

**DESCRIPTION****TITRE : SYSTEME ET PROCEDE DE STOCKAGE POUR LE  
STOCKAGE DE FLUIDES COMPRENANT DES MOYENS  
5 D'ACCES POUR LA MISE EN ŒUVRE D'OPERATIONS DE  
MAINTENANCE*****Domaine technique***

10

La présente invention concerne le stockage souterrain et notamment le stockage de fluides, par exemple d'hydrogène ou d'oxygène. Plus particulièrement, l'invention se rapporte au domaine de la maintenance d'un système de stockage de fluides et, en particulier, d'un système de stockage de fluides à hautes pressions, c'est-à-dire pour des pressions pouvant être comprises entre 100 bar et 1200 bar, plus particulièrement entre 200 bar et 500 bar.

15

L'invention se rapporte également à un procédé de stockage souterrain de fluides.

20

Un système de stockage de fluide doit être régulièrement vérifié, en particulier lorsque le fluide présente des risques importants, notamment d'explosion ou d'incendie.

25

Dans une installation souterraine de stockage de fluides présentant des risques d'explosion ou d'incendie, différents niveaux de maintenance sont à prévoir. En effet, il s'agit de pouvoir entretenir le niveau supérieur du système de stockage, qui est éventuellement placé à l'extérieur, les réservoirs du système de stockage, mais également l'évidement dans lequel se trouvent les réservoirs.

30

Les opérations de maintenance nécessitent dès lors différents accès qui ne sont pas faciles à aménager lorsque le système de stockage à inspecter est compact et/ou installé à des profondeurs pouvant atteindre plusieurs dizaines ou centaines de mètres. En outre, certaines opérations de maintenance, comme le remplacement de certains composants du réservoir à durée de vie limitée, sont complexes à mettre en œuvre.

35

*Exposé de l'invention*

5 L'invention a pour but de proposer une solution allant de l'inspection au remplacement des composants d'un système de stockage de fluides, en optimisant la facilité d'accès aux réservoirs et/ou à l'évidement. L'invention a également pour but d'optimiser le taux de remplacement de certains composants du réservoir liés à l'usure. Plus  
10 particulièrement, l'invention a également pour but d'optimiser la durée de vie des composants sensibles du réservoir de stockage et par conséquence de limiter les manipulations nécessaires au remplacement desdits composants sensibles.

L'invention a pour objet un système de stockage souterrain pour  
15 le stockage de fluides. Le système comprend un évidement aménagé dans un terrain, ledit évidement présentant un fond, un élément de support comprenant au moins une ouverture, au moins un réservoir, ledit réservoir présentant un axe longitudinal, une extrémité inférieure fermée par un premier moyen de fermeture, et une extrémité supérieure  
20 fermée par un deuxième moyen de fermeture. L'extrémité supérieure comporte une pièce de soutien, ladite extrémité supérieure étant assemblée à l'élément de support par l'intermédiaire de la pièce de soutien de sorte que le réservoir soit suspendu à l'intérieur de l'évidement. Le système de stockage comporte également des moyens  
25 d'accès depuis l'extérieur de l'évidement comprenant au moins l'un parmi des moyens d'accès à chaque réservoir, des moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs, et des moyens d'accès au contenu de l'évidement.

Avantageusement, les moyens d'accès à chaque réservoir  
30 comportent un passage ménagé en périphérie de l'élément de support.

Selon un mode de réalisation, ce passage entoure l'élément de support. Autrement dit, ce passage est alors formé autour de l'élément de support.

Selon un mode de réalisation, ce passage est ménagé sur une surface supérieure de l'élément de support, par exemple sur une collerette formant le contour externe de l'élément de support. Ménager le passage sur une telle collerette assure la présence d'une surface inférieure de collerette suffisante pour permettre de faire reposer l'élément de support sur la surface du sol de façon fiable tout en offrant une surface supérieure de collerette libre de tout obstacle puisque sans ouverture pour les réservoirs.

Dans un mode de réalisation, ce passage peut être conjointement formé autour et sur la surface supérieure de l'élément de support.

Avantageusement, les moyens d'accès à chaque réservoir comprennent un couloir situé sur l'élément de support. Un tel couloir permet avantageusement d'accéder depuis l'élément de support à un ou des réservoirs non accessibles depuis le passage ménagé en périphérie de l'élément de support.

Un tel passage ou un tel couloir sont des surfaces libres d'obstacles et permettant à un opérateur de circuler pour avoir directement accès aux réservoirs situés le long desdites surfaces libres. Typiquement, grâce à un tel passage ou un tel couloir, l'opérateur peut accéder directement à un réservoir afin de manipuler directement le premier moyen de fermeture.

Les moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs comprennent une pièce de secours sacrificielle intercalée entre le premier moyen de fermeture et la pièce de soutien.

Avantageusement, la pièce de secours sacrificielle est amovible. Ainsi, cette pièce de secours sacrificielle peut être retirée du réservoir pour accéder à l'intérieur du réservoir. En outre, cette pièce de secours sacrificielle constitue un élément facilement remplaçable, par exemple après trois vissage/dévissage avec le moyen de fermeture durant les opérations de maintenance, permettant à la pièce de soutien d'avoir une espérance de vie plus longue.

Selon un mode de réalisation Les moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs comprennent une pluralité de pièces de secours sacrificielles intercalées entre le premier moyen de fermeture et la pièce

de soutien de manière amovible, chaque pièce de secours sacrificielle augmentant la durabilité de la pièce de soutien

Selon un mode de réalisation, les moyens d'accès au contenu de l'évidement comprennent au moins un tuyau d'aspiration de fluide et/ou de solide et au moins un tuyau d'injection de fluide et/ou de solide. Le tuyau d'injection permet d'injecter un fluide et/ou un solide dans l'évidement, typiquement de manière à entourer le ou les réservoirs insérés dans l'évidement avec ledit fluide et/ou solide. De même, le tuyau de pompage permet de retirer ledit fluide et/ou solide de l'évidement de manière à permettre le pompage et la circulation du fluide et/ou du solide présents au fond de l'évidement.

Selon un mode de réalisation, les moyens d'accès au contenu de l'évidement comprennent un local extérieur à l'évidement, les tuyaux d'injection et/ou d'aspiration débouchant et/ou étant commandés depuis ce local extérieur à l'évidement.

Avantageusement, le réservoir comprend au moins un tube métallique, ledit tube métallique présentant au moins une terminaison dotée d'au moins une portion filetée.

Le réservoir comprend au moins deux tubes métalliques assemblés par vissage, de sorte à former une colonne de tubes.

De préférence, la pièce de soutien comporte une portion filetée inférieure. Le tube métallique ou la colonne et la pièce de soutien sont assemblées par vissage d'une portion filetée dudit ou de l'un desdits tubes métalliques formant la colonne et de la portion filetée inférieure de la pièce de soutien.

De préférence, le réservoir est suspendu à l'intérieur de l'évidement de sorte qu'un jeu axial apte à absorber une dilatation thermique axiale du réservoir subsiste entre le premier moyen de fermeture du réservoir et le fond de l'évidement.

Avantageusement, le jeu axial apte à absorber une dilatation thermique axiale du réservoir, respecte l'inéquation suivante :

[Math 1]

$$G \geq (L^2 * \beta * \alpha) + [20 * \alpha * 80 * (1 - e^{-0.11 * L})]$$

Où :  $G$  est la longueur du jeu axial exprimée en mètres,  $L$  représente la longueur d'un réservoir exprimée en mètres entre l'élément de support et l'extrémité inférieure du réservoir,  $\beta$  représente le gradient géothermique du terrain exprimé en degrés Celsius par mètre,  $\alpha$  représente le coefficient de dilatation thermique du métal dans lequel est réalisé le réservoir exprimé en mètres par degré Celsius.

De préférence, la pièce de soutien comporte une portion filetée supérieure et la pièce de secours sacrificielle est montée de manière étanche sur la pièce de soutien par vissage sur ladite portion filetée supérieure.

Optionnellement, le premier moyen de fermeture et/ou le deuxième moyen de fermeture est apte à fermer le réservoir de manière étanche par vissage. Par exemple, le premier moyen de fermeture est vissé sur une portion filetée supérieure de la pièce de secours sacrificielle.

Selon un mode de réalisation, le système de stockage comprend une pluralité de réservoirs, chaque réservoir présentant un axe longitudinal, une extrémité inférieure et une extrémité supérieure, ladite extrémité supérieure de chaque réservoir étant apte à être assemblée à l'élément de support par l'intermédiaire d'une pièce de soutien respective de sorte que chaque réservoir soit suspendu à l'intérieur de l'évidement.

Avantageusement, l'évidement comporte au moins un cuvelage, ledit cuvelage étant en béton, en ciment, ou en acier.

L'invention a également pour objet un procédé de stockage souterrain pour le stockage de fluides via un système de stockage tel que décrit ci-dessus. Le procédé comporte au moins les étapes suivantes :

- aménagement d'un évidement dans un terrain, ledit évidement présentant un fond,
- fourniture d'un élément de support comprenant au moins une ouverture apte à recevoir une pièce de soutien,
- fourniture d'au moins un réservoir, ledit réservoir présentant un axe longitudinal, une extrémité inférieure et une extrémité

supérieure, ladite extrémité supérieure comportant la pièce de soutien,

- fourniture d'un premier moyen de fermeture apte à fermer ledit réservoir à son extrémité inférieure, et un deuxième moyen de fermeture apte à fermer le réservoir à son extrémité supérieure,
- assemblage de ladite extrémité supérieure à l'élément de support par l'intermédiaire de la pièce de soutien de sorte que le réservoir soit suspendu à l'intérieur de l'évidement, et
- aménagement de moyens d'accès depuis l'extérieur de l'évidement comprenant au moins l'un parmi des moyens d'accès à chaque réservoir, des moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs, et des moyens d'accès au contenu de l'évidement.

### **Définitions**

On entend par « extrémité inférieure » du réservoir, l'extrémité du réservoir qui se situe à proximité du fond de l'évidement. Cette « extrémité inférieure » se définit en opposition à l'extrémité dite « extrémité supérieure » du réservoir, qui se situe à proximité de l'élément de support et donc de la surface du sol.

On entend par « jeu axial » une longueur, qui s'étend selon l'axe longitudinal du réservoir, mesurée entre le premier moyen de fermeture du réservoir, qui est proximal du fond de l'évidement, et le fond de l'évidement. A noter que, la position d'un réservoir peut ne pas être parfaitement verticale. Dans ce cas, l'axe longitudinal du réservoir présente un angle par rapport à la verticale dans le repère (x ; y). Cet angle présente une valeur maximale de 15°. Dans ce cas, la mesure du jeu axial se fait par projection orthogonale sur l'axe vertical passant par un point du premier moyen de fermeture situé le plus proche du fond de l'évidement. Autrement dit, le jeu axial correspond toujours à la distance la plus courte, mesurée entre le fond de l'évidement et le premier moyen de fermeture.

On entend par « tube métallique fileté » un tube comprenant au moins une terminaison présentant au moins une portion fileté, apte à être assemblée à un autre élément, par exemples un autre tube métallique fileté, un moyen de fermeture ou encore une pièce de soutien, comprenant au moins une terminaison présentant au moins une portion fileté complémentaire. Le filetage peut être mâle ou femelle.

On entend par « fond de l'évidement », la surface du fond de l'évidement. Ainsi, lorsque l'évidement est cuvelé et que ledit cuvelage est cimenté, le terme « fond de l'évidement » désigne alors la surface de la couche de ciment se trouvant au fond de l'évidement. Lorsque le cuvelage n'est pas cimenté, le terme « fond de l'évidement » désigne tout simplement la surface du terrain dans lequel est formé l'évidement se trouvant au fond de l'évidement.

15

### ***Brève description des dessins***

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- La [Fig. 1] est une vue schématique de la structure générale d'un système de stockage souterrain ;
- La [Fig. 2] est une vue schématique de l'élément de support d'un système de stockage souterrain ;
- La [Fig. 3] est une vue schématique de l'élément de support d'un système de stockage souterrain comprenant un couloir selon un mode de réalisation de l'invention ; et
- La [Fig. 4] est une vue schématique de l'extrémité supérieure d'un réservoir contenu dans un système de stockage souterrain selon un mode de réalisation de l'invention.

### ***Description détaillée***

La figure 1 illustre une vue en coupe d'un système de stockage 1, dans un repère (x ; y). L'axe x du repère (x ; y) est un axe horizontal, et l'axe y du repère (x ; y) est un axe vertical correspondant à l'axe de gravité terrestre.

Le système de stockage 1 comprend un évidement 2 réalisé dans un terrain 3, un élément de support 4 posé sur une surface d'un sol S du terrain 3, des moyens d'accès depuis l'extérieur de l'évidement (2), et six réservoirs 5 suspendus à l'élément de support 4 dans l'évidement 2 (seulement quatre réservoirs 5 sont visibles sur la figure 1). Selon les modes de réalisation, le système de stockage 1 comprend au moins un réservoir 5.

L'évidement 2 présente un fond 6 et comprend un cuvelage 7. L'évidement 2 peut être obtenu par forage ou par excavation. L'évidement 2 est de forme sensiblement cylindrique circulaire et présente par exemple un diamètre moyen de quatre mètres. Le cuvelage 7 est en ciment et s'étend verticalement depuis la surface du sol S jusqu'au fond 6 de l'évidement 2.

Tel que représenté sur les figures 1 et 2, l'élément de support 4 est une plaque cylindrique circulaire présentant un corps central 19 et une collerette 20, ladite collerette 20 présentant une surface inférieure reposant sur le sol S. Le corps central 19 présente une première épaisseur et la collerette présente une deuxième épaisseur, la première épaisseur étant supérieure à la deuxième épaisseur. L'élément de support 4 comprend en outre une surface supérieure, ladite surface supérieure étant opposée à la surface inférieure de la collerette 20.

Tel qu'illustré sur la figure 2, l'élément de support 4 comprend également six ouvertures 8. Les ouvertures 8 sont des trous traversant la première épaisseur et débouchant sur la surface supérieure et sur la surface inférieure du corps central 19 de l'élément de support 4. L'élément de support 4 comprend au moins une ouverture 8. De préférence, ces ouvertures 8 sont cylindriques et présentent une génératrice perpendiculaire à la surface supérieure et à la surface inférieure.

Chaque réservoir 5 peut comprendre une pluralité de tubes A. Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, les réservoirs 5 comportent plusieurs tubes A filetés. Ainsi, les tubes A sont assemblés par vissage de sorte à former une colonne C de tubes A. Ces tubes A et donc la colonne C présentent une section de dimension inférieure à la section de l'ouverture 8 destinée à recevoir le réservoir 5 comportant le tube ou la colonne C de sorte que le tube A ou la colonne C dudit réservoir 5 peut être inséré ou retiré de l'évidement 2 à travers l'ouverture 8.

Ainsi, les réservoirs 5 sont de forme générale tubulaire, de section circulaire, et présentent chacun un axe longitudinal, une extrémité inférieure 13 et une extrémité supérieure 14.

Chaque réservoir 5 est fermé à son extrémité inférieure 13 par un premier moyen de fermeture 12, et chaque réservoir 5 est fermé à son extrémité supérieure 14 par un deuxième moyen de fermeture 15. Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, l'extrémité inférieure 13 et l'extrémité supérieure 14 de chaque réservoir 5 comporte un filetage sur lesquels sont vissés de façon étanche respectivement le premier moyen de fermeture 12 et le deuxième moyen de fermeture 15. Ainsi, l'extrémité inférieure 13 est fermée de façon étanche par vissage du premier moyen de fermeture 12, et l'extrémité supérieure 14 est fermée de façon étanche par vissage du deuxième moyen de fermeture 15.

Autrement dit, chaque réservoir 5 est formé par un ensemble comportant d'une colonne C, et est fermé à ses extrémités 13, 14 par des moyens de fermetures 12, 15. Un réservoir 5 peut également comporter un unique tube A, et être fermé à ses extrémités 13 et 14 par des moyens de fermeture 12 et 15.

Comme expliqué ci-dessous, l'extrémité supérieure des réservoirs 5 comporte une pièce de soutien 17 intercalée entre le tube A, ou la colonne C, et le deuxième moyen de fermeture 15. Cette pièce de soutien 17 coopère avec l'élément de support 4 pour suspendre le réservoir 5 dans l'évidement 2.

Les moyens d'accès sont destinés à permettre de mettre en œuvre des opérations de maintenance en permettant un accès aux divers

éléments de l'installation depuis l'extérieur. Ils comprennent en particulier au moins l'un parmi des moyens d'accès pour chaque réservoir 5, des moyens d'accès à l'intérieur de chaque réservoir 5, et des moyens d'accès au contenu de l'évidement 2.

5           Un premier moyen d'accès aux réservoirs comporte un passage ménagé en périphérie de l'élément de support 4. Ce passage est par exemple formé autour de l'élément de support 4 et/ou sur la face supérieure de la collerette 20. Typiquement, un tel passage permet à un opérateur souhaitant réaliser une opération de maintenance sur un  
10       réservoir 5 situé en périphérie de l'élément de support 4 d'avoir accès audit réservoir 5 simplement en se déplaçant sur le pourtour de l'élément de support 4. Un tel passage autour de l'élément de support 4 peut être réalisé dans le terrain 3 entourant la collerette 20, par exemple sur la surface S si l'élément de support 4 repose sur le sol S ou sur le fond  
15       d'une cavité (non illustré) formée dans le terrain 3 et sur lequel l'élément de support 4 repose.

          S'il y a beaucoup de réservoirs 5 stockés dans l'évidement 2, certains sont situés au centre de l'ensemble regroupant les réservoirs 5 et sont donc inaccessibles depuis un passage ménagé en périphérie de  
20       l'élément de support 4. Il est pourtant nécessaire d'y avoir accès pour effectuer les opérations de maintenance. Les moyens d'accès à chaque réservoir 5 comprennent donc un deuxième moyen d'accès aux réservoirs 5 sous la forme d'un couloir 9, tel qu'illustré sur la figure 3, s'étendant radialement autour du point central de l'élément de support  
25       4. En fonction de certaines variables ou contraintes de l'installation, comme le nombre de réservoirs 5 stockés dans l'évidement 2 et les dimensions de l'élément de support 4, il peut y avoir un ou plusieurs couloirs 9 facilitant l'accès à chaque réservoir 5.

          Chaque réservoir 5 doit être accessible par au moins un opérateur  
30       et la configuration de l'élément de support 4 doit donc permettre un accès à chaque réservoir 5. Une compacité maximale des réservoirs est également préférée pour optimiser le nombre de réservoirs 5 dans une installation. Pour cela, l'équation suivante définit le niveau de compacité optimal :

[Math 2]

$$C = \frac{Ac}{\sum_{j=1}^m (Nj * Asj)}$$

Avec  $30\% \leq C \leq 80\%$

$$Asj = \left( \frac{\pi}{4} * ODsj^2 \right)$$

5

$$Nj = ENT \left( \frac{Ac - Am}{Asj} \right)$$

Avec j l'indice de chaque groupe de réservoirs 5 ayant un diamètre différent, ODsj le diamètre extérieur du réservoir 5 et Am la zone nécessaire pour accéder aux réservoirs 5 depuis l'élément de support 4. Am est définie en considérant un couloir 9 d'une largeur comprise entre 0,6 mètre et 1 mètre. L'accès aux réservoirs 5 situés à l'extrémité de l'élément de support 4 se fait directement depuis l'extérieur de l'élément de support 4 via le passage ad hoc.

Sur la figure 3, le système de stockage 1 comporte une cinquantaine de réservoirs 5 et, par conséquent, l'élément de support 4 comporte une cinquantaine d'ouvertures 8, chaque réservoir 5 étant suspendu dans l'évidement 2 via une ouverture 8 respective de l'élément de support 4. Cette configuration est circulaire et contient un couloir 9 de maintenance laissant deux rangées de réservoirs 5 sur sa partie radialement externe et une rangée de sept réservoirs 5 sur sa partie radialement interne. La rangée de réservoirs 5 extérieure est accessible depuis le passage ménagé en périphérie de l'élément de support 4, et les rangées de réservoirs 5 interne et centrale sont accessibles depuis le couloir 9 circulaire sur l'élément de support 4. Les réservoirs 5 sont espacés sur au moins une partie des deux rangées extérieures, pour créer une entrée 10 débouchant sur le couloir 9.

Bien entendu, l'élément de support 4 de même que l'évidement 2 peuvent être de plusieurs formes, par exemple circulaire ou polygonal.

Une aire circulaire de l'élément de support 4, se définit ainsi :

[Math 3]

30

$$Ac = \frac{\pi}{4} * ODhole^2$$

Une aire polygonale de l'élément de support 4, se définit ainsi :

[Math 4]

$$Ac = \sum_{i=1}^n Ai$$

Avec :  $Ai$  l'aire de chaque triangle qui composent l'aire du polygone.

5 Bien entendu, les réservoirs 5 peuvent être disposés sur l'élément de support 4 selon une ligne horizontale, verticale, décalée, alignée sur un cercle ou sur toute autre forme géométrique, et les réservoirs 5 peuvent avoir des dimensions différentes les uns des autres.

Comme illustré sur la figure 1 les réservoirs 5 sont suspendus à l'élément de support 4. Ainsi, pour chaque réservoir 5 du système de stockage 1, un jeu axial G subsiste entre d'une part, le premier moyen de fermeture 12 qui ferme l'extrémité inférieure 13 du réservoir 5, et d'autre part, le fond 6 de l'évidement 2. Ce jeu axial G a pour fonction d'absorber une dilatation thermique axiale du réservoir 5, qui se produit notamment lors des opérations de remplissage et de vidage. Ainsi, pour  
10  
15  
20 chaque réservoir 5, le dimensionnement du jeu axial G, et notamment sa longueur, dépend directement des conditions environnantes du système de stockage 1, notamment des conditions de température, de pression, et de la capacité du réservoir 5 à s'allonger lorsqu'il est soumis à des variations de température et de pression, notamment lors d'opérations de remplissage et de vidage. Ainsi, le jeu axial G de n'importe quel réservoir 5 du système de stockage 1 répond à l'inéquation suivante :

[Math 1]

$$G \geq (L^2 * \beta * \alpha) + [20 * \alpha * 80 * (1 - e^{-0.11 * L})]$$

Où : G est la longueur du jeu axial exprimée en mètres. L  
25 représente la longueur d'un réservoir 5 exprimée en mètres.  $\beta$  représente le gradient géothermique du terrain 3 exprimé en degrés Celsius par mètre. Le gradient géothermique  $\beta$  varie selon la formation géologique dans laquelle le système de stockage 1 est placé. Ainsi  $\beta$  est tel que  $0,02^\circ/\text{m} \leq \beta \leq 2^\circ/\text{m}$ .  $\alpha$  représente le coefficient de dilatation thermique du métal dans lequel est réalisé le réservoir 5 exprimé en degré Celsius-1.  
30 Le coefficient de dilatation thermique  $\alpha$  varie selon le type de métal qui compose les tubes utilisés pour former un réservoir 5. Ainsi,  $\alpha$  est tel que  $8 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \leq \alpha \leq 18 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Les moyens d'accès à l'intérieur de chaque réservoir 5 comprennent une pièce de secours sacrificielle 16. Cette pièce de secours sacrificielle 16, la pièce de soutien 17 et le deuxième moyen de fermeture 15 forment conjointement l'extrémité supérieure 14 du réservoir 5. L'extrémité supérieure 14 est représentée sur la figure 4. La pièce de soutien 17 comporte un corps tubulaire 21 métallique, de section circulaire, présentant une collerette 22. Une périphérie de cette collerette 22 présente des dimensions supérieures aux dimensions de l'ouverture 8 de sorte qu'elle repose sur la surface supérieure de l'élément de support 4 lorsque le réservoir 5 est inséré dans l'ouverture 8. La collerette 22 est ainsi apte à suspendre le réservoir 5 dans l'évidement 2 via l'élément de support 4.

Dans le mode de réalisation où la collerette 22 permet au réservoir 5 de reposer sur la surface supérieure de l'élément de support 4, le réservoir 5 ne nécessite pas d'être fixé à l'élément de support 4, ce qui simplifie l'assemblage du système de stockage 1. Il est cependant possible, en variante, de fixer la collerette 22 à l'élément de support 4 par exemple par vissage vis ou tout autre moyen adapté.

La pièce de soutien 17 est assemblée de manière étanche à son extrémité inférieure au tube A ou à la colonne C par vissage. La pièce de soutien 17 est assemblée à son extrémité supérieure à la pièce de secours sacrificielle 16, et la pièce de secours sacrificielle 16 est assemblée au deuxième moyen de fermeture 15. Ces assemblages sont réalisés avec des raccords filetés composés d'au moins un joint.

Les opérations de maintenance à l'intérieur du réservoir 5, se font via le deuxième moyen de fermeture 15 et/ou via la pièce de secours sacrificielle 16. En effet, le deuxième moyen de fermeture 15 et/ou la pièce de secours sacrificielle 16 peuvent être dévissés et désolidarisés de la pièce de soutien 17 afin d'accéder au contenu du réservoir 5, par exemple pour inspecter l'état de l'intérieur du réservoir 5. Cependant, le vissage/dévissage réalisé lors des opérations de maintenance engendre des dommages sur les pièces qui doivent être changées au bout de quelques manipulations.

Pour des raisons de sureté, le vissage/dévissage des pièces est préférentiellement limité à trois opérations. En effet, après trois opérations de vissage/dévissage du deuxième moyen de fermeture 15, le joint au niveau du deuxième moyen de fermeture 15 ne garantit pas de façon certaine l'étanchéité du réservoir 5. Il est alors nécessaire de remplacer les pièces coopérant pour former ce joint. C'est pourquoi il est avantageux de mettre une pièce de secours sacrificielle 16 servant à rallonger l'espérance de vie de la pièce de soutien 17. En effet, lorsque trois opérations de vissage/dévissage du deuxième moyen de fermeture 15 sont effectuées sur le réservoir 5, le deuxième moyen de fermeture 15 et la pièce de secours sacrificielle 16 sont alors remplacés. En effectuant ce remplacement, un vissage/dévissage est effectué entre la pièce de secours sacrificielle 16 et la pièce de soutien 17. Une fois la pièce de secours sacrificielle 16 et le moyen de fermeture 15 remplacés, trois opérations peuvent être faites avant de devoir à nouveau changer les pièces.

Ainsi, le fait d'utiliser une pièce de secours sacrificielle 16 permet jusqu'à neuf opérations sur le réservoir 5 sans devoir changer la pièce de soutien 17. Le remplacement de la pièce de soutien 17 impliquant le retrait complet du réservoir 5 de l'évidement 2, un temps de travail et d'autres engagements supplémentaires, la pièce de secours sacrificielle 16 permet d'améliorer la praticité d'utilisation du système de stockage 1 et de faciliter les opérations de maintenance.

Bien entendu, l'extrémité supérieure 14 du réservoir 5 peut comporter plus d'une pièce de secours sacrificielle 16, permettant d'augmenter davantage le nombre d'opérations de maintenance sans avoir à retirer la totalité du réservoir 5 de l'évidement 2.

Pour permettre l'inspection des réservoirs 5, et en particulier l'intérieur des réservoirs 5, le système de stockage 1 est conçu pour permettre qu'un réservoir 5 soit contrôlé sans impacter le fonctionnement des autres réservoirs 5. Ainsi, un réservoir 5 peut être rincé, isolé, changé, sans que les autres réservoirs 5 ne soient concernés.

Le deuxième moyen de fermeture 15 est équipé de capteurs 18 tels que des manomètres, des thermomètres et des détecteurs de fuite.

Bien entendu, le premier moyen de fermeture 12 peut aussi contenir des manomètres, des thermomètres et des détecteurs de fuite. D'autres types de capteurs peuvent être utilisés en fonction de la nature des paramètres à contrôler.

5           En plus des réservoirs 5, l'évidement 2 est de préférence rempli d'un matériau anti-déflagration. En cas de fuite du réservoir 5, la présence d'oxygène ambiant dans l'évidement 2 est limitée voire nulle réduisant le risque d'explosion. Ce matériau anti-déflagration est un  
10           liquide et/ou un solide, par exemple de l'eau, du sable ou autre. Il comporte de préférence des agents antibactériens tels que le chlore, un filtre antibactérien, ou du peroxyde d'hydrogène et des agents anti-corrosion afin d'éviter la prolifération des bactéries dans l'environnement du réservoir 5 et la dégradation des réservoirs 5.

15           Ce matériau nécessite d'être entretenu afin de conserver ses caractéristiques et éviter la détérioration du système de stockage 1.

          Lors d'opérations de maintenance, il est ainsi nécessaire de pouvoir accéder à ce matériau. Pour cela, les moyens d'accès au contenu de l'évidement 2 comportent au moins un tuyau d'aspiration du matériau et un tuyau d'injection du matériau, lesdits tuyaux étant reliés au local.  
20           Idéalement, les moyens d'accès au contenu de l'évidement 2 comportent également un local extérieur à l'évidement 2, par exemple dans lequel débouchent les tuyaux d'aspiration et d'injection et/ou sont localisés les organes de commande des tuyaux d'aspiration et d'injection.

          Selon un mode de réalisation, le tuyau d'injection est situé au-dessus du niveau du matériau, typiquement dans la partie supérieure de l'évidement 2, et le tuyau d'aspiration est situé au fond de l'évidement 2. Ces tuyaux permettent le pompage, l'injection et donc la circulation et/ou le remplacement du matériau dans l'évidement 2.

25           Le système de stockage 1 est utilisé pour stocker tout type de fluide, en particulier les gaz explosifs. Le fluide peut être de l'hydrogène, de l'oxygène, du méthane, de l'azote, de l'ammoniac. Préférentiellement, le fluide est de l'hydrogène.

30           L'invention propose également un procédé de stockage souterrain pour le stockage de fluides via un système de stockage 1 tel

que décrit ci-dessus. Le procédé comporte au moins une étape d'aménagement d'un évidement 2 dans un terrain 3, ledit évidement 2 présentant un fond 6, une étape de fourniture d'un élément de support 4 comprenant au moins une ouverture 8 apte à recevoir une pièce de soutien 17, une étape de fourniture d'au moins un réservoir 5, ledit réservoir 5 présentant un axe longitudinal, une extrémité inférieure 13 et une extrémité supérieure 14, ladite extrémité supérieure 14 comportant la pièce de soutien 17, une étape de fourniture d'un premier moyen de fermeture 12 apte à fermer ledit réservoir 5 à son extrémité inférieure 13, et un deuxième moyen de fermeture 15 apte à fermer le réservoir 5 à son extrémité supérieure 14, une étape d'assemblage de ladite extrémité supérieure 14 à l'élément de support 4 par l'intermédiaire de la pièce de soutien 17 de sorte que le réservoir 5 soit suspendu à l'intérieur de l'évidement 2 et présente de préférence un jeu axial G apte à absorber une dilatation thermique axiale dudit réservoir 5 subsistant entre le premier moyen de fermeture 12 du réservoir 5 et le fond 6 de l'évidement 2, et une étape d'aménagement de moyens d'accès depuis l'extérieur de l'évidement (2), comprenant au moins l'un parmi des moyens d'accès à chaque réservoir 5 depuis l'élément de support 4, des moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs 5, et des moyens d'accès au contenu de l'évidement 2.

## REVENDICATIONS

- 5 1. Système de stockage (1) souterrain pour le stockage de fluides, caractérisé en ce qu'il comprend :
- un évidement (2) aménagé dans un terrain (3), ledit évidement (2) présentant un fond (6),
  - un élément de support (4) comprenant au moins une ouverture (8),
  - au moins un réservoir (5), ledit réservoir (5) présentant un axe longitudinal, une extrémité inférieure (13) fermée par un premier moyen de fermeture (12), et une extrémité supérieure (14) fermée par un deuxième moyen de fermeture (15), ladite extrémité supérieure comportant une pièce de soutien (17),
- 10 ladite extrémité supérieure (14) étant assemblée à l'élément de support (4) par l'intermédiaire de la pièce de soutien (17) de sorte que le réservoir (5) soit suspendu à l'intérieur de l'évidement (2) et
- des moyens d'accès depuis l'extérieur de l'évidement (2) comprenant au moins l'un parmi des moyens d'accès à chaque réservoir (5), des moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs (5), et des moyens
- 15 d'accès au contenu de l'évidement (2).
- 20 2. Système de stockage (1) selon la revendication 1, dans lequel les moyens d'accès à chaque réservoir (5) comportent un passage ménagé en périphérie de l'élément de support (4) et/ou un couloir (9) situé sur l'élément de support (4).
- 25 3. Système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 et 2, dans lequel les moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs (5) comprennent une pièce de secours sacrificielle (16) intercalée entre le deuxième moyen de fermeture (15) et la pièce de soutien (17).
- 30 4. Système de stockage (1) selon la revendication 3, dans lequel la pièce de secours sacrificielle (16) est amovible.
5. Système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 à 4, dans lequel les moyens d'accès au contenu de

l'évidement (2) comprennent au moins un tuyau d'aspiration de fluide et/ou de solide et au moins un tuyau d'injection de fluide et/ou de solide.

5 6. Système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 à 5, dans lequel le réservoir (5) comprend au moins un tube (A) métallique, ledit tube (A) métallique présentant au moins une terminaison dotée d'au moins une portion filetée.

10 7. Système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 à 6, dans lequel le réservoir (5) comprend au moins deux tubes (A) métalliques assemblés par vissage, de sorte à former une colonne de tubes (C).

8. Système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 à 7, dans lequel le premier moyen de fermeture (12) et/ou le deuxième moyen de fermeture (15) est apte à fermer le réservoir (5) de manière étanche par vissage.

15 9. Système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 à 8, comprenant une pluralité de réservoirs (5).

20 10. Procédé de stockage souterrain pour le stockage de fluides via un système de stockage (1) selon l'une quelconques des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- aménagement d'un évidement (2) dans un terrain (3), ledit évidement (2) présentant un fond (6),
- fourniture d'un élément de support (4) comprenant au moins une ouverture (8) apte à recevoir une pièce de soutien (17),
- 25 – fourniture d'au moins un réservoir (5), ledit réservoir (5) présentant un axe longitudinal, une extrémité inférieure (13) et une extrémité supérieure (14), ladite extrémité supérieure (14) comportant la pièce de soutien (17)
- 30 – fourniture d'un premier moyen de fermeture (12) apte à fermer ledit réservoir (5) à son extrémité inférieure (13), et un deuxième moyen de fermeture (15) apte à fermer le réservoir (5) à son extrémité supérieure (14),

- assemblage de ladite extrémité supérieure (14) à l'élément de support (4) par l'intermédiaire de la pièce de soutien (17) de sorte que le réservoir (5) soit suspendu à l'intérieur de l'évidement (2), et
- aménagement de moyens d'accès depuis l'extérieur de l'évidement (2) comprenant au moins l'un parmi des moyens d'accès à chaque réservoir (5), des moyens d'accès à l'intérieur des réservoirs (4), et des moyens d'accès au contenu de l'évidement (2).