

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
22 mai 2020 (22.05.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/099064 A1

(51) Classification internationale des brevets :
E04H 7/20 (2006.01) *F17C 1/00* (2006.01)
F02C 6/16 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/078410

(22) Date de dépôt international :
18 octobre 2019 (18.10.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1871474 12 novembre 2018 (12.11.2018) FR

(71) Déposant : **IFP ENERGIES NOUVELLES** [FR/FR] ; 1
& 4, avenue du Bois-Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON
(FR).

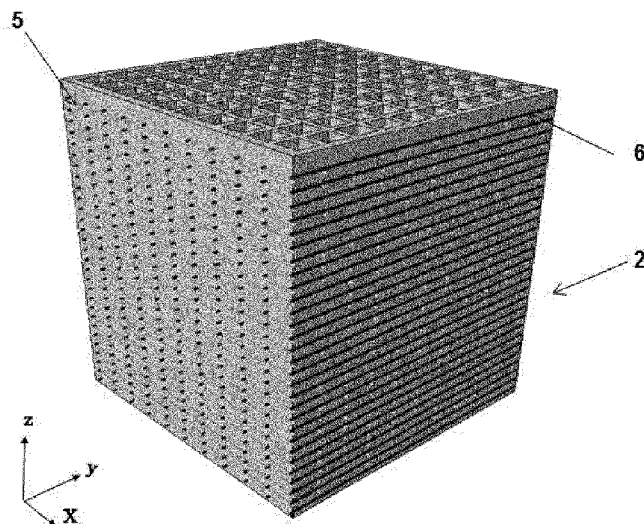
(72) Inventeur : **SAEEDI, Navid** ; 1 et 4, avenue de Bois Préau,
92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(54) Title: TANK FOR STORING A PRESSURIZED FLUID AND METHOD FOR MANUFACTURING THE TANK

(54) Titre : RESERVOIR POUR LE STOCKAGE D'UN FLUIDE SOUS PRESSION ET PROCEDE DE FABRICATION DU RESERVOIR

[Fig 3a]



[Fig 3b]

(57) Abstract: The present invention relates to a tank for storing a pressurized fluid such as compressed air, the tank comprising a body formed of concrete. According to the invention, the body has a cellular structure, the cells of said cellular structure being delimited by walls of the body. According to the invention, the tank is prestressed in tension by a plurality of cables positioned at least in the walls of the body, each of the cables being subjected to a compressive prestress, at least one cable being positioned in each of the walls forming each of the cells.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que de l'air comprimé, le réservoir comprenant un corps formé en béton. Selon l'invention, le corps a une structure alvéolaire, les alvéoles de ladite structure

[Suite sur la page suivante]



WO 2020/099064 A1

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

alvéolaire étant délimitées par des parois du corps. Selon l'invention, le réservoir est précontraint en traction par une pluralité de câbles disposés au moins dans les parois du corps, chacun des câbles étant soumis à une précontrainte en compression, au moins un câble étant disposé dans chacune des parois formant chacune des alvéoles.

Description

Titre : Réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression et procédé de fabrication du réservoir

5 **Domaine technique**

Le domaine de la présente invention concerne de façon générale le stockage d'un fluide sous pression, tel que de l'air comprimé. En particulier, la présente invention concerne le domaine du stockage et de restitution d'énergie par gaz comprimé tel que de l'air.

10 Un système de stockage d'énergie par air comprimé (aussi appelé CAES, de l'anglais « Adiabatic Compressed Air Energy Storage ») vise à stocker une énergie sous forme d'air comprimé, en vue d'une utilisation ultérieure. Pour le stockage, une énergie, notamment électrique, entraîne des compresseurs d'air, et pour le déstockage, l'air comprimé entraîne des turbines, qui peuvent être reliées à une génératrice électrique.

15 Il existe différentes variantes de système de stockage d'énergie par air comprimé, qui ont pour objectif notamment d'améliorer le rendement de tels systèmes. On peut citer notamment les systèmes et procédés :

- ACAES (de l'anglais « Adiabatic Compressed Air Energy Storage ») dans lequel l'air est stocké à la température due à la compression.
- AACAES (de l'anglais « Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage ») dans 20 lequel l'air est stocké à température ambiante, et la chaleur due à la compression est également stockée, séparément, dans un système de stockage de la chaleur TES (de l'anglais « Thermal Energy Storage »). Dans ce cas, la chaleur stockée dans le TES est utilisée pour chauffer l'air avant sa détente.

25 Dans tous les cas, que l'air soit stocké à température ambiante ou à toute autre température, un tel système de stockage d'énergie par air comprimé requiert un réservoir de stockage de l'air comprimé qui soit au moins à la fois résistant à la pression de stockage et étanche au gaz stocké. La résistance à la pression est notamment un enjeu important puisque les pressions de stockage de l'air comprimé sont au moins égales à 100 bars.

30 **Technique antérieure**

Le stockage de gaz comprimé dans des réservoirs tout en acier, de forme généralement cylindrique ou sphérique, est classique. En effet, l'acier a des propriétés à la fois d'étanchéité et de résistance à la pression. Toutefois, si l'étanchéité est assurée à partir

d'épaisseurs d'acier assez faibles (quelques mm), il est nécessaire d'utiliser des épaisseurs d'acier plus importantes lorsque l'on veut stocker un fluide sous haute pression (c'est-à-dire une pression supérieure à 100 bars, et préférentiellement de l'ordre de 125 bars). Si un tel réservoir est une solution techniquement et économiquement avantageuse pour de faibles volumes de gaz à stocker à haute pression, un réservoir entièrement en acier devient inenvisageable en cas d'importants volumes de gaz à stocker à haute pression. En effet, du fait du coût de l'acier, la rentabilité économique du système est compromise, mais également la conception d'un tel réservoir engendre des contraintes de fabrication difficiles à satisfaire (roulage, cintrage, soudage, transport, etc). Ainsi, dans le cas de réservoirs en acier, le stockage d'un grand volume se fait par assemblage de plusieurs éléments de dimensions plus faibles, raccordés entre eux. Ayant des dimensions plus faibles, ces éléments sont techniquement fabricables et ainsi les contraintes de fabrications sont surmontées. En revanche, la rentabilité économique du système peut être mise en cause à cause de la quantité d'acier nécessaire et des coûts d'assemblage.

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés pour la fabrication de réservoirs destinés à des stockage de fluides à très haute pression (hydrogène, air comprimé, etc.). Ils ne sont toutefois appropriés que pour des petits volumes à stocker (inférieur à 10 m³). En effet, le diamètre d'un réservoir en composite est limité par la procédure de fabrication elle-même (très souvent par enroulement filamentaire). Par ailleurs, le temps de fabrication serait très élevé et pas réaliste dans le cas du stockage d'un grand volume de fluide (supérieur à 10 m³). En outre, les coûts de fabrication (matières premières, mise en œuvre,...) d'un réservoir en composite sont très élevées à ce jour. Par conséquent, les matériaux composites, du fait de leur rapport résistance/poids favorable, sont plutôt à privilégier dans les applications où le poids de la structure est à minimiser (aéronautique, automobile, etc.).

On connaît également la demande de brevet WO2018/050455 qui décrit un réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que de l'air comprimé conçu sous la forme d'un tube formé d'une alternance de couches béton-acier-béton précontraint. Cette conception multi-matériaux permet de bénéficier de la capacité mécanique de chaque matériau et ainsi de réduire le coût global du réservoir par rapport à un réservoir de même capacité qui serait conçu entièrement en acier. Ce réservoir présente quelques inconvénients, notamment en ce qui concerne l'étanchéité ainsi que la connexion des tubes. En effet, la couche d'acier garantissant l'étanchéité de la partie courante est incorporée dans le béton et par conséquent, ce qui complique les aspects de maintenance de ce système. Par ailleurs, la connexion des tubes s'avère compliquée à réaliser et nécessite des tolérances de fabrication précises et limitées.

La présente invention concerne un réservoir apte au stockage d'un fluide sous pression permettant de pallier ces inconvénients. En particulier, le réservoir selon l'invention est formé d'une structure alvéolaire formée en béton, chaque alvéole formant un espace destiné au stockage du fluide, et chaque alvéole étant précontrainte en compression. Ainsi le réservoir selon l'invention permet un grand volume de stockage (plusieurs milliers de m³) à pression élevée (c'est-à-dire une pression supérieure à 100 bars, et préférentiellement de l'ordre de 125 bars). Par ailleurs, le réservoir selon l'invention, peut être fabriqué avec des étapes de procédés de fabrication classiques et maîtrisés dans le domaine. De plus, le matériau principal de ce réservoir est le béton, ce qui le rend peu coûteux.

Résumé de l'invention

L'invention concerne un réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que de l'air comprimé, ledit réservoir comprenant un socle, un corps et un couvercle, ledit corps étant formé en béton, caractérisé en ce que le corps a une structure alvéolaire, les alvéoles de ladite structure alvéolaire étant délimitées par des parois dudit corps, et en ce que ledit réservoir est précontraint en compression par une pluralité de fils de précontrainte disposés au moins dans lesdites parois dudit corps, chacun desdits fils étant soumis à une précontrainte en traction pour générer ladite précontrainte en compression dans lesdites parois, au moins un fil étant disposé dans chacune desdites parois formant chacune desdites alvéoles.

Selon une mise en œuvre de l'invention, lesdits fils de précontrainte peuvent être en acier.

Selon une mise en œuvre de l'invention, lesdites alvéoles peuvent avoir une direction principale d'allongement, et les sections desdites alvéoles dans les plans transversaux à ladite direction principale d'allongement peuvent avoir une forme sensiblement circulaire ou carrée.

Selon une mise en œuvre de l'invention, lesdites alvéoles peuvent avoir une direction principale d'allongement, et dans lequel au moins une première partie desdits fils de précontrainte peuvent être disposés dans une pluralité de plans transversaux à ladite direction principale d'allongement desdites alvéoles.

Selon une mise en œuvre de l'invention au moins une deuxième partie desdits fils de précontrainte peuvent être disposés selon ladite direction principale d'allongement desdites alvéoles.

Selon une mise en œuvre de l'invention, ledit socle et/ou ledit couvercle peuvent être formés d'une dalle en béton précontrainte.

- 5 Selon une mise en œuvre de l'invention, ledit couvercle peut comprendre un élément formé dans un matériau métallique.

- 10 Selon une mise en œuvre de l'invention, ledit couvercle peut comprendre un premier et un deuxième éléments formés dans un matériau métallique, ledit premier élément étant fixé audit corps de manière non démontable et ledit deuxième élément étant fixé audit premier élément au moyen de moyens pour une fixation démontable.

- 15 Selon une mise en œuvre de l'invention, au moins une partie des parois dudit corps peuvent comprendre une couche formée d'un matériau étanche audit fluide destiné à être stocké dans ledit réservoir.

- 20 Selon une mise en œuvre de l'invention, ladite couche peut être disposée sur au moins la partie interne des parois desdites alvéoles, et/ou au moins sur la partie externe des parois dudit corps, et/ou au moins à l'intérieur de la partie externe des parois dudit corps.

L'invention concerne en outre un procédé pour fabriquer un réservoir tel que décrit ci-dessus, ledit réservoir comprenant un corps ayant une structure alvéolaire, dans lequel on forme ledit corps dudit réservoir selon les étapes suivantes :

- 25 a) on dispose au moins un coffrage pour le béton, ledit coffrage comprenant des éléments pour former des parois délimitant des alvéoles de ladite structure alvéolaire ;
b) on dispose des gaines destinées au passage de fils de précontrainte de manière à ce qu'au moins un fil soit disposé dans chacune desdites parois formant chacune desdites alvéoles ;
c) on coule du béton dans ledit coffrage ; et
30 d) on fait passer lesdits fils de précontrainte dans lesdites gaines.

Selon une mise en œuvre de l'invention, on peut fabriquer ledit réservoir selon au moins les étapes suivantes :

- 35 i) on dispose un socle ;
ii) on forme ledit corps selon les étapes a) à d) telles que décrites ci-dessus sur ledit socle ou bien on dispose ledit corps formé selon les étapes a) à d) telles que décrites ci-dessus sur ledit socle ;

- iii) on applique une précontrainte en traction auxdits fils ;
- iv) on dispose un couvercle sur ledit corps dudit réservoir.

5

D'autres caractéristiques et avantages du procédé selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

10 Liste des figures

[Fig 1a]

[Fig 1b]

Les figures 1a et 1b illustrent une première conception d'une première variante de la structure alvéolaire du réservoir selon l'invention.

[Fig 2a]

[Fig 2b]

Les figures 2a et 2b illustrent une deuxième conception d'une première variante de la structure alvéolaire du réservoir selon l'invention.

[Fig 3a]

[Fig 3b]

[Fig 3c]

Les figures 3a, 3b et 3c illustrent des exemples de répartition de câbles de précontrainte selon une deuxième variante de l'invention, combinée avec la première conception de la première variante de la structure alvéolaire du réservoir selon l'invention (figures 3a et 3b), et avec la deuxième conception de la première variante de la structure alvéolaire du réservoir selon l'invention (figure 3c).

[Fig 4a]

[Fig 4b]

[Fig 4c]

Les figures 4a, 4b et 4c illustrent des exemples de réalisation des quatrième (figure 4a) et cinquième (figures 4b et 4c) variantes du réservoir selon l'invention, combinées avec une troisième variante de mise en œuvre de l'invention.

[Fig 5a]

[Fig 5b]

[Fig 5c]

35

Les figures 5a, 5b et 5c illustrent respectivement des première, deuxième et troisième conceptions de la sixième variante de l'invention.

[Fig 6]

La figure 6 présente une vue de dessus d'une alvéole à section carrée du corps du réservoir selon l'invention.

Description des modes de réalisation

La présente invention concerne un réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que de l'air comprimé. Un tel réservoir peut notamment être mis en œuvre dans un système de stockage et de restitution d'énergie par gaz comprimé de type AACAES. De façon générale, on appelle « pression de service » la pression à laquelle il est envisagé de stocker le fluide. Typiquement, dans une application de stockage et restitution d'énergie par gaz comprimé, cette pression de service est supérieure à 100 bars, et généralement de l'ordre de 125 bars.

Le réservoir selon l'invention comprend au moins un socle, un corps et un couvercle. Selon l'invention, au moins le corps du réservoir est formé en béton. Par ailleurs, selon l'invention, le corps du réservoir a une structure alvéolaire, les alvéoles de cette structure alvéolaire étant délimitées par des parois du corps. Les alvéoles de la structure alvéolaire du corps du réservoir forment ainsi des espaces destinés au stockage d'un fluide. La capacité de stockage du réservoir selon l'invention correspond ainsi à la somme des volumes de chacune des alvéoles formées dans le corps du réservoir. Ainsi, chaque alvéole constitue un sous-réservoir du réservoir selon l'invention. Cette conception permet d'atteindre des capacités de stockage importante (en multipliant le nombre d'alvéoles et donc de sous-réservoirs), tout en réduisant la pression exercée sur chacun des sous-réservoirs par rapport à la pression qui serait exercée par un même volume de fluide stocké dans un réservoir unique de même capacité.

Le réservoir selon l'invention comprend en outre une pluralité de fils de précontraintes disposés au moins dans les parois formant les alvéoles de la structure alvéolaire du corps du réservoir, chacun des fils étant soumis à une précontrainte en traction générant une précontrainte de compression dans les parois en béton. Selon l'invention, les fils de précontraintes correspondent soit à un unique toron, soit à un câble formé d'une pluralité de torons. La présente invention est décrite ci-après en utilisant de manière non limitative des câbles de précontrainte, mais elle pourrait tout aussi bien être mise en œuvre au moyen d'un unique toron.

Selon l'invention, au moins un câble est disposé dans chacune des parois formant chacune des alvéoles de la structure alvéolaire du corps du réservoir. Ainsi, les parois de chacune des alvéoles formant un espace pour le stockage du fluide sont précontraintes en compression, de manière à compenser la force de traction exercée sur ces mêmes parois lorsque le fluide stocké dans les alvéoles est sous pression, et en particulier sous haute pression. Cette conception est particulièrement avantageuse car le béton a une résistance relativement faible à la traction.

Avantageusement, les fils de précontraintes, qui peuvent être des câbles ou des torons, utilisés pour appliquer la précontrainte en compression dans les parois du corps du réservoir peuvent être en acier. Ce matériau permet notamment d'obtenir des câbles de diamètre relativement fin tout en assurant une grande résistance aux contraintes mécaniques. Alternativement, les câbles utilisés pour appliquer la précontrainte en compression dans les parois du corps du réservoir peuvent être en tout matériau très résistant en traction, comme par exemple de type polymère ou composite, et peuvent être utilisés en combinaison avec des moyens d'ancrage.

Selon une mise en œuvre préférée de l'invention, les alvéoles du corps du réservoir s'étendent selon une direction préférentielle, dite direction principale d'allongement par la suite. De manière préférée, cette direction principale d'allongement est perpendiculaire au socle et au couvercle du réservoir. Les alvéoles de ce mode préféré de l'invention peuvent être ouvertes aux deux extrémités du corps de réservoir (sans socle et sans couvercle) situées le long de la direction principale d'allongement. Selon cette conception, le socle et le couvercle peuvent venir fermer l'espace de chacune alvéoles dans la direction perpendiculaire à la direction principale d'allongement des alvéoles.

Selon une première variante de ce mode préféré de mise en œuvre de l'invention, les sections des alvéoles dans les plans transversaux à la direction principale d'allongement ont une forme sensiblement circulaire ou carrée. La forme circulaire de la section des alvéoles permet une meilleure homogénéité des contraintes exercées par le fluide sous pression stocké dans chacune des alvéoles sans générer beaucoup de concentrations de contrainte. La forme carrée de la section des alvéoles permet une fabrication plus aisée du réservoir selon l'invention.

Les figures 1a et 1b illustrent une conception non limitative de cette variante de la présente invention, dans laquelle la structure alvéolaire du corps 2 du réservoir 1 prend la forme d'alvéoles 3 s'étendant selon une direction principale d'allongement z, les alvéoles ayant une section carrée dans un plan xy transversal à la direction principale d'allongement z, les alvéoles 3 de la structure alvéolaire étant formées par des parois 4 du corps 2. Pour

cette variante de réalisation, les parois 4 sont réparties régulièrement selon deux directions perpendiculaires : une partie des parois 4 est parallèle à la direction x, l'autre partie des parois est parallèle à la direction y.

Les figures 2a et 2b illustrent une autre conception non limitative de cette variante de la présente invention, qui diffère de la celle illustrée par les figures 1a et 1b en ce que la section des alvéoles 3 dans un plan xy transversal à la direction principale d'allongement est circulaire. Les alvéoles 3 sont régulièrement réparties dans le corps 2 du réservoir 1.

Selon ces conceptions de l'invention qui ne sont toutefois nullement limitatives, la section des alvéoles 3 est invariable d'une alvéole 3 à une autre et est invariable le long de la direction principale d'allongement z. Egalement selon ces conceptions non limitatives, le corps 2 du réservoir 1 a la forme d'un cube de dimension $L \times B \times H$ avec $B=L=H$, mais toute autre forme peut être envisagée (parallélépipède rectangle plus ou moins aplati, sphère, etc). Selon ces conceptions non limitative, le volume de stockage total d'un réservoir est fonction de la hauteur H du réservoir 1, de la dimension d d'une alvéole 3 dans un plan transversal xy, et du nombre total des alvéoles 3.

Selon une deuxième variante de ce mode préféré de mise en œuvre de l'invention pouvant être combinée à la première variante décrite ci-dessus, au moins une partie des câbles de précontrainte sont disposés dans une pluralité de plans sensiblement transversaux à la direction principale d'allongement des alvéoles.

Les figures 3a, 3b et 3c illustrent de manière non limitative un exemple d'une telle répartition de câbles. En particulier, ces figures présentent un corps 2 ayant une structure alvéolaire (dont les alvéoles 3 sont à section carrée pour les figures 3a et 3b, et à section circulaire pour la figure 3c), et comprenant une pluralité de réseaux orthogonaux de câbles de précontraintes (5,6) disposés dans les parois 4 de la structure alvéolaire et selon une pluralité de plans transversaux xy à la direction longitudinale z des alvéoles 3.

Selon cette deuxième variante de mise en œuvre de l'invention, la précontrainte en compression dans une direction du plan transversal est générée par les câbles qui sont dans la même direction. Ces précontraintes permettent de mettre le béton en compression dans la direction concernée. Par conséquent, les efforts de traction issus de la pression de service viennent en déduction de ces forces de la précontrainte de compression.

Avantageusement, la précontrainte appliquée aux câbles d'une direction peut être différente de celle appliquée dans l'autre direction du plan transversal. Cela est en particulier pertinent lorsque le nombre d'alvéoles et/ou leur dimension dans une direction est différente de celles dans l'autre direction.

Selon cette deuxième variante de mise en œuvre de l'invention, la distance entre deux plans transversaux peut être dimensionnée en fonction de la traction exercée par le fluide sous pression dans le réservoir. En outre, la section des câbles peut être dimensionnée en fonction du niveau de précontrainte à générer.

5 Ainsi, dans cette variante, chaque alvéole est précontrainte dans la direction transversale, et ce, en plusieurs points le long de la direction principale d'allongement.

10 Selon une troisième variante de mise en œuvre de l'invention pouvant être avantageusement combinée à l'une quelconque des variantes de l'invention décrites ci-dessus, au moins le corps du réservoir comprend un réseau de câbles de précontrainte disposés dans les parois du corps selon une direction sensiblement parallèle à la direction principale d'allongement. En effet, la pression exercée sur le socle du réservoir dans la direction principale d'allongement génère des efforts de traction dans ce sens. Par
15 conséquent, il est avantageux que le réservoir soit également précontraint en compression dans la direction parallèle à l'allongement des alvéoles, notamment dans le cas d'un stockage d'un fluide à très fortes pressions. Cette précontrainte de compression dans la direction principale d'allongement compense l'effort de traction issu des effets de fond.

20 Ainsi, de manière générale, il est bien clair pour le spécialiste que la résistance mécanique du réservoir selon l'invention dépend de nombreux paramètres, et en particulier de :

- l'épaisseur des parois des alvéoles,
- la dimension des alvéoles
- 25 - la section des câbles de précontrainte
- la distance entre réseaux de câbles de précontrainte disposés selon les plans transversaux à la direction principale d'allongement dans le cas de la deuxième variante,
- la précontrainte en compression appliquée aux câbles disposés selon les plans transversaux à la direction principale d'allongement dans le cas de la deuxième variante,
- 30 - la précontrainte en compression appliquée aux câbles disposés selon la direction principale d'allongement dans le cas de la troisième variante.

Le spécialiste a parfaite connaissance de moyens pour dimensionner les paramètres notamment décrits ci-dessus de manière à ce que le réservoir finalement fabriqué résiste à la pression de service ciblée. Un tel dimensionnement peut être réalisé au moyen d'une
35 modélisation par éléments finis, comme par exemple à l'aide du logiciel Abaqus (Dassault Systems, France).

Selon une quatrième variante de mise en œuvre de l'invention pouvant être avantageusement combinée à l'une quelconque des variantes de l'invention décrites ci-dessus, le couvercle et/ou le socle du réservoir sont formés en béton, comme par exemple une dalle en béton. Dans ce cas, il est en particulier avantageux de combiner cette

5 quatrième variante avec la troisième variante décrite ci-dessus, les câbles de précontrainte disposés dans le corps du réservoir selon la direction principale d'allongement pouvant alors en outre être avantageusement prolongés dans le couvercle et/ou le socle du réservoir, de manière à compenser la force de traction exercée par le fluide sous pression sur ces éléments du réservoir.

10 La figure 4a illustre notamment une telle variante, dans laquelle des câbles 7 disposés selon la direction principale d'allongement z s'étendent du socle 9 au couvercle 8 du réservoir 1 en passant par les parois 4 du corps 2 du réservoir 1. De manière avantageuse, le socle et/ou le couvercle en béton du réservoir peuvent eux-mêmes être précontraints par un réseau de câbles de précontrainte disposés dans un plan transversal du socle et/ou du

15 couvercle (non représenté en figure 4a). Selon une mise en œuvre de l'invention, le couvercle du réservoir peut comprendre au moins une trappe d'inspection, permettant l'accès à l'intérieur du réservoir. Selon une mise en œuvre de l'invention, la trappe d'inspection comprend une porte métallique étanche au fluide à stocker.

20 Selon une cinquième variante de mise en œuvre de l'invention pouvant être avantageusement combinée à l'une quelconque des variantes de l'invention et notamment avec la troisième variante de réalisation de la présente invention, le couvercle comprend au moins un élément formé d'un matériau métallique, tel que de l'acier. Selon cette variante, le ou les éléments formés en matériau métallique peuvent avoir une forme plate ou bombée.

25 Selon une mise en œuvre de cette cinquième variante de l'invention comprenant un couvercle formé d'un unique élément métallique, le couvercle peut être directement connecté au béton du corps du réservoir, par exemple par un système de boulons d'ancrage. De cette manière, les boulons d'ancrage transmettent les effets de fond au béton du corps du réservoir. Selon une conception de cette mise en œuvre de cette cinquième variante de

30 l'invention de l'invention illustrée sur la figure 4b, le socle 9 du réservoir 1 est en béton et le couvercle 8 du réservoir est formé d'une seule pièce métallique, connectée au béton du corps 2 du réservoir 1 par des boulons d'ancrage 10. Par ailleurs, selon cette conception, les parois 4 du corps 2 du réservoir 1 sont précontraintes en compression dans la direction principale d'allongement z des alvéoles 3, et les câbles de précontrainte 7 s'étendent jusque

35 dans le socle 9 formé en béton. De cette manière, les boulons d'ancrage 10 transmettent les effets de fond au béton du corps 2 du réservoir 1 et l'effort de traction produit dans le béton

par ces effets de fond est compensé par la précontrainte en compression générée au moyen des câbles de précontrainte 7 disposés selon la direction z du réservoir.

Alternativement, selon une autre mise en œuvre de cette cinquième variante de l'invention, le couvercle peut comprendre deux éléments métalliques : un premier élément, dit intermédiaire, étant assemblé au corps du réservoir de manière permanente (par scellage par exemple) et un deuxième élément étant assemblé au premier élément au moyen de moyens démontable tels que des boulons d'assemblage. Cette alternative est illustrée de manière non limitative en figure 4c. Cette figure présente un couvercle 8a, 8b du réservoir 1 comprenant un premier élément 8a et un deuxième élément 8b formés dans un matériau métallique, l'élément intermédiaire 8a étant fixé au corps 2 du réservoir 1 formé en béton, et le deuxième élément 8b étant connecté au premier élément 8a par des boulons d'assemblage 10. De cette manière, un éventuel démontage (par exemple pour inspection) se fait entre le deuxième élément et le premier élément. Selon cette illustration de l'invention présentée en figure 4c, le socle 9 du réservoir 1 est formé en béton, et les parois 4 du corps 2 du réservoir 1 sont précontraintes en compression dans la direction principale d'allongement z des alvéoles 3, les câbles de précontrainte 7 s'étendant jusque dans le socle 9.

Selon une sixième variante de l'invention, au moins une partie des parois du corps du réservoir comprend une couche formée d'un matériau étanche au fluide destiné à être stocké dans ledit réservoir.

Selon une première conception de cette variante, illustrée de manière non limitative en figure 5a, au moins une couche étanche 10 est disposée sur au moins la partie interne des parois 4 des alvéoles 3 du corps 2 du réservoir. Dans ce cas, chaque alvéole du réservoir forme un sous-réservoir indépendant qui peut être manœuvré individuellement. L'avantage de cette conception est que le système global revient à un assemblage de plusieurs sous-réservoirs de petit volume montés en parallèle. Par conséquent, la fermeture de l'un des sous-réservoir pour une raison donnée, par exemple une inspection ou une réparation, n'entraîne pas l'arrêt de tout le système. Cela nécessite toutefois que chaque alvéole possède sa propre connexion au système de compression (vanne, soupape...), ce qui pourrait engendrer des surcoûts non négligeables.

Selon une deuxième conception de cette variante, illustrée de manière non limitative en figures 5b et 5c, au moins une couche étanche 10 est disposée sur au moins la partie externe des parois 4 du corps 2 du réservoir (figure 5b), ou bien à l'intérieur même de la partie externe des parois 4 du corps 2 du réservoir (figure 5c). Selon cette conception, la couche étanche disposée sur ou dans les parois externes du corps du réservoir vise à contenir le gaz à l'intérieur du réservoir, offrant une étanchéité globale, sans avoir à

étanchéifier chaque alvéole du corps du réservoir. L'étanchéité du corps du réservoir est particulièrement aisée à concevoir dans le cas où la couche d'étanchéité est appliquée directement sur la surface extérieure du réservoir (cas de la figure 5b). Selon une mise en œuvre de cette conception, l'étanchéité entre le couvercle du réservoir et le corps du réservoir peut être assurée au moyen d'une couche en élastomère, ce qui permet une continuité de l'étanchéité dans tout le système. Il y a selon cette conception beaucoup moins de surfaces à étanchéifier ce qui permet de réduire les coûts. Cette deuxième conception peut être toutefois avantageusement combinée avec la première conception de cette variante, combinaison qui conduit à disposer une couche d'étanchéité sur les parois internes de chaque alvéole, en plus d'une couche d'étanchéité globale disposée dans ou sur les parois externes du corps du réservoir, ce qui présente l'avantage de fournir un réservoir plus fiable en termes d'étanchéité.

Selon une troisième conception de cette sixième variante de l'invention, la couche étanche peut être formée au moyen d'une membrane rigide. Avantageusement, la membrane rigide est formée en acier, ce qui permet d'assurer non seulement l'étanchéité mais cela permet en outre de contribuer à améliorer la résistance mécanique de l'ensemble réservoir. En effet, l'acier a des propriétés à la fois d'étanchéité et de résistance à la pression. Avantageusement, la membrane rigide peut être elle-même résistante aux dommages physiques et/ou chimiques ou, notamment lorsqu'elle est disposée sur la face externe des parois du réservoir, être protégée par une couche de protection. Selon une conception de cette sixième variante de l'invention dans laquelle la couche d'étanchéité est formée par une couche en acier disposée sur la surface externe du corps du réservoir, on peut disposer une couche en béton pour protéger la couche en acier.

Selon une quatrième conception de cette sixième variante de l'invention, la couche étanche peut être formée au moyen d'une membrane à base de polymère et de ciment, avantageusement résistante aux dommages physiques et/ou chimiques. Ce type de membrane présente l'avantage d'être le plus souvent liquide au moment d'application, ce qui facilite son application, avant de durcir dans le temps. L'application de cette membrane peut être manuelle ou par projection.

Selon une cinquième conception de cette sixième variante de l'invention, la couche étanche peut être formée au moyen d'une formulation de béton ayant des propriétés d'étanchéité au moins partielle. Cette solution permet d'assurer un niveau d'étanchéité suffisant sans rendre le réservoir complètement étanche. Si l'étanchéité est insuffisante, cette conception peut être combinée à toute conception décrite ci-dessus, et notamment à la quatrième conception (membrane à base de polymère et de ciment).

En outre, le réservoir selon l'invention peut comprendre des moyens d'injection et de soutirage du fluide à stocker dans le réservoir selon l'invention. Ces moyens d'injection et de soutirage peuvent comprendre au moins un tuyau et une vanne. En outre, ces moyens peuvent comprendre au moins une soupape de sécurité entre la vanne et le réservoir, ou bien être installée dans le réservoir.

La présente invention concerne en outre un procédé de fabrication d'un corps de réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que décrit ci-dessus. Selon

l'invention, le corps du réservoir peut être fabriqué selon au moins les étapes suivantes :

- a) on dispose au moins un coffrage pour le béton, le coffrage comprenant des éléments pour former des parois délimitant des alvéoles de la structure alvéolaire du corps ;
- b) on dispose des gaines destinées au passage des fils de précontrainte, et ce, de manière à ce qu'au moins un fil soit disposé dans chacune des parois formant chacune des alvéoles ;
- c) on coule du béton dans le coffrage ;
- d) on fait passer les fils de précontrainte dans les gaines ;

Selon l'invention, le réservoir peut être fabriqué selon au moins les étapes suivantes :

- i) on dispose un socle ;
- ii) on forme le corps du réservoir selon les étapes a) à d) sur le socle, ou bien alternativement on dispose le corps formé selon les étapes a) à d) ci-dessus sur le socle ;
- iii) on applique une précontrainte en traction aux fils de précontrainte;
- iv) on dispose le couvercle sur le corps.

L'invention concerne également un système de stockage et de restitution d'énergie par gaz comprimé comportant au moins un moyen de compression de gaz, au moins un réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que décrit ci-dessus, au moins un moyen de détente dudit gaz comprimé pour générer une énergie, et au moins un moyen de stockage de la chaleur .

L'invention concerne également un procédé de stockage et de restitution d'énergie par gaz comprimé, dans lequel on réalise les étapes suivantes :

- on comprime un gaz ;
- on refroidit ledit gaz comprimé par échange de chaleur dans un moyen de stockage de la chaleur ;
- on stocke ledit gaz refroidi dans un réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel

que décrit ci-dessus ;

- on chauffe ledit gaz comprimé refroidi par restitution de la chaleur dans ledit moyen de stockage de la chaleur ; et
- on détend ledit gaz comprimé chauffé pour générer une énergie.

5

Exemples

Les caractéristiques et avantages du procédé selon l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de l'exemple d'application ci-après.

10 Dans cet exemple, il est visé de dimensionner un réservoir de stockage d'un gaz satisfaisant aux contraintes techniques suivantes :

- Volume de stockage : 1500 m^3
- Pression de service maximum : 125 bars
- Stockage à température ambiante

15 Pour cet exemple d'application non limitatif, la structure alvéolaire du corps du réservoir est formée d'alvéoles s'étendant selon une direction principale d'allongement, les alvéoles étant ouvertes aux extrémités du corps selon la direction principale d'allongement. Par ailleurs, les alvéoles de cet exemple d'application ont une section carrée, identique entre elles, et invariables le long de la direction principale d'allongement.

20 De manière résumée, les paramètres géométriques du corps de cet exemple de réalisation du réservoir selon l'invention sont :

- Nombre total des alvéoles : $n=10 \times 10=100$
- Dimension de la section d'une alvéole (côté d'un carré) : $d=1,0 \text{ m}$
- Epaisseur des parois intérieures du corps : $t_{int}=0,4 \text{ m}$
- 25 - Epaisseur des parois extérieures du corps : $t_{ext}=0,5 \text{ m}$
- Espacement (centre à centre) entre les alvéoles : $l=d+t_{int}=1,4 \text{ m}$
- Longueur du réservoir : $L=10 d+9 t_{int}+2 t_{ext}=14,6 \text{ m}$
- Largeur totale du réservoir : $B=L=14,6 \text{ m}$
- Hauteur utile du réservoir (sans les fonds) : $H=14,6 \text{ m}$
- 30 - Volume total de stockage : $V= d^2 \times H \times n = 1500 \text{ m}^3$.

On choisit les caractéristiques mécaniques suivantes pour les matériaux utilisés pour cet exemple de réalisation du réservoir :

1) Béton :

- Résistance du béton en compression : 80 MPa
- Module d'élasticité du béton : 39 GPa
- Coefficient de Poisson du béton : 0.2

5 2) Câbles de précontrainte :

- Matériau : acier
- Résistance ultime des câbles de précontrainte : 1860 MPa
- Limite élastique conventionnelle : 1640 MPa
- Précontrainte initiale appliquée dans les câbles de précontrainte : 1488 MPa
- 10 - Module d'élasticité l'acier de précontrainte : 195 GPa
- Coefficient de Poisson de l'acier de précontrainte : 0.3

Pour les câbles de précontraintes disposés dans le plan transversal, on choisit :

- Type de toron : T15,7
- 15 - Section d'un toron : 150 mm^3
- Nombre de torons par câble : 15
- Espacement des câbles dans le sens de la direction principale d'allongement : 25 cm

Par ailleurs, on fixe les critères suivants pour le pré-dimensionnement :

- 20 - Compression maximale acceptable dans le béton : $80 \times 0,45 = 36 \text{ MPa}$
- Eviter la traction dans le béton en phase de service
- Contrainte maximale acceptable dans les câbles de précontrainte : $1860 \times 0,8$, arrondi à 1490 MPa

- 25 Un réservoir correspondant à un exemple de réalisation du réservoir selon l'invention est dimensionné selon les contraintes techniques définies ci-dessus, à l'aide du logiciel Simulia (Dassault Systèmes, France). Toute autre modélisation par éléments finis aurait pu être utilisée.

Pour cette modélisation, deux phases de chargement ont été prises en compte :

- 30 - Phase 1 : application de la précontrainte
- Phase 2 : pression de service (12,5 MPa).

Les contraintes dans le béton et les câbles de précontrainte modélisées pour chaque phase de chargement sont détaillées dans le tableau 1. Plus précisément, ce tableau décrit les contraintes dans le plan transversal (σ_{xx} = contrainte dans la direction x ; σ_{yy}

= contrainte dans la direction y ; Sigma Von-Mises = Contrainte de Von-Mises dans l'acier) mesurées en différents points A, B et C situés dans ce même plan transversal d'une alvéole (voir l'emplacement des points A, B et C sur la figure 6, qui présente une vue de dessus d'une alvéole à section carrée du corps du réservoir selon l'invention), à la fois en phase 1 (colonne 2 du tableau 1) et en phase 2 (colonne 3 du tableau 1).

On peut observer sur ce tableau que toutes les contraintes sont admissibles par rapport aux critères de dimensionnement. En particulier, la compression maximale dans le béton (en phase 1 au point A) est presque de 30 Mpa, et est donc inférieure à la contrainte maximale acceptable de 36 MPa. Par ailleurs, en phase 2 il n'y a aucune traction générée dans le béton, ce qui confirme que la précontrainte est suffisante. En ce qui concerne la contrainte maximale dans l'acier de précontrainte, on reste également dans la limite acceptable de 1490 MPa.

[Table 1]

Contrainte (MPa)		Phase 1	Phase 2
Béton	Sigma xx - Point A	-30,1	-2,9
	Sigma yy - Point A	0,2	-12,6
	Sigma xx - Point B	0,2	-12,6
	Sigma yy - Point B	-30,1	-2,9
	Sigma xx - Point C	-24,4	-4,7
	Sigma yy - Point C	-24,4	-4,7
Acier	Sigma Von-Mises - Point A	1339,6	1490,6
	Sigma Von-Mises - Point B	1339,6	1490,6
	Sigma Von-Mises - Point C	1387,9	1475,9

Ainsi, le réservoir selon l'invention, grâce à sa pluralité de sous-réservoirs, permet d'offrir des capacités de stockage importantes tout en permettant de compenser plus aisément les contraintes en traction engendrées sur chacun de ces sous-réservoirs par le stockage d'un fluide sous pression. Par ailleurs, le réservoir selon l'invention, principalement fabriqué en béton, présente l'avantage d'être relativement économique par rapport aux

réservoirs en acier uniquement, et ce, tout en offrant une résistance mécanique optimale. De plus, la fabrication d'un tel réservoir est simple de mise en œuvre, ne requérant que des opérations réalisées de manière classique sur des chantiers de construction. Enfin, l'étanchéité de ce réservoir est également simple à assurer.

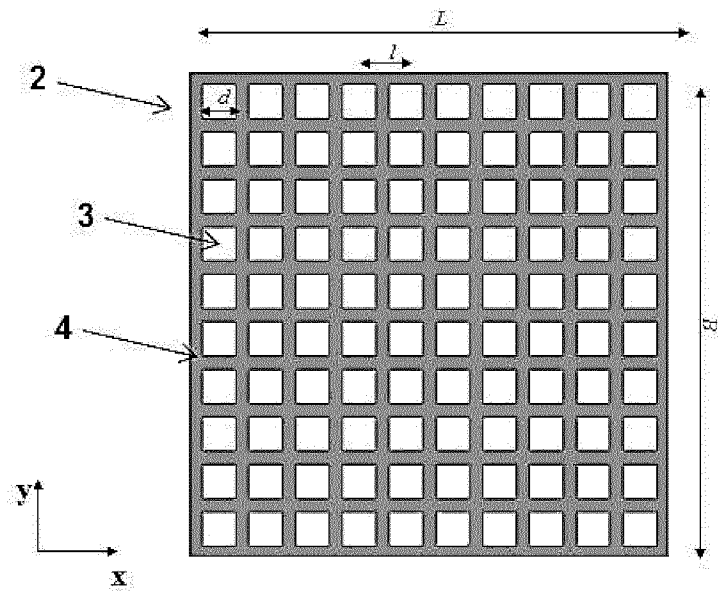
Revendications

1. Réservoir pour le stockage d'un fluide sous pression tel que de l'air comprimé, ledit réservoir (1) comprenant un socle (9), un corps (2) et un couvercle (8, 8a, 8b), ledit corps (2) étant formé en béton, caractérisé en ce que le corps (2) a une structure alvéolaire, les alvéoles (3) de ladite structure alvéolaire étant délimitées par des parois (4) dudit corps (2), et en ce que ledit réservoir (1) est précontraint en compression par une pluralité de fils (7) de précontrainte disposés au moins dans lesdites parois (4) dudit corps (2), chacun desdits fils (7) étant soumis à une précontrainte en traction pour générer ladite précontrainte en compression dans lesdites parois (4), au moins un fil (7) étant disposé dans chacune desdites parois (4) formant chacune desdites alvéoles (3).
2. Réservoir selon la revendication 1, dans lequel lesdits fils (7) de précontrainte sont en acier.
3. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites alvéoles (3) ont une direction principale d'allongement, et les sections desdites alvéoles (3) dans les plans transversaux à ladite direction principale d'allongement ont une forme sensiblement circulaire ou carrée.
4. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites alvéoles (3) ont une direction principale d'allongement, et dans lequel au moins une première partie desdits fils (7) de précontrainte sont disposés dans une pluralité de plans transversaux à ladite direction principale d'allongement desdites alvéoles (3).
5. Réservoir selon la revendication 4, dans lequel au moins une deuxième partie desdits fils (7) de précontrainte sont disposés selon ladite direction principale d'allongement desdites alvéoles (3).
6. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit socle (9) et/ou ledit couvercle (8, 8a, 8b) sont formés d'une dalle en béton précontrainte.
7. Réservoir selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel ledit couvercle (8, 8a, 8b) comprend un élément formé dans un matériau métallique.
8. Réservoir selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel ledit couvercle (8, 8a, 8b) comprend un premier (8a) et un deuxième (8b) éléments formés dans un matériau

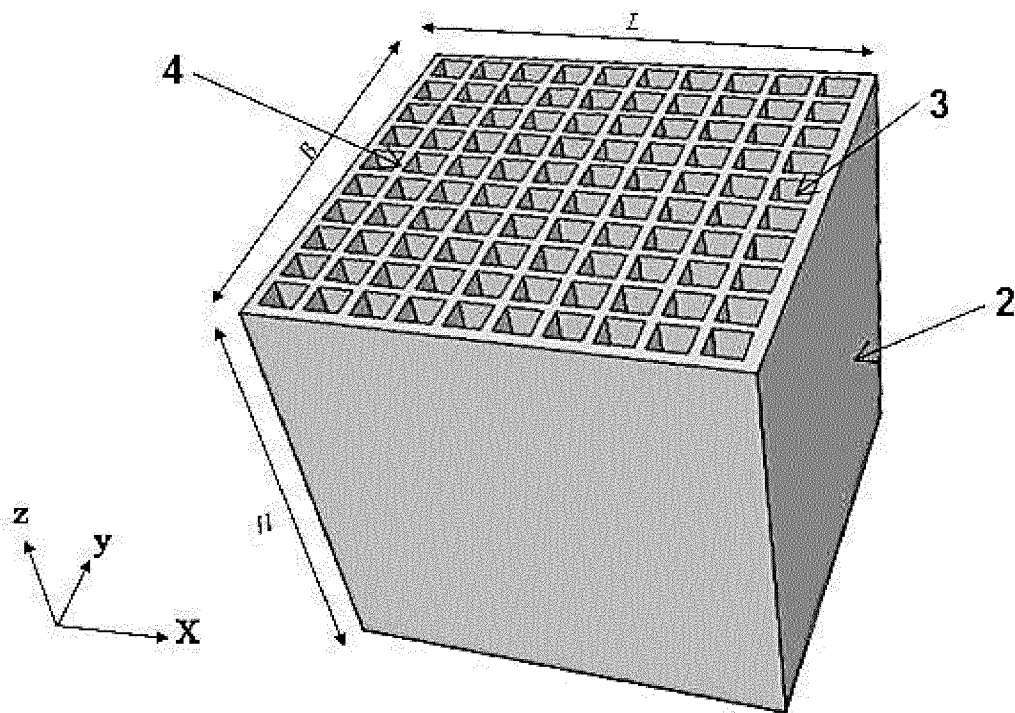
métallique, ledit premier élément (8a) étant fixé audit corps de manière non démontable et ledit deuxième élément (8b) étant fixé audit premier élément (8a) au moyen de moyens pour une fixation démontable.

- 5 9. Réservoir selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins une partie des parois (4) dudit corps (2) comprennent une couche (10) formée d'un matériau étanche audit fluide destiné à être stocké dans ledit réservoir.
- 10 10. Réservoir selon la revendication 9, dans lequel ladite couche (10) est disposée sur au moins la partie interne des parois (4) desdites alvéoles (3), et/ou au moins sur la partie externe des parois (4) dudit corps (2), et/ou au moins à l'intérieur de la partie externe des parois (4) dudit corps (2).
- 15 11. Procédé pour fabriquer un réservoir selon l'une des revendications précédentes, ledit réservoir (1) comprenant un corps (2) ayant une structure alvéolaire, dans lequel on forme ledit corps (2) dudit réservoir (1) selon au moins les étapes suivantes :
- a) on dispose au moins un coffrage pour le béton, ledit coffrage comprenant des éléments pour former des parois (4) délimitant des alvéoles (3) de ladite structure alvéolaire ;
- 20 b) on dispose des gaines destinées au passage de fils (7) de précontrainte de manière à ce qu'au moins un fil (7) soit disposé dans chacune desdites parois (2) formant chacune desdites alvéoles (2) ;
- c) on coule du béton dans ledit coffrage ; et
- d) on fait passer lesdits fils (2) de précontrainte dans lesdites gaines.
- 25 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on fabrique ledit réservoir selon au moins les étapes suivantes :
- i) on dispose un socle (9) ;
- ii) on forme ledit corps (2) selon les étapes a) à d) de la revendication 11 sur ledit socle (9) ou bien on dispose ledit corps (2) formé selon les étapes a) à d) de la
- 30 revendication 11 sur ledit socle (9) ;
- iii) on applique une précontrainte en traction auxdits fils (7) ;
- iv) on dispose un couvercle (8, 8a, 8b) sur ledit corps (2) dudit réservoir (1).

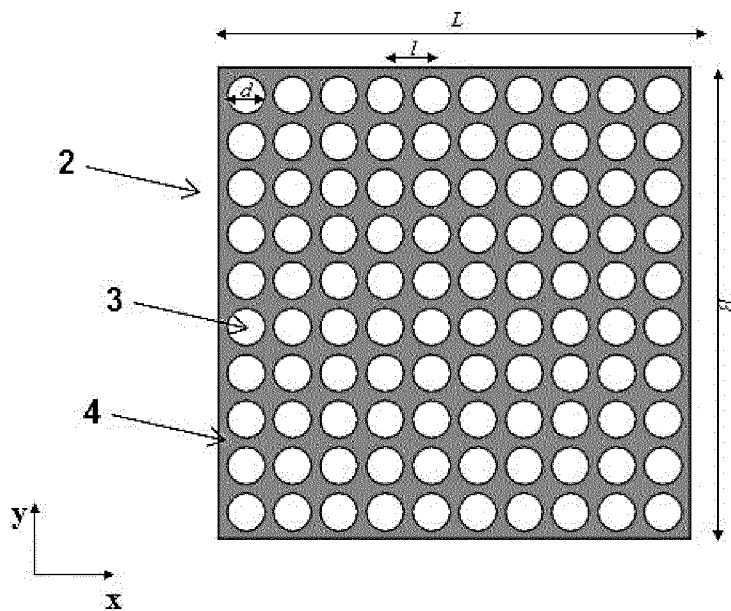
[Fig 1a]



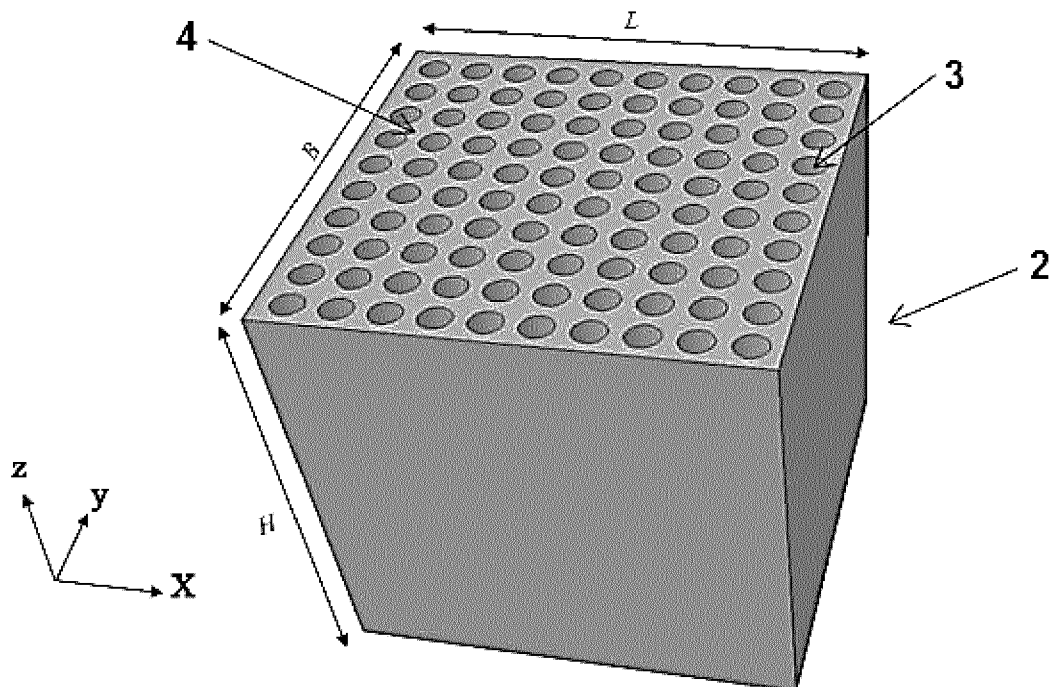
[Fig 1b]



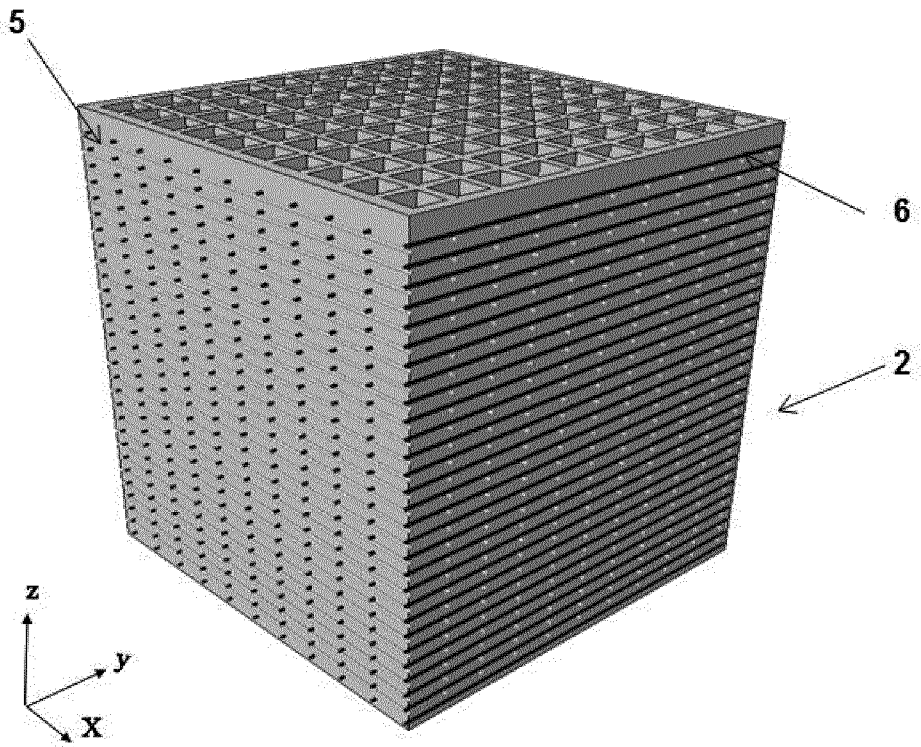
[Fig 2a]



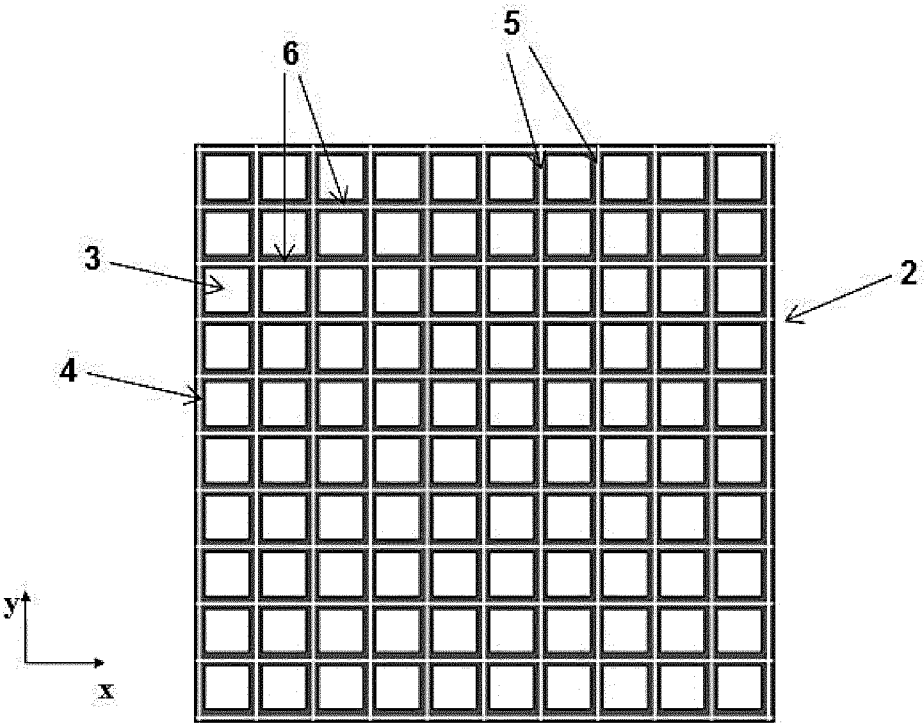
[Fig 2b]



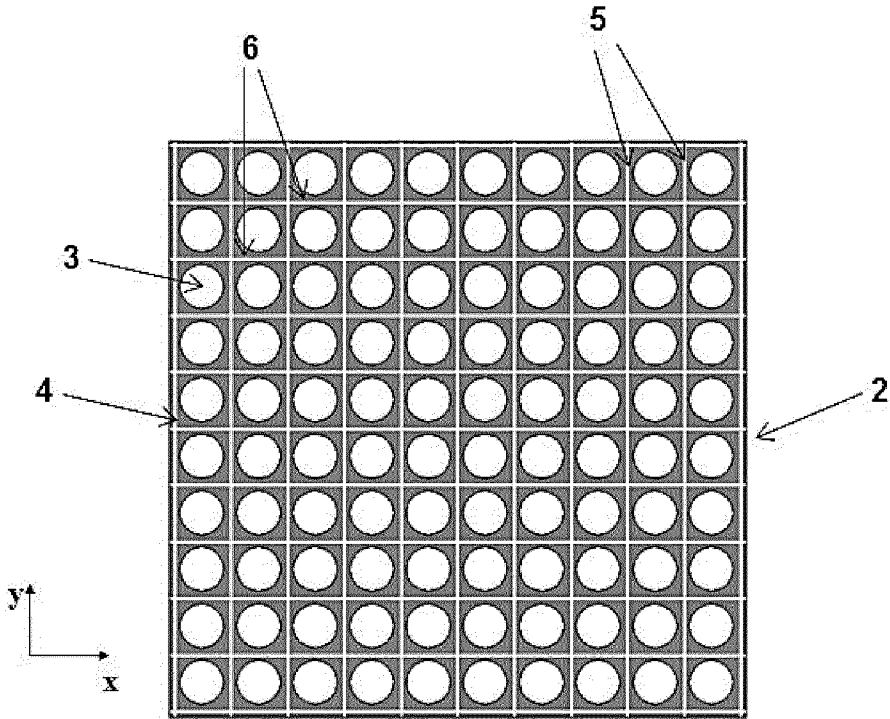
[Fig 3a]



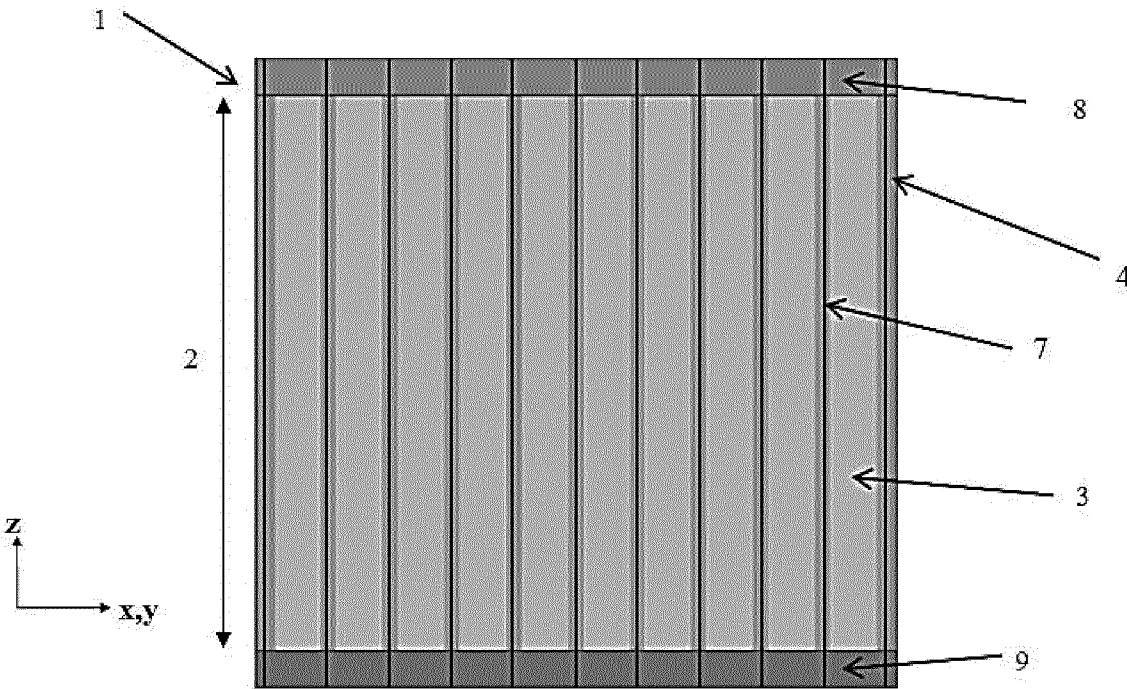
[Fig 3b]



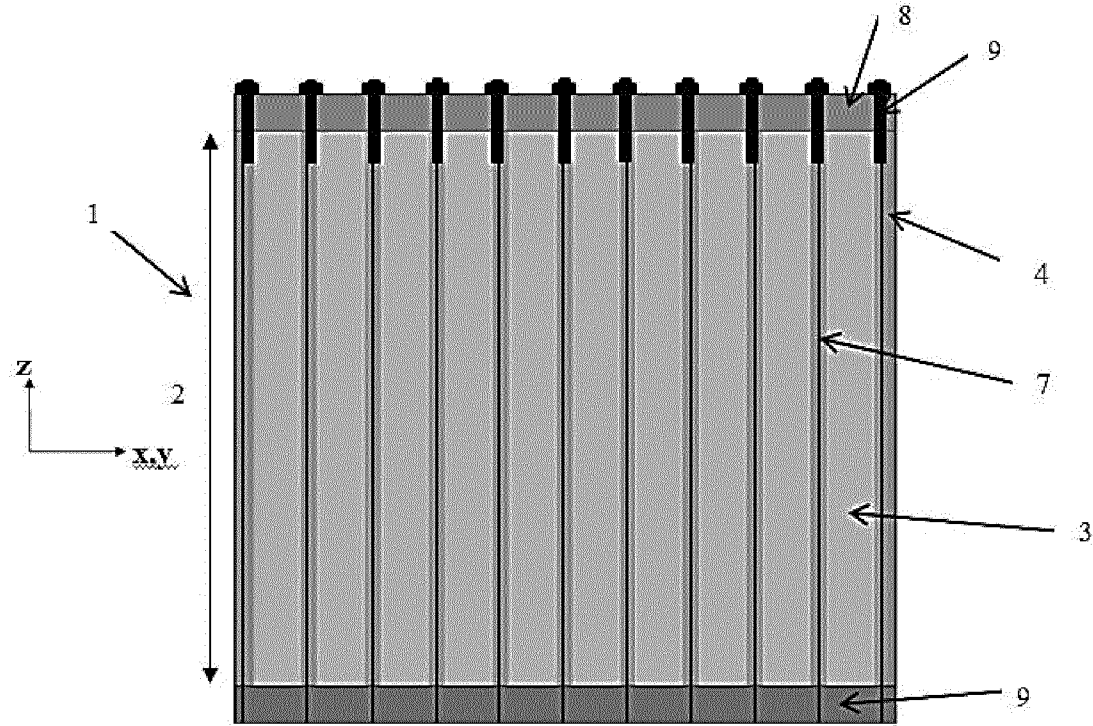
[Fig 3c]



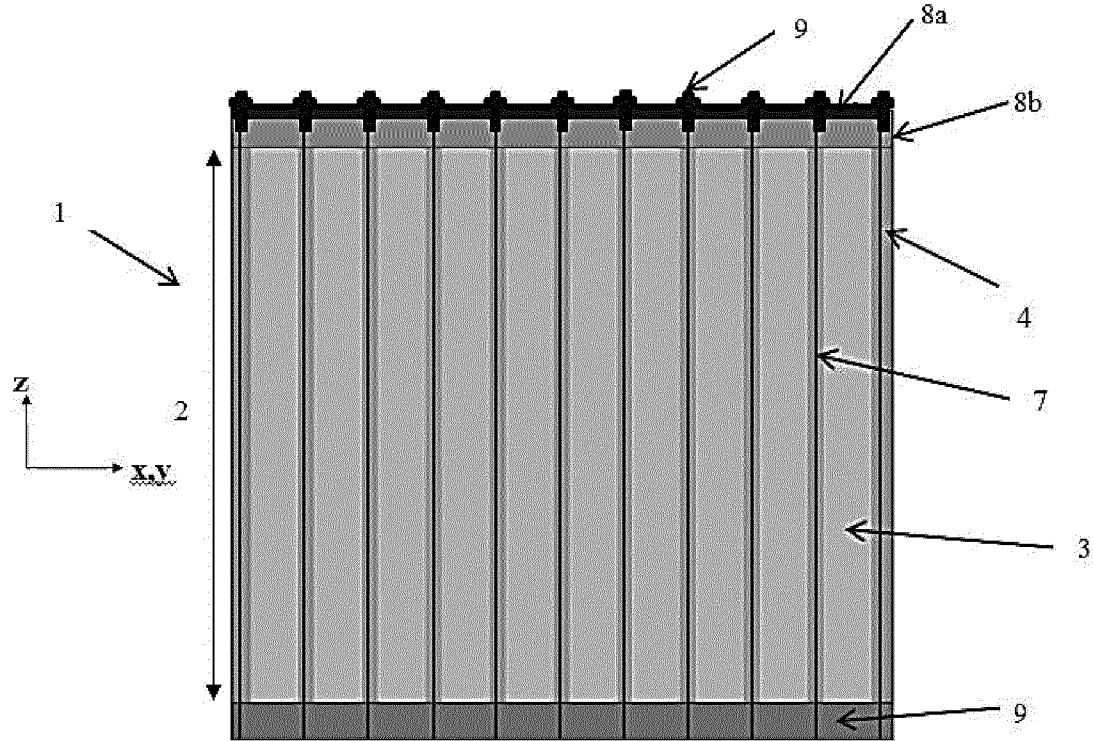
[Fig 4a]



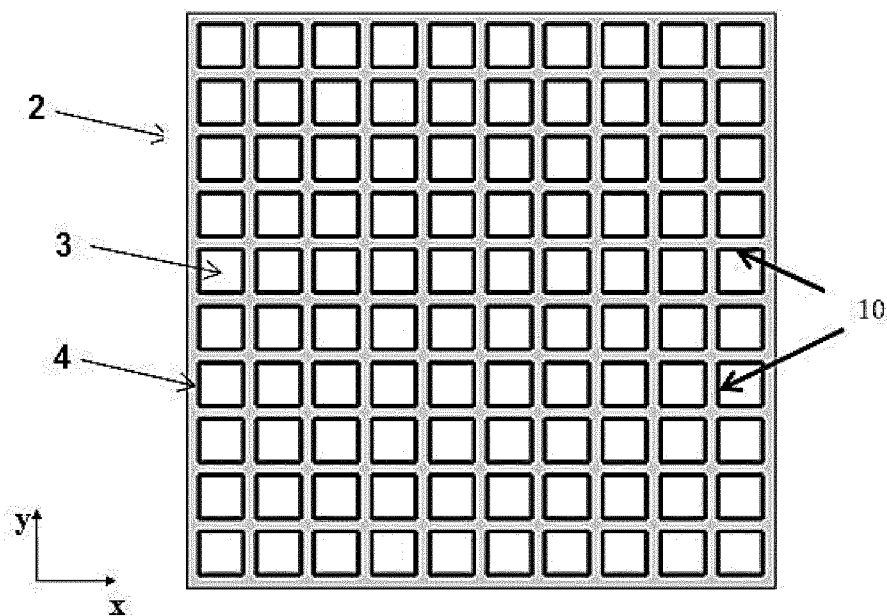
[Fig 4b]



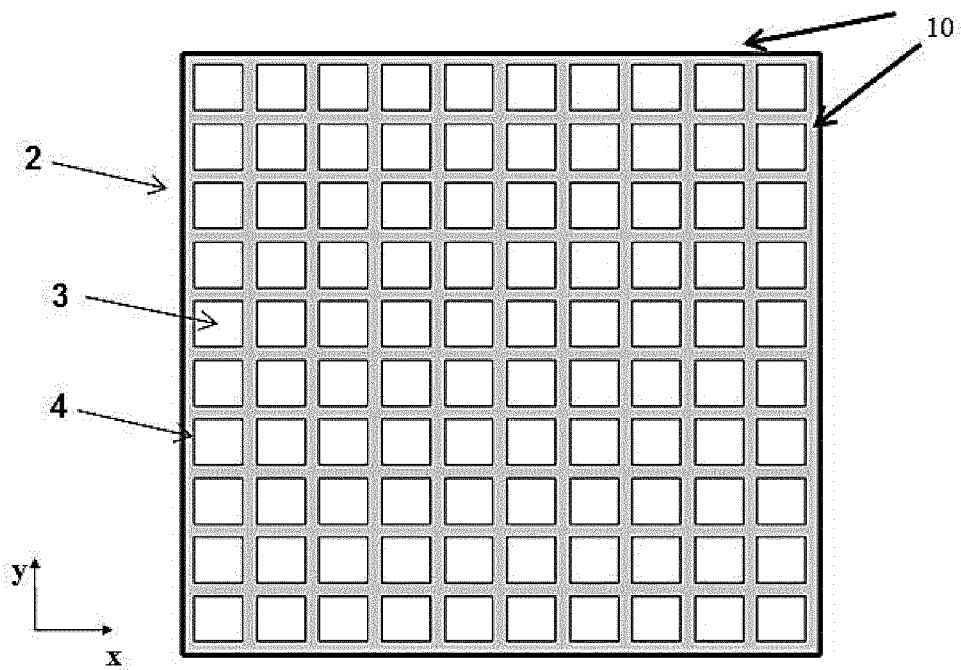
[Fig 4c]



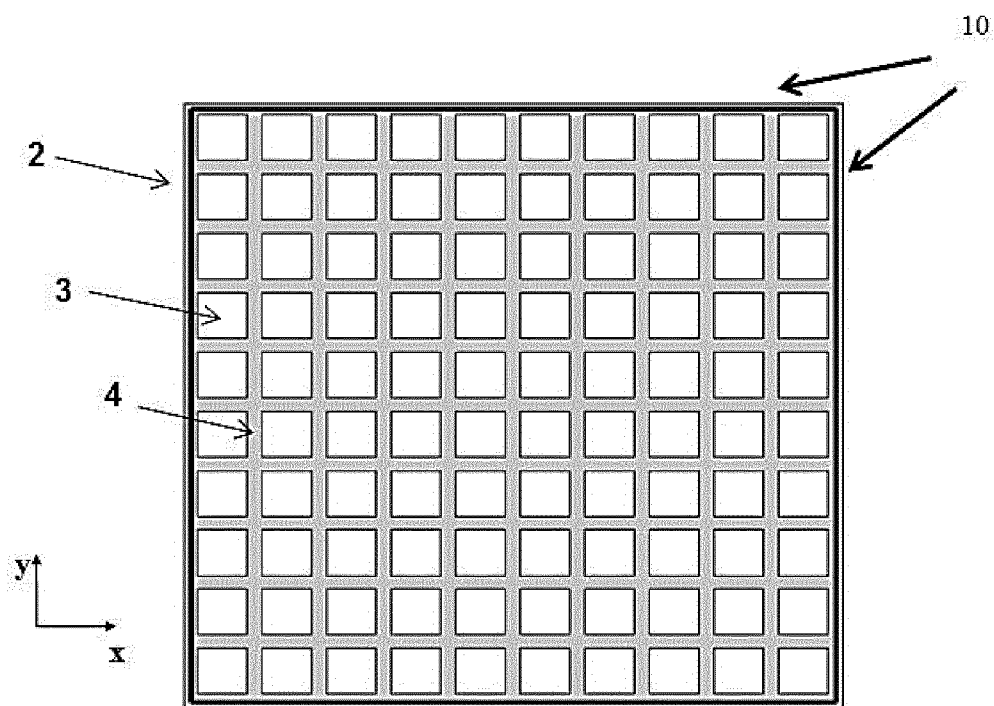
[Fig 5a]



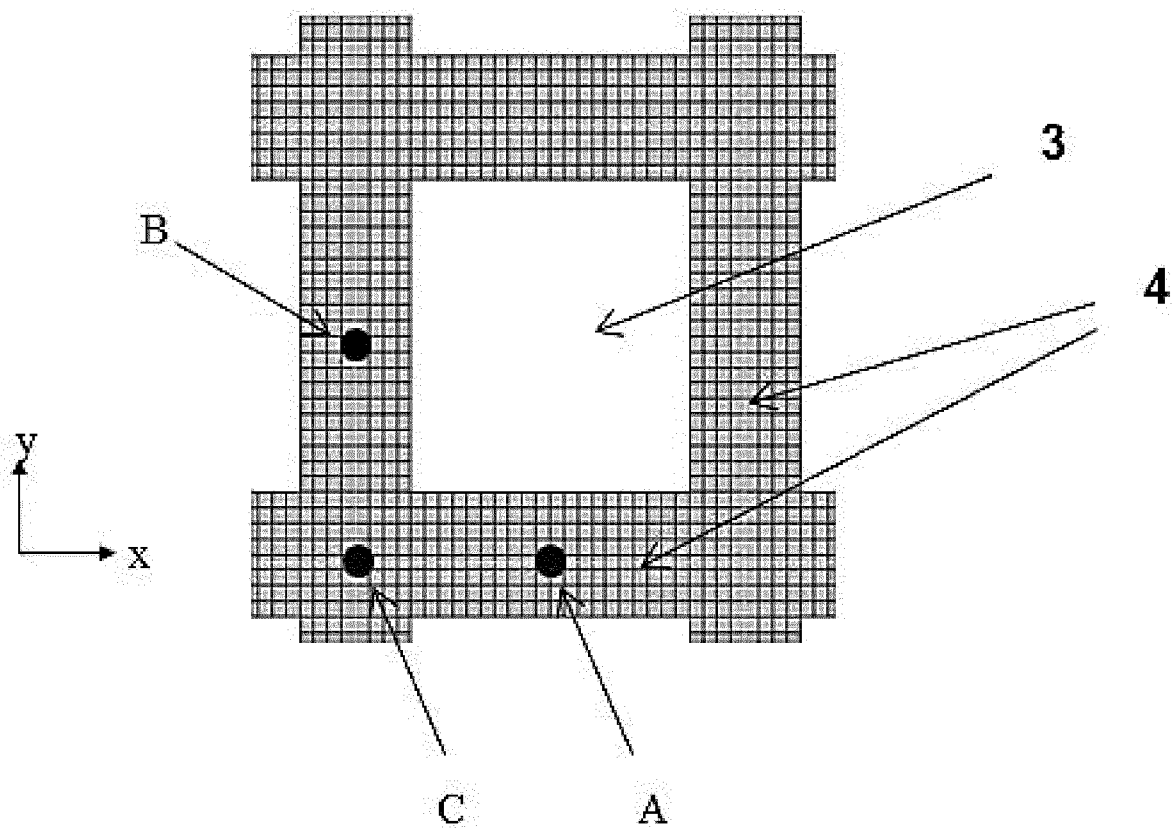
[Fig 5b]



[Fig 5c]



[Fig 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/078410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*E04H 7/20*(2006.01)i; *F02C 6/16*(2006.01)i; *F17C 1/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04H; F02C; F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 1434858 A1 (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 21 November 1968 (1968-11-21) figures 2,3 page 1 - page 2, line 10 page 8, lines 1-16	1-7,9-12 8
X A	NL 6919549 A (SOCIETE ANONYME DES ENTREPRISES LEON BALLOT [FR]) 02 July 1970 (1970-07-02) figures 1,11-13 page 3, lines 7-23 page 6, lines 12-33	1-7,9-12 8
A	US 2017268728 A1 (NOZAWA TSUKASA [JP]) 21 September 2017 (2017-09-21) the whole document	1-12
A	WO 9514838 A1 (ABRAMS NED HYMAN [US]) 01 June 1995 (1995-06-01) the whole document	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2020

Date of mailing of the international search report

23 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Schnedler, Marlon

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/078410

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
DE	1434858	A1	21 November 1968	DE	1434858	A1	21 November 1968		
				GB	983379	A	17 February 1965		
				US	3398493	A	27 August 1968		
NL	6919549	A	02 July 1970	FR	95547	E	22 January 1971		
				GB	1302030	A	04 January 1973		
				NL	6919549	A	02 July 1970		
				OA	3196	A	15 December 1970		
				US	3680275	A	01 August 1972		
US	2017268728	A1	21 September 2017	EP	3236131	A2	25 October 2017		
				US	2017268728	A1	21 September 2017		
WO	9514838	A1	01 June 1995	AU	7930794	A	13 June 1995		
				US	5493832	A	27 February 1996		
				US	5778618	A	14 July 1998		
				WO	9514838	A1	01 June 1995		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/078410

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. E04H7/20 F02C6/16 F17C1/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) E04H F02C F17C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	DE 14 34 858 A1 (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 21 novembre 1968 (1968-11-21) figures 2,3 page 1 - page 2, ligne 10 page 8, lignes 1-16 -----	1-7,9-12 8
X A	NL 6 919 549 A (SOCIETE ANONYME DES ENTREPRISES LEON BALLOT [FR]) 2 juillet 1970 (1970-07-02) figures 1,11-13 page 3, lignes 7-23 page 6, lignes 12-33 -----	1-7,9-12 8
A	US 2017/268728 A1 (NOZAWA TSUKASA [JP]) 21 septembre 2017 (2017-09-21) le document en entier ----- -/-	1-12
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 16 janvier 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/01/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Schnedler, Marlon

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 95/14838 A1 (ABRAMS NED HYMAN [US]) 1 juin 1995 (1995-06-01) le document en entier -----	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/078410

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 1434858	A1	21-11-1968	DE 1434858 A1	21-11-1968
			GB 983379 A	17-02-1965
			US 3398493 A	27-08-1968

NL 6919549	A	02-07-1970	FR 95547 E	22-01-1971
			GB 1302030 A	04-01-1973
			NL 6919549 A	02-07-1970
			OA 3196 A	15-12-1970
			US 3680275 A	01-08-1972

US 2017268728	A1	21-09-2017	EP 3236131 A2	25-10-2017
			US 2017268728 A1	21-09-2017

WO 9514838	A1	01-06-1995	AU 7930794 A	13-06-1995
			US 5493832 A	27-02-1996
			US 5778618 A	14-07-1998
			WO 9514838 A1	01-06-1995
