de refoulement d'air 331 est située au début d'un troisième tube 33, de refoulement d'air, à l'intérieur de l'organe de répartition d'air 24, et permet à l'air comprimé accumulé dans la partie supérieure de la capsule 21 de transiter vers le moyen de propulsion 22 de l'autre capsule 21 lors de la phase descendante et de fermer ledit troisième tube après le transfert total de l'air et l'ouverture de vanne supérieure 211.

[0116] Chaque premier capteur de position 521 est situé à la base d'une capsule 21, fixé sur le réseau de distribution 30, plus particulièrement au niveau de la base du tube principal 31, et permet de détecter le point mort bas de ladite capsule.

[0117] Chaque deuxième capteur de position 522 est situé à la base de la coupole supérieure d'un organe de répartition d'air 24, et permet de détecter le point mort bas du moyen de compression d'air 23.

[0118] Le premier capteur de pression 511 est situé sur la paroi intérieure de la cuve 10, au niveau du point mort bas du moyen de compression d'air 23, une fois la compression effectuée.

[0119] Chaque deuxième capteur de pression 512 est situé au sommet d'un organe de répartition d'air 24, et permet au dispositif hydropneumatique 100, en comparant la pression des deux capteurs de pression, de déterminer la fin de la compression de l'air pour déclencher la fermeture de la vanne supérieure 211, la fermeture de la vanne d'admission d'air 321 et l'ouverture de bloqueurs de poulies 66, représentés en [Fig.2], libérant le mouvement des capsules 21.

[0120] En effet, les bloqueurs de poulies 66 sont situés sur deux poulies 61, de part et d'autre de chaque groupe de poussée 20, et permettent la temporisation nécessaire à la compression de l'air.

[0121] Le dispositif hydropneumatique 100 ainsi décrit d'un point de vue structurel, sera ci-après décrit dans son fonctionnement.

[0122] On se place dans une configuration initiale, à un instant T_0, dans laquelle la capsule 21 du groupe de poussée 20a est à son point mort bas. Cette configuration est représentée sur la [Fig.1].

[0123] Le dispositif hydropneumatique 100, grâce au premier capteur de position 521 vient de détecter la fin de course. La capsule 21 du groupe 20a est plaqué par son sommet contre le sommet de l'organe de répartition d'air 24, emprisonnant le moyen de compression d'air 23, et est totalement vide dans sa partie supérieure. En effet, l'air qui était à l'intérieur de la partie supérieure de la capsule 21 a été transféré dès le début de la phase descendante dans le moyen de propulsion 22 de la capsule 21 de l'autre groupe 20b.

[0124] La partie inférieure de la capsule 21 du groupe 20a a aspiré l'air contenu dans la partie inférieure de la capsule 21 du groupe 20b, refoulé par celle-ci lors de sa phase ascendante.

[0125] Grâce au premier capteur de position 521 de la capsule 21 du groupe 20a, les poulies 61 sont bloquées avec leurs bloqueurs 66 figeant ainsi la position des deux capsules 21.

[0126] La capsule 21 du groupe 20b est à son point mort haut, sa partie supérieure étant remplie d'air A à la pression atmosphérique P0, et son moyen de propulsion 22 rempli d'air à la pression de l'eau de la cuve 10.

[0127] Le fonctionnement du dispositif hydropneumatique 100 s'opère alors suivant un procédé comprenant les étapes suivantes :

- une étape d'ouverture de la vanne d'évacuation 221 du groupe 20b afin de libérer l'air contenu dans le moyen de propulsion 22 ;
- une étape de fermeture de la vanne d'admission d'air 321 du groupe 20b pour bloquer l'air en provenance de l'extérieur ;
- une étape d'ouverture de la vanne supérieure 211 afin de comprimer l'air situé à l'intérieur de la capsule 21 du groupe 20b ;
- une étape de détection de l'équilibre des pressions par les capteurs de pression 511 et 512 ;

[0128] lorsque l'équilibre des pressions est détecté,

- une étape de fermeture de la vanne supérieure 211 de la capsule 21 du groupe 20a afin de bloquer le moyen de compression d'air 23 grâce à l'incompressibilité de l'eau.

[0129] On se place maintenant dans la configuration suivante, à un instant T_1, dans laquelle

la capsule 21 du groupe 20a est toujours à son point mort bas, sa partie inférieure étant alors remplie d'air et sa partie supérieure étant vide. Cette configuration est représentée sur la [Fig.3].

[0130] Le fonctionnement du dispositif hydropneumatique 100 se poursuit selon le procédé de fonctionnement avec les étapes suivantes :

- une étape de fermeture de la vanne supérieure 211 de la capsule 21 du groupe 20b, située à son point mort haut, permettant de bloquer le moyen de compression d'air 23 sous l'effet de l'équilibre de pression établi à la pression P1 ;
- une étape d'ouverture de la vanne d'admission d'air 321 du groupe 20a, afin que l'air de l'extérieur pénètre dans la partie supérieure de la capsule 21 dudit groupe ;
- une étape d'ouverture de la vanne de refoulement 331 du groupe 20b afin que l'air comprimé dans la partie supérieure de la capsule 21 dudit groupe soit transféré dans le moyen de propulsion 22 de l'autre capsule ;
- une étape de libération des capsules 21 par le déblocage des bloqueurs de poulies.

[0131] Toutes ces étapes sont effectuées quasi simultanément sauf pour l'étape d'ouverture de la vanne supérieure 211 du groupe 20b afin de permettre la compression de l'air, ce qui temporise l'action de libération des capsules 21.

[0132] Plus la colonne d'eau de la cuve 10 est haute, plus l'air est comprimé, plus le différentiel de la poussée de bas en haut entre les deux capsules 21 est important, en faveur de la capsule située au point mort bas, dynamisant ainsi le fonctionnement du dispositif hydropneumatique 100.

[0133] A ce stade, seule la partie inférieure de la capsule 21 du groupe 20a est remplie d'air, tandis que seule la partie supérieure de la capsule 21 de l'ensemble 20b est principalement remplie d'eau. Le différentiel de poussée est donc plus important sur la capsule du groupe 20a qui est libérée profitant de la détente du ressort comprimé 65. Cela améliore le démarrage de l'inversion du sens de fonctionnement des capsules 21.

[0134] Ce déplacement a pour conséquence d'emmagasiner de l'air dans la partie supérieure de la capsule du groupe 20a, de refouler l'air contenu dans la partie inférieure de ladite capsule vers la partie inférieure de la capsule du groupe 20b, et surtout, dès le début du déplacement, de refouler l'air comprimé de la partie supérieure de la capsule du groupe 20b au sommet du moyen de propulsion 22 du groupe 20a qui vient accroitre la traction de sa capsule 21 vers son point mort haut.

[0135] Ce refoulement s'effectue sans effort car l'air A a été préalablement comprimé à la même pression P1 que l'eau E.

[0136] On se place maintenant dans la configuration suivante, à un instant T_2, représentée sur la [Fig.4].

[0137] Lors de la phase descendante de la capsule 21 du groupe 20b, juste avant que le moyen de compression d'air 23 arrive en butée sur l'organe de répartition d'air 24, détecté par anticipation par le deuxième capteur de position 522, une majeure partie de l'air comprimé contenu dans la partie supérieure de la capsule 21 du groupe 20b a été transféré dans le moyen de propulsion 22 du groupe 20a.

[0138] La vanne supérieure 211 est ouverte, puis, juste après, la vanne de refoulement d'air 331 est fermée sur la capsule 21 du groupe 20b qui termine sa descente en évacuant, sans effort, l'eau E qu'elle contient par la vanne supérieure 211 située à son sommet. Vers la fin de la descente, la capsule 21 vient comprimer le ressort 65 ralentissant sa course jusqu'à son point mort bas. Ce point mort bas est détecté par le deuxième capteur de position 521 afin d'activer les bloqueurs 66.

[0139] On se retrouve alors dans la configuration finale pour un seul cycle, à un instant T_f, représentée sur la [Fig.5]. Cette configuration correspond au point de départ de la [Fig.1] avec les capsules 21 inversées dans leurs rôles.

[0140] Après le blocage des poulies 61, l'air accumulé dans le moyen de propulsion 22 du groupe 20a est libéré par l'ouverture de la vanne d'évacuation 221 et se dirige vers le moyen de diffusion d'air 40 qui le libère à un point précis. Cet air s'intègre dans des nacelles 810 inversées réparties sur le convoyeur vertical 800 qui va permettre de générer de l'énergie électrique en sortie.

[0141] Selon le fonctionnement décrit, lorsqu'une capsule 21 est à son point mort bas, l'autre capsule 21 est à son point mort haut, les commandes sont ainsi inversées et le dispositif 100 enchaine les mouvements en aspirant l'air à la base de la colonne d'eau de la cuve 10 afin qu'il produise un flux d'air comprimé. Il est à noter qu'avec cette organisation et ce fonctionnement, le différentiel de poussée est toujours plus important sur la capsule ascendante.

[0142] Le flux d'air comprimé ainsi généré permet d'actionner un système de production d'énergie situé dans la partie supérieure de la cuve 10, c'est-à-dire au-dessus du moyen de diffusion d'air 40.

[0143] Selon un mode de réalisation, ce système correspond au convoyeur vertical 800 de la [Fig.6] tel qu'il sera ci-après décrit.

[0144] En effet, selon ce mode de réalisation, le dispositif hydropneumatique 100 est associé au convoyeur vertical 800 dont la base est située au-dessus du moyen de diffusion d'air 40 et le sommet en haut de la cuve 10. Cette association constituant ainsi un générateur électrique dans lequel l'énergie électrique est produite par la rotation du convoyeur vertical 800, elle-même produite par le flux d'air comprimé produit par le dispositif hydropneumatique 100.

[0145] En référence à la [Fig.6], le convoyeur vertical 800 comporte une pluralité de nacelles 810 fixées sur deux chaines 820 parallèles dont l'espacement est défini par la

largeur des nacelles qui y sont fixées à des espacements réguliers.

[0146] Les deux chaines 820 entrainent quatre pignons 830, deux au sommet dont l'axe 840 sur roulement est fixé à une plateforme supérieure et entraine toutes les unités connectées, et deux à la base au-dessus du moyen de diffusion d'air 40, fixés grâce à des suspentes aux mêmes endroits que les pignons supérieurs, mais aussi grâce à des renforts fixés à la cuve au niveau de sa partie inférieure, non représentés.

[0147] L'axe supérieur 840 est équipé d'un système automatique de tension permanente qui agit sur les profilés de guidage des chaines 820.

[0148] Entre ces deux chaines sont fixées, à distance régulière, les nacelles 810 qui présentent une forme ovale, la paroi verticale est équipée de deux accroches 813, positionnées au centre des cotés les plus larges, nécessaires pour la fixation sur les deux chaines 820.

[0149] Chaque nacelle 810 est fermée d'un côté par un couvercle 811 se pliant en deux parties égales, à l'aide d'une charnière 812 équipée d'un joint, reliant les côtés les plus larges. Les deux parties du couvercle 811 sont constituées d'une double paroi emprisonnant un volume d'air destiné à déployer automatiquement le couvercle lors de la phase montante, formant ainsi le récipient qui va récupérer l'air comprimé libéré par le moyen de diffusion d'air 40. L'air ainsi récupéré vient s'ajouter à l'air contenu dans toutes les nacelles 810 situées au-dessus, entrainant le convoyeur vertical 800 qui entraine une génératrice et tous les systèmes connectés.

[0150] Lors de la phase descendante d'une nacelle 810, celle-ci étant à l'envers, les deux parties du couvercle 211 se replient automatiquement grâce à l'air qu'elles contiennent. Le côté opposé au couvercle est libre. Dans cette position, les nacelles 810 offrent un minimum de résistance car l'eau passe librement à l'intérieur.

[0151] Les figures 7a et 7b représentent une nacelle 810 lors de sa phase descendante avec les parties de son couvercle 811 pliées l'une contre l'autre autour de la charnière 812.

[0152] Coté couvercle la paroi verticale de chaque nacelle 810 dispose d'un rebord équipé d'un joint assurant l'étanchéité de la nacelle lors de la phase ascendante.

[0153] La taille des nacelles dépend de la taille de la partie haute des capsules 21 et non du volume d'air comprimé libéré par les moyen de propulsion 22 car Iors de la remontée, l'air est de moins en moins comprimé et augmente de volume.

[0154] Le moyen de diffusion d'air 40 peut être équipé d'un réducteur de débit permettant de répartir l'air sur plusieurs nacelles 810.

[0155] Accessoirement, une tôle située entre les parties ascendantes et descendante du convoyeur 800 permet de minimiser les turbulences entre les courants d'eau créés par le déplacement des nacelles 810.

[0156] Le convoyeur vertical 800 est indépendant du système d'intégration d'air. Il est en rotation permanente, et peut être équipé d'un compte-tours permettant au dispositif hy-

dropneumatique 100 de ralentir le déblocage des capsules 21 lorsque la rotation est trop rapide.

[0157] L'entrainement s'effectue à l'aide de l'axe supérieur 840 du convoyeur vertical 800 entrainant les équipements connectés par l'intermédiaire de pignons de sortie 850 adaptant la vitesse de rotation.

[0158] Le générateur électrique comprenant le dispositif hydropneumatique 100 et le convoyeur 800 comprend en outre au moins une pompe et un compresseur.

[0159] Il ressort de la présente description que certains éléments non essentiels du dispositif hydropneumatique peuvent être modifiés, remplacés ou supprimés sans pour autant sortir du cadre de l'invention défini par les revendications ci-après.

[0160] **Liste des références numériques**

100 : dispositif hydropneumatique (de production de flux d'air comprimé)
10 : cuve
11 : tuyau de remplissage et de vidange
20, 20a, 20b : groupe de poussée
21 : capsule
211 : vanne supérieure
212 : clapet de sécurité
22 : moyen de propulsion
221 : vanne d'évacuation
23 : moyen de compression d'air
231 : joint torique (du moyen de compression d'air)
24 : organe de répartition d'air
241 : joint torique (de l'organe de répartition d'air)
25 : collerette
251 : joint torique (de la collerette)
30 : réseau de distribution d'air
31 : tube principal de transfert d'air
32 : deuxième tube (d'admission d'air)
321 : vanne d'admission d'air
322 : crosse (d'entrée d'air)
33, 33a, 33b : troisième tube (de refoulement d'air)
331 : vanne de refoulement d'air
332 : clapet anti-retour
40 : moyen de diffusion d'air
511 : premier capteur de pression
512 : deuxième capteur de pression
521 : premier capteur de position

522 : deuxième capteur de position
61 : poulie
611 : axe de poulie
62 : sangle crantée
621 : fixation de la sangle
63 : support de poulie
65 : ressort
66 : bloqueur de poulie
71 : câblage
800 : convoyeur vertical
810 : nacelle
811 : couvercle pliable
812 : charnière de pliage
813 : accroche
820 : chaine
830 : pignon
840 : axe (des pignons)
850 : pignon de sortie

Revendications

[Revendication 1] Dispositif hydropneumatique (100) de production de flux d'air comprimé, caractérisé en ce qu'il comprend une cuve (10) recevant une colonne d'eau de hauteur H, deux capsules (21) immergées, mobiles par rapport à une structure fixe comportant un tube principal (31) de transfert d'air en forme de U et deux organes de répartition d'air (24) aux extrémités dudit tube, chaque organe de répartition d'air (24) étant placé à l'intérieur d'une capsule (21) et la divisant de manière étanche en une partie haute et une partie basse, les parties basses communiquant via le tube principal (31), en ce que chaque capsule (21) comporte une vanne supérieure (211) permettant l'entrée de l'eau de la cuve (10) dans sa partie haute et un moyen de compression d'air (23), monté coulissant dans ladite partie haute et comprimant l'air s'y trouvant sous l'effet de l'eau pénétrant par ladite vanne supérieure, en ce que chaque organe de répartition d'air (24) est traversé par un deuxième tube (32) et un troisième tube (33) permettant respectivement une admission d'air extérieur dans la partie haute de la capsule (21) dans laquelle se trouve ledit organe et un refoulement d'air comprimé dans un moyen de propulsion (22) de l'autre capsule (21), en ce que les deux capsules (21) sont reliées cinématiquement par un système de renvoi (61, 62) leur conférant un mouvement alterné, et en ce que la pénétration de l'eau dans une première capsule (21) produit un différentiel de poussée entre les deux capsules et donc une ascension de la deuxième capsule (21) et une descente de la première capsule, ladite ascension étant favorisée par l'air comprimé refoulé dans le moyen de propulsion (22) de la deuxième capsule, ledit air comprimé étant libéré en fin de course par une vanne d'évacuation (221) dans la cuve (10).

[Revendication 2] Dispositif hydropneumatique selon la revendication 1, comprenant en outre un moyen de diffusion d'air (40) placé au-dessus des capsules (21) pour diffuser l'air comprimé libéré vers le haut de la cuve (10).

[Revendication 3] Dispositif hydropneumatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque capsule (21) présente une forme cylindrique à base circulaire se terminant à par un dôme hémisphérique à chacune de ses extrémités.

[Revendication 4] Dispositif hydropneumatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque moyen de propulsion (22) présente une forme en cloche enveloppant de manière espacée la capsule (21) à

laquelle il est fixé de sorte à définir un volume d'emprisonnement de l'air comprimé refoulé par l'autre capsule.

[Revendication 5] Dispositif hydropneumatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque deuxième tube (32) et chaque troisième tube (33) comprennent respectivement une vanne d'admission (321) et une vanne de refoulement (331), toutes deux communiquant avec la partie haute des capsules (21).

[Revendication 6] Dispositif hydropneumatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre des capteurs de pression (511, 512) configurés pour détecter un équilibre de pression entre l'eau de la cuve (10) et l'air dans chaque capsule (21).

[Revendication 7] Dispositif hydropneumatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système de renvoi (61, 62) comporte des poulies (61) et des sangles (62) inextensibles reliant les capsules (21).

[Revendication 8] Dispositif hydropneumatique selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins deux paires de capsules (21).

[Revendication 9] Générateur électrique comprenant un dispositif hydropneumatique (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, et un système de conversion convertissant l'énergie du flux d'air comprimé produit par ledit dispositif en une énergie de rotation mécanique.

[Revendication 10] Générateur électrique selon la revendication 9, dans lequel le système de conversion est un convoyeur vertical (800) comportant des nacelles (810) attachées à des chaines (820), lesdites nacelles étant creuses pour remonter sous l'effet de l'air comprimé et ainsi entraîner les chaines (820) et des pignons (830) couplés auxdites chaines.

[Fig. 1]

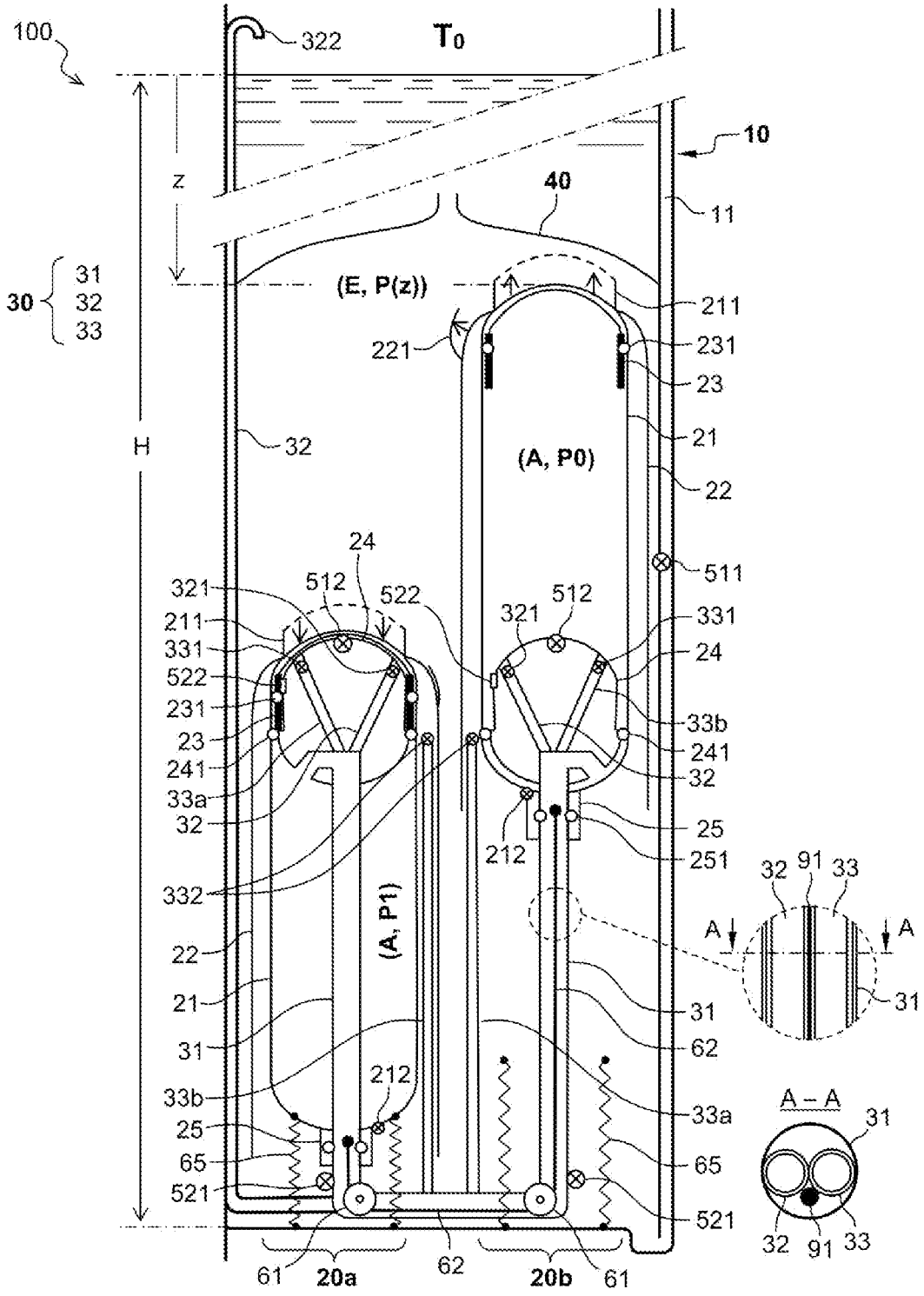

100
322
T0
10
z
40
11
30
31
32
33
(E, P(z))
211
221
231
23
H
32
21
(A, P0)
22
24
511
321
512
522
331
211
331
522
231
23
241
33a
32
241
32
25
212
251
332
22
21
31
33b
25
65
521
(A, P1)
212
31
62
33a
65
521
61
20a
62
20b
61
32 91 33
A
A
31
A – A
31
32 91 33

Fig. 1

[Fig. 2]

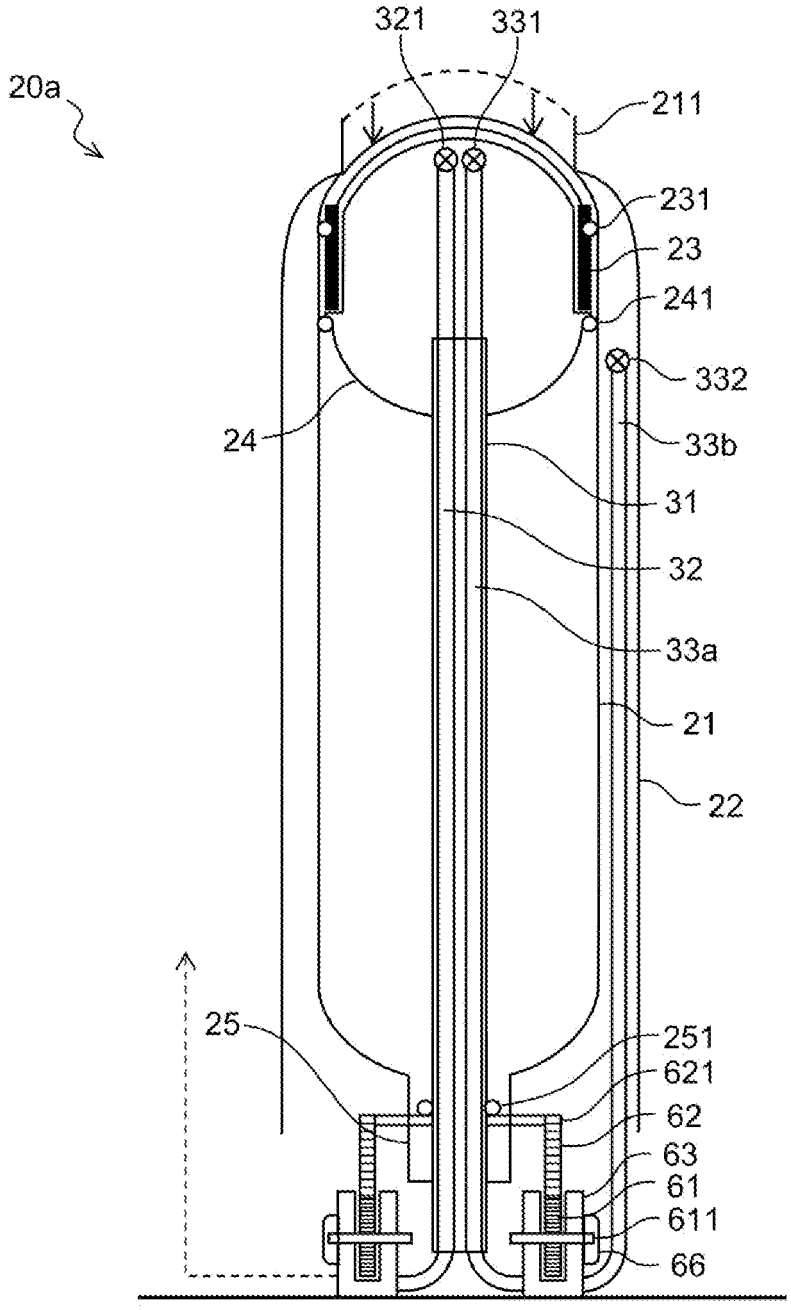

321
331
20a
211
231
23
241
332
24
33b
31
32
33a
21
22
25
251
621
62
63
61
611
66

Fig. 2

[Fig. 3]

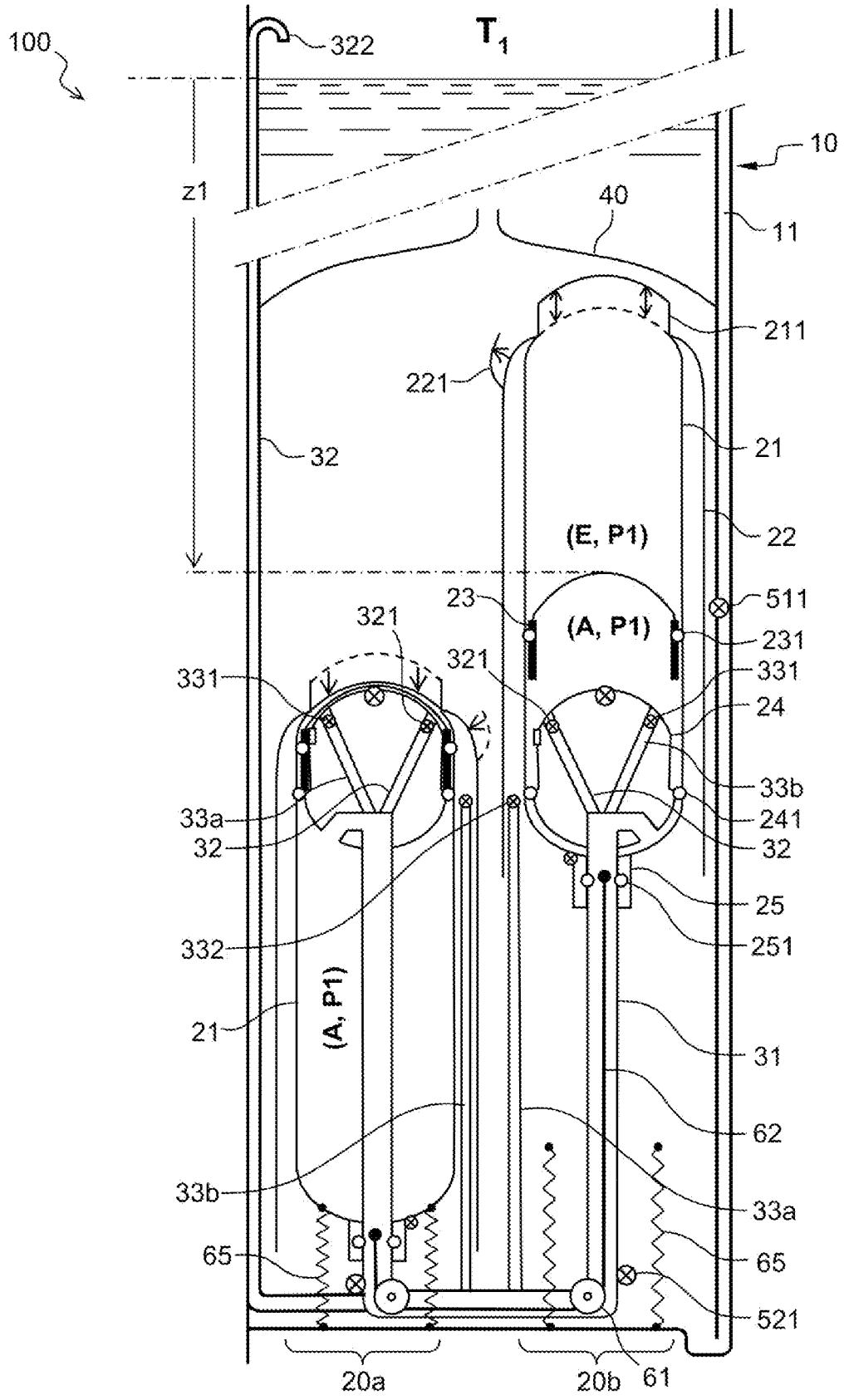

100
322
T1
10
z1
40
11
211
221
21
32
22
(E, P1)
23
511
321
(A, P1)
231
321
331
331
24
33b
33a
241
32
32
25
332
251
21
(A, P1)
31
62
33b
33a
65
65
521
20a
20b
61

Fig. 3

[Fig. 4]

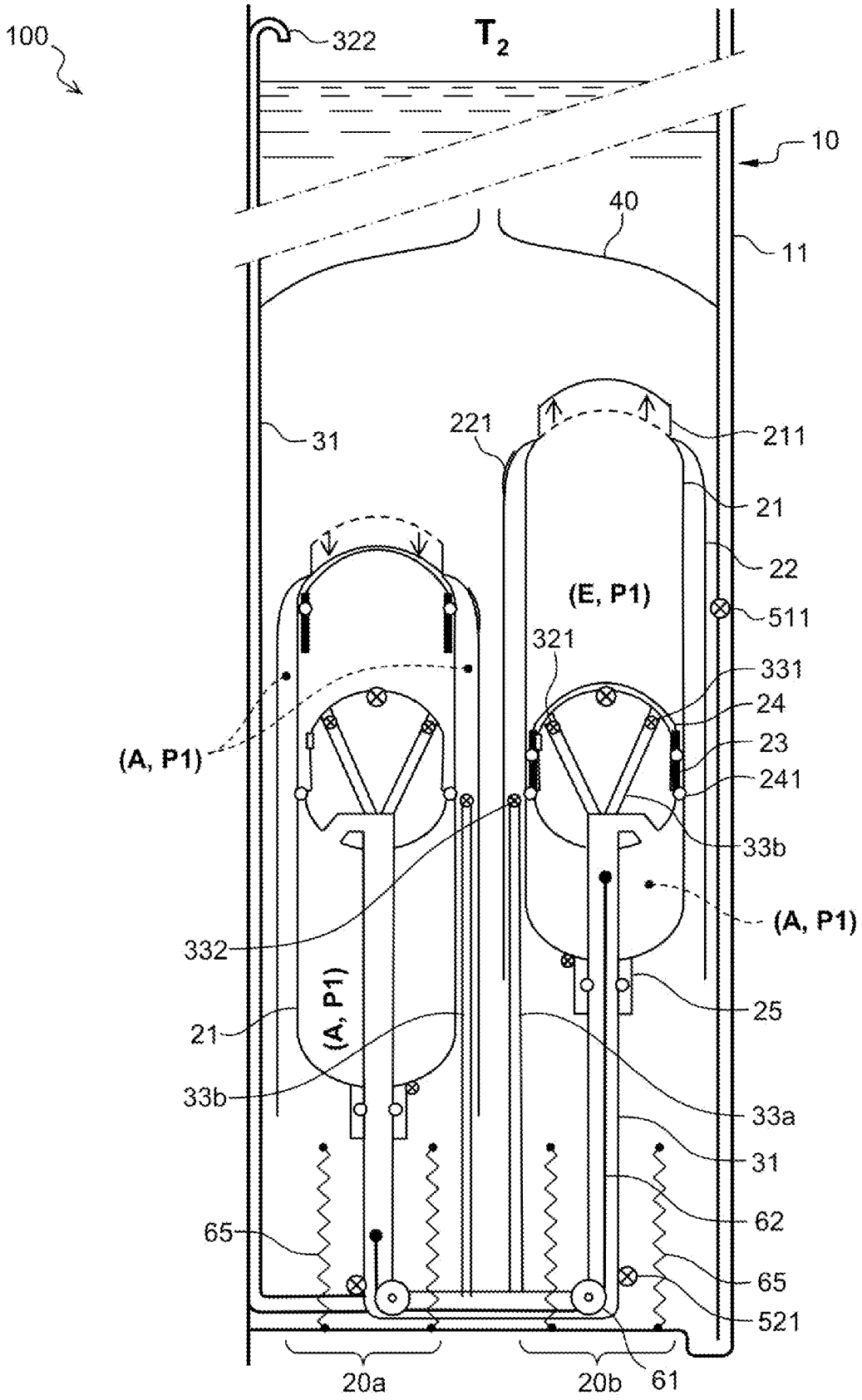

100
322
T_2
10
40
11
31
221
211
21
22
(E, P1)
511
321
331
24
23
241
(A, P1)
33b
(A, P1)
332
25
21
(A, P1)
33b
33a
31
62
65
65
521
20a
20b
61

Fig. 4

[Fig. 5]

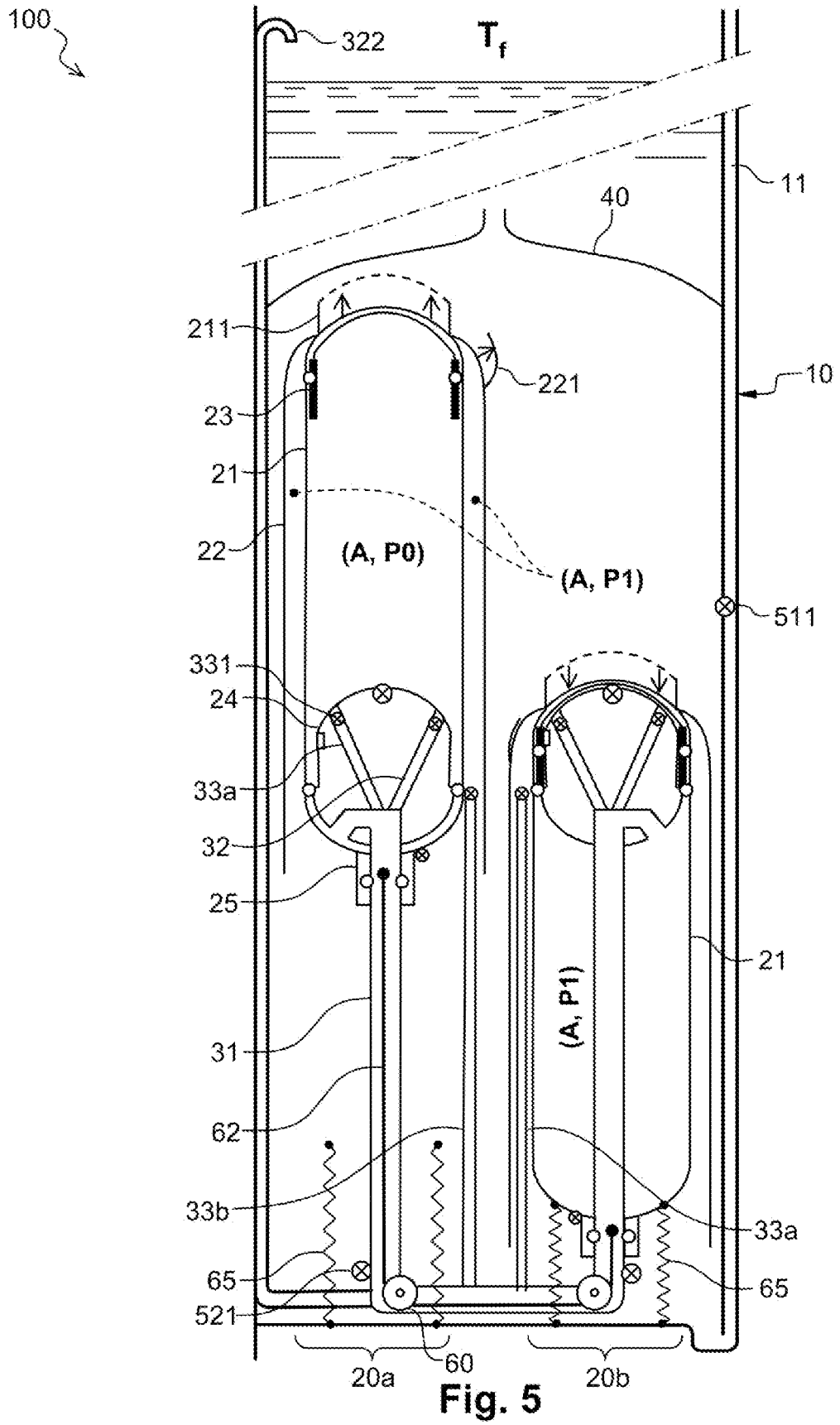

100
322
T_f
11
40
211
221
10
23
21
22
(A, P0)
(A, P1)
511
331
24
33a
32
25
21
(A, P1)
31
62
33b
33a
65
65
521
20a
60
20b

Fig. 5

[Fig. 6]

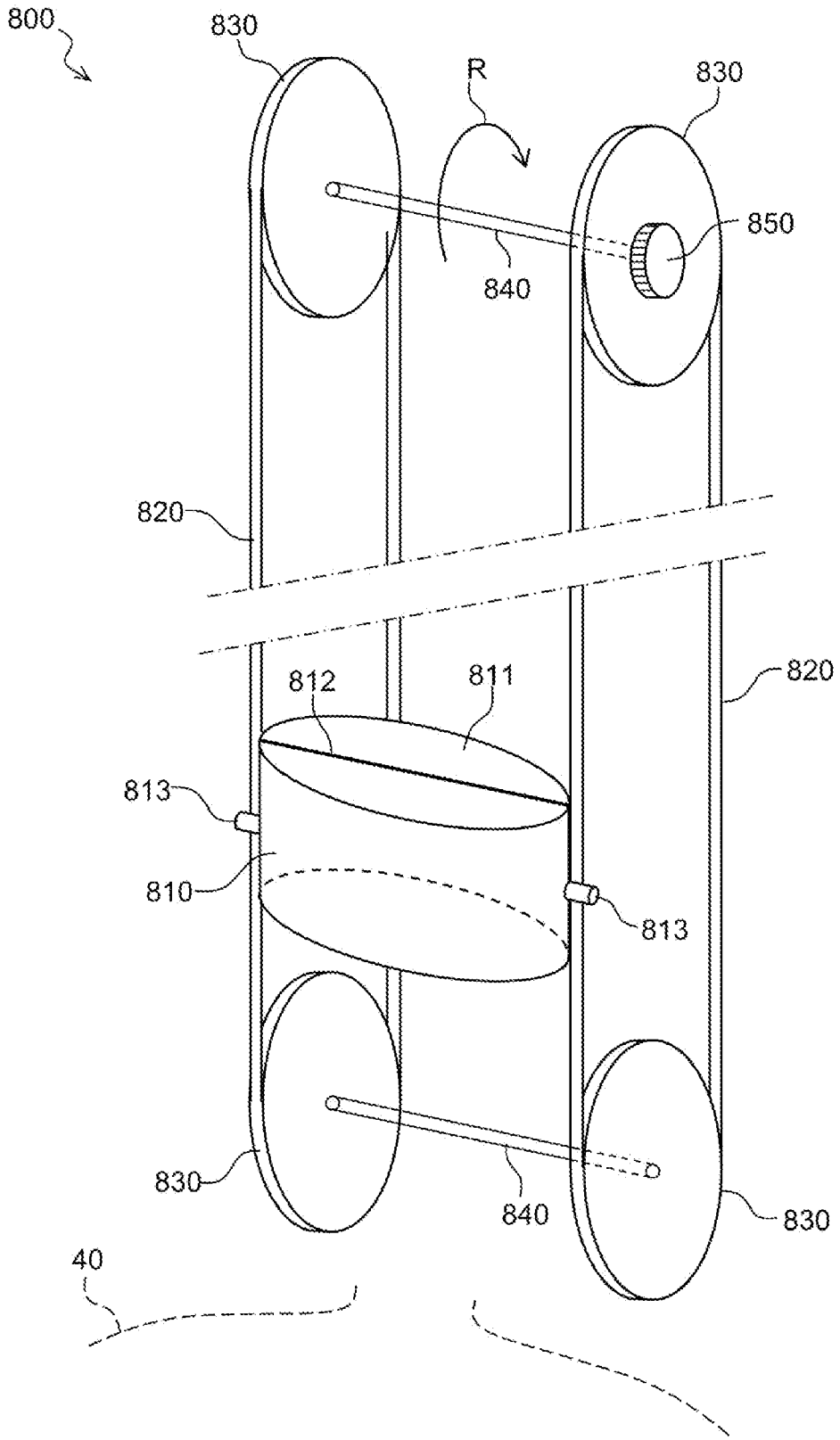


Fig. 6

[Fig. 7a]

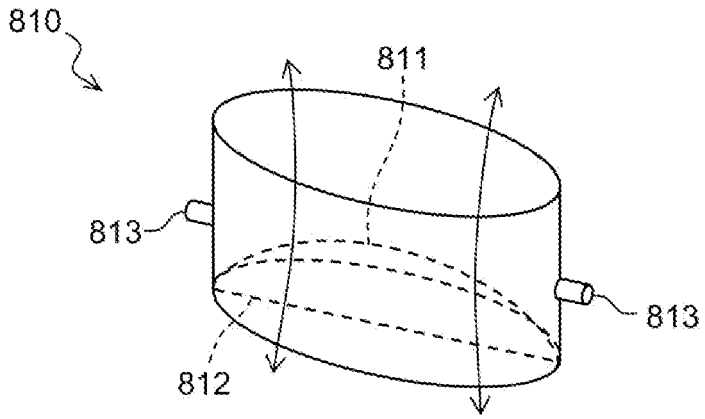


Fig. 7a

[Fig. 7b]

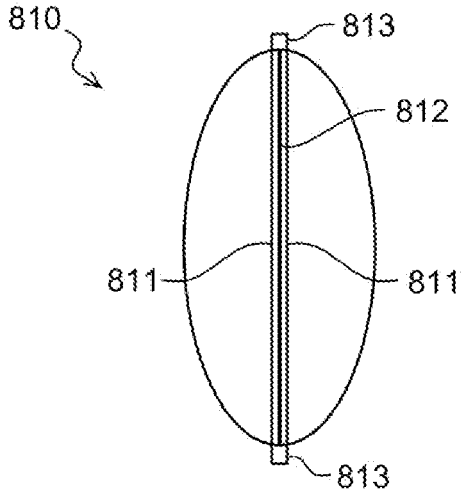


Fig. 7b

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 918738
FR 2304595

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2008/264056 A1 (TUNG JUI-CHI [TW]) 30 octobre 2008 (2008-10-30) * alinéas [0001], [0021] - [0029]; figures 1-13 *	1-10	F03B 13/10 F03B 17/04 F03G 7/10
A,D	US 3 857 242 A (GILMORE R) 31 décembre 1974 (1974-12-31) * abrégé; figures 1-4 *	1-10	
A	AR 106 932 A1 (RUEDA RINCON MARCO ANTONIO [CO]) 7 mars 2018 (2018-03-07) * pages 23-38; figures 1-8 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F03B

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
24 novembre 2023	Lux, Ralph

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304595 FA 918738

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-11-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008264056 A1	30-10-2008	AUCUN	
US 3857242 A	31-12-1974	AUCUN	
AR 106932 A1	07-03-2018	AR 106932 A1	07-03-2018
		UY 37002 A	30-06-2017
		WO 2017093826 A1	08-06-2017

EPO FORM P0465