

Cuve étanche et isolante comportant un pied de support

L'invention se rapporte au domaine de la construction d'une cuve étanche et isolante disposée dans une structure porteuse, en particulier à la construction d'une paroi
5 d'une telle cuve devant accueillir un pied de support.

Des cuves étanches et thermiquement isolantes peuvent être utilisées dans différentes industries pour stocker des produits chauds ou froids. Par exemple, dans le domaine de l'énergie, le gaz naturel liquéfié (GNL) est un liquide qui peut être stocké à pression atmosphérique à environ -163°C dans des cuves de stockage terrestres ou dans des
10 cuves embarquées dans des structures flottantes. De telles structures flottantes sont en particulier les navires méthaniers pour le transport du produit et les installations off-shore, connues notamment sous les acronymes FPSO et FSRU, pour le stockage, la liquéfaction ou la regazéification du produit.

Dans les réservoirs à membrane, une couche de tôle métallique ondulée est utilisée
15 pour réaliser une barrière étanche qui présente aussi une élasticité suffisante pour résister à des efforts résultant par exemple de la pression hydrostatique, de la pression dynamique en cas de mouvement de la cargaison, et/ou des variations de température. Toutefois, une telle barrière étanche et le matériau d'isolation thermique sous-jacent sont relativement fragiles et ne peuvent pas nécessairement supporter des équipements lourds devant être immergés au
20 fond de la cuve, par exemple une pompe.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une cuve étanche et isolante disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant une paroi de cuve, notamment une paroi de fond de cuve, disposée le long de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant : une barrière d'étanchéité,
25 une barrière d'isolation thermique disposée entre la barrière d'étanchéité et la structure porteuse et présentant une surface de support pour la barrière d'étanchéité, et un pied de support pour un équipement immergé dans la cuve étanche, la barrière d'étanchéité comportant une couche de tôle métallique ondulée présentant au moins une série d'ondulations parallèles, la couche de tôle métallique ondulée étant
30 interrompue au niveau d'une fenêtre entourant le pied de support, le pied de support s'étendant longitudinalement à travers la fenêtre de la couche de tôle métallique ondulée et présentant une première portion d'extrémité en appui contre la structure porteuse, par exemple contre une zone de fond de la structure porteuse, et une deuxième portion d'extrémité faisant saillie dans la cuve pour supporter l'équipement à

distance de la couche de tôle métallique,

la barrière d'étanchéité comportant des pièces de liaison disposées dans la fenêtre autour du pied de support pour relier de manière étanche le pied de support à une portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée délimitant la fenêtre,

- 5 dans laquelle la fenêtre interrompt les lignes directrices d'une pluralité des ondulations parallèles de ladite au moins une série et le pied de support est centré à une position située entre les lignes directrices de deux ondulations parallèles de ladite pluralité.

Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle cuve peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

- 10 Le pied de support peut présenter diverses formes, notamment selon les caractéristiques de l'équipement à supporter. Selon un mode de réalisation, le pied de support présente au moins un côté latéral convexe, et la ligne directrice desdites deux ondulations entre lesquelles le pied de support est centré coupe le côté latéral convexe du pied de support. Selon un mode de réalisation, le pied de support présente une section
15 circulaire.

Selon un mode de réalisation, la fenêtre interrompt les lignes directrices d'un nombre pair d'ondulations parallèles de ladite au moins une série, par exemple de deux ondulations parallèles de ladite au moins une série.

- 20 Selon un mode de réalisation, le pied de support est centré sensiblement au milieu des lignes directrices des deux ondulations. En variante, le pied de support peut être décalé du milieu, de manière à être plus proche d'une ondulation que de l'autre, par exemple si un tel positionnement permet de réduire la longueur d'interruption des ondulations compte tenu de la forme du pied de support.

- 25 Selon un mode de réalisation, ladite au moins une série d'ondulations parallèles est distribuée de manière équidistante. En variante, la série d'ondulations peut avoir, au moins localement, une distribution moins régulière.

Selon un mode de réalisation, les ondulations sont saillantes du côté d'une face interne de la barrière d'étanchéité destinée à être en contact avec un fluide.

- 30 Selon un mode de réalisation, les pièces de liaison comportent une pluralité de pièces de bout disposées à distance du pied de support de manière à fermer des extrémités interrompues des deux ondulations entre les lignes directrices desquelles le pied de support est centré. Par de telles pièces de bout, on peut fermer toutes les ondulations dont la fenêtre interrompt les lignes directrices, de manière à rétablir la continuité de la barrière étanche.

Selon un mode de réalisation, le pied de support comporte une enveloppe creuse de forme globalement tubulaire dont l'axe longitudinal est sensiblement perpendiculaire à la paroi de cuve et une paroi de fermeture transversale fermant l'enveloppe de manière étanche pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité au niveau du pied de support. Une telle
5 forme creuse peut notamment être préférée pour limiter la section efficace du pied de support susceptible de créer un pont thermique.

Les pièces de liaison destinées à relier de manière étanche le pied de support à une portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée peuvent présenter de nombreuses formes.

10 Selon un mode de réalisation, les pièces de liaison comportent un plateau annulaire lié à une paroi périphérique du pied de support au niveau de la couche de tôle métallique ondulée. Un tel plateau peut être pré assemblé au pied de support.

Selon un mode de réalisation, les pièces de liaison comportent une plaque intermédiaire présentant un premier bord soudé au plateau annulaire et un deuxième bord
15 soudé à la portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée délimitant la fenêtre.

Une telle cuve peut présenter une simple barrière d'étanchéité ou de multiples barrières étanches successives, par exemple par mesure de fiabilité et de sécurité. Selon un mode de réalisation correspondant, la barrière d'isolation thermique comporte une barrière d'isolation thermique primaire disposée du côté de la barrière d'étanchéité, dite barrière
20 d'étanchéité primaire, et une barrière d'isolation thermique secondaire disposée du côté de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant une barrière d'étanchéité secondaire disposée entre les barrières d'isolation thermique primaire et secondaire, la barrière d'étanchéité secondaire étant reliée de manière étanche à une paroi périphérique du pied de support.

Selon un mode de réalisation, les pièces de liaison comportent :
25 une plaque de liaison présentant une ondulation parallèle à ladite au moins une série d'ondulations parallèles et disposée sur une ligne décalée latéralement à distance du pied de support par rapport à l'une des lignes directrices d'ondulation interrompues par la fenêtre et

des pièces de dévoiement disposées de manière à relier à chaque fois une extrémité de
30 l'ondulation de la plaque de liaison à une portion d'extrémité de l'ondulation dont la ligne directrice est interrompue par la fenêtre, de sorte que l'ondulation de la plaque de liaison et les deux pièces de dévoiement prolongent l'ondulation dont la ligne directrice est interrompue de manière étanche à travers la fenêtre en suivant la ligne décalée latéralement à distance du pied de support. La réalisation d'une ou plusieurs ondulations décalées de cette

manière permet de limiter le nombre d'ondulations rendues discontinues par le pied de support, et donc de préserver davantage l'élasticité de la barrière étanche, notamment dans le cas où un pied de support de diamètre relativement grand doit être mis en place.

Les dispositions et caractéristiques énoncées ci-dessus vis-à-vis d'une série
5 d'ondulations parallèles peuvent, le cas échéant, être appliquées vis-à-vis de plusieurs séries d'ondulations parallèles ayant des directions différentes. Selon un mode de réalisation correspondant, la couche de tôle métallique ondulée présente une première série d'ondulations parallèles et une deuxième série d'ondulations parallèles qui est sécante à la première série d'ondulations parallèles au niveau de croisements, la fenêtre interrompant les
10 lignes directrices d'une première pluralité des ondulations parallèles de la première série et/ou les lignes directrices d'une deuxième pluralité des ondulations parallèles de la deuxième série, le pied de support étant centré à une position située entre les lignes directrices de deux ondulations parallèles de la première pluralité et/ou entre les lignes directrices de deux ondulations parallèles de la deuxième pluralité.

15 Selon un mode de réalisation préféré, la première série d'ondulations parallèles est perpendiculaire à la deuxième série d'ondulations parallèles. Ainsi l'élasticité de la membrane étanche peut être bien équilibrée dans différentes directions.

La fenêtre précitée peut présenter différentes formes, notamment en fonction de la forme du pied de support et/ou de la forme des éléments constitutifs de la couche de tôle
20 métallique ondulée. Selon un mode de réalisation, la fenêtre est un quadrilatère, par exemple rectangle ou carré ou parallélogramme, comportant deux côtés parallèles à la première série d'ondulations et deux côtés parallèles à la deuxième série d'ondulations.

Selon un mode de réalisation, le pied de support est disposé à la base d'un mât de déchargement de la cuve, par exemple pour supporter une pompe.

25 Une idée à la base de l'invention est de supporter un équipement devant être immergé dans une cuve sur un pied prenant appui directement ou indirectement sur la structure porteuse, pour éviter ou limiter un effort exercé sur une membrane d'étanchéité ondulée relativement fragile. Une autre idée à la base de l'invention est de disposer un tel pied de support d'une manière qui ne mette pas en péril les propriétés mécaniques
30 essentielles de la membrane d'étanchéité ondulée, notamment son étanchéité et sa résistance à la contraction thermique ou aux efforts de pression. Certains aspects de l'invention partent de l'idée d'interrompre des ondulations d'une membrane d'étanchéité ondulée au niveau d'une zone de passage d'un pied de support, et de positionner ce pied de support à un emplacement qui permette de limiter la longueur de ces interruptions, afin de limiter la perte

d'élasticité de la membrane pouvant résulter de telles interruptions. D'autres aspects de l'invention partent de l'idée de déplacer localement des ondulations afin de contourner la zone de passage du pied de support sans interrompre ces ondulations.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

Sur ces dessins :

- La figure 1 est une représentation schématique partielle en coupe d'une cuve étanche et isolante selon un mode de réalisation,
- La figure 2 est une représentation en perspective, en section transversale selon la ligne II-II de la figure 3, d'un pied de support et d'une structure de paroi de cuve pouvant être utilisés dans la cuve de la figure 1,
- La figure 3 est une vue de dessus du pied de support de la figure 2 et d'une zone de la paroi de cuve autour du pied de support,
- La figure 4 est une représentation analogue à la figure 2 à un stade intermédiaire de montage de la paroi de cuve,
- La figure 5 est une vue de détail agrandie de la zone V de la figure 4,
- La figure 6 est une vue de dessus de la zone de paroi de cuve de la figure 4 montrant la réalisation de la barrière d'étanchéité secondaire,
- La figure 7 est une vue analogue à la figure 6 montrant un stade intermédiaire de montage de la barrière d'étanchéité primaire,
- La figure 8 est une vue en perspective d'une pièce de bout pouvant être utilisée dans la fabrication de la barrière d'étanchéité primaire,
- La figure 9 est une vue analogue à la figure 3 représentant un autre mode de réalisation de la barrière d'étanchéité primaire autour du pied de support,
- La figure 10 est une vue en perspective d'une pièce de dévoiement pouvant être utilisée dans la fabrication de la barrière d'étanchéité primaire de la figure 9.

Sur la figure 1, on voit partiellement une cuve étanche et thermiquement isolante 1 constituée de parois de cuve 2 et 3 fixées à la surface intérieure de parois correspondantes 4 et 5 d'une structure porteuse. La structure porteuse est par exemple la coque intérieure d'un navire à double coque ou une construction située à terre. Pour contenir un liquide froid comme du GNL, les parois de la cuve comportent au moins une barrière d'étanchéité 6 et au

moins une barrière d'isolation thermique 7. Par mesure de sécurité, il est possible de prévoir une barrière d'étanchéité secondaire, non représentée, entre la structure porteuse et la barrière d'étanchéité 6, qui est dite primaire dans ce cas.

La cuve 1 peut être réalisée selon différentes géométries bien connues, par exemple
5 une géométrie prismatique dans la coque d'un navire ou une géométrie cylindrique à terre ou autre. Par ailleurs, de nombreuses méthodes sont disponibles pour réaliser les barrières d'isolation thermique et d'étanchéité, par exemple à partir d'éléments préfabriqués.

Dans la paroi de fond 3 de la cuve, on a représenté un élément rigide allongé, constituant un pied de support 10, qui s'étend à travers la barrière d'isolation thermique 7 et
10 la barrière d'étanchéité 6, de sorte qu'un bout prend appui contre la paroi de fond 5 de la structure porteuse et que l'autre bout fait saillie dans la cuve à distance de la barrière d'étanchéité 6. Le pied de support 10 peut par exemple servir à supporter un équipement 9 devant être immergé dans la cuve. Par exemple, pour supporter une pompe de déchargement, il peut être disposé à la base d'un mât de pompage de la cuve, non représenté. Bien que le
15 pied de support soit ici représenté sur une paroi de fond de la cuve, un élément rigide similaire peut être disposé de la même manière à d'autres emplacements dans la cuve, par exemple comme élément de support ou d'espacement pour maintenir un objet quelconque à distance de la paroi de cuve.

Pour réaliser la barrière d'étanchéité 6, il est possible d'utiliser des plaques de fine
20 tôle métallique présentant des ondulations qui forment des zones élastiques pour absorber la contraction thermique et les efforts de pression statiques et dynamiques. De telles barrières d'étanchéité en tôle ondulée ou gaufrée ont notamment été décrites dans FR-A-1379651, FR-A-1376525, FR-A-2781557 et FR-A-2861060. Cette possibilité va maintenant être développée en référence aux figures 2 et 3.

En référence à la figure 3, la barrière d'étanchéité 6 est constituée d'une pluralité de
25 plaques étanches 11 ondulées dont la face dite interne est destinée à être en contact avec le fluide. Les plaques étanches 11 sont des éléments fins en métal tel que de la tôle d'acier inoxydable ou d'aluminium et sont soudées entre elles au niveau de zones de recouvrement marginales 12. Les soudures sont de type soudure à chevauchement dont le procédé est décrit
30 en détail par exemple dans le brevet FR-A-1387955. Les plaques étanches 11 peuvent être conçues de diverses façons quant à leurs formes et dimensions, de sorte que les zones de soudure peuvent être diversement positionnées.

Les plaques étanches 11 comportent, sur leur face interne, une première série d'ondulations dites longitudinales 15 et une seconde série d'ondulations dites transversales 16

dont les directions respectives sont perpendiculaires. La première série d'ondulations 15 présente une hauteur inférieure à la seconde série d'ondulations 16. Ainsi, les ondulations 15 sont discontinues au niveau de leurs croisements 18 avec les ondulations 16 qui sont continues. Les ondulations longitudinales 15 et transversales 16 sont en saillie vers
5 l'intérieur de la cuve 1.

Le pied de support 10 présente ici une forme de révolution à section circulaire, avec une partie inférieure tronconique 13 qui se raccorde au niveau de son extrémité de plus petit diamètre 17 à une partie supérieure cylindrique 14. La base de plus grand diamètre de la partie tronconique 13 est en appui contre la paroi 5 de la structure porteuse. La partie
10 tronconique 13 s'étend à travers l'épaisseur de la paroi de cuve au-delà du niveau de la barrière d'étanchéité 6. La partie cylindrique 14 est fermée de manière étanche par une plaque circulaire 19, qui peut être par exemple soudée sur un rebord intérieur non représenté de la partie cylindrique 14.

Pour permettre le passage du pied de support 10, les plaques étanches ondulées 11
15 formant la barrière d'étanchéité 6 sont découpées de manière à délimiter une fenêtre carrée 25 autour du pied de support 10. Pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité 6 au niveau de la fenêtre 25, un assemblage étanche de pièces de liaisons est réalisé entre le pied de support 10 et les plaques étanches 11. Comme le diamètre du pied de support 10 est supérieur à l'espacement entre les ondulations de la première série 15, certaines des
20 ondulations longitudinales indiquées au chiffre 20 et dont la ligne directrice A coupe le pied de support 10 ont été interrompues au niveau de la fenêtre 25. De même, comme le diamètre du pied de support 10 est supérieur à l'espacement entre les ondulations de la deuxième série 16, certaines des ondulations transversales indiquées au chiffre 21 et dont la ligne directrice B coupe le pied de support 10 ont été interrompues au niveau de la fenêtre entourant le pied
25 de support.

Par ailleurs, comme visible sur la figure 3, la taille de la fenêtre 25 est en pratique plus grande que le diamètre du pied de support 10, afin que la mise en place des pièces de liaisons soit relativement aisée. Ainsi, la fenêtre 25 ménagée dans la couche de tôle ondulée serait susceptible d'interrompre similairement des ondulations dont la ligne directrice, sans
30 couper effectivement le pied de support, se trouverait à une proximité trop étroite du pied de support pour permettre la mise en place des pièces de liaison entre elles et le pied de support.

Le centre C du pied de support 10 est positionné entre les lignes directrices A des ondulations interrompues 20 et entre les lignes directrices B des ondulations interrompues 21, et plus précisément au milieu de ces lignes directrices sur la figure 3. Il résulte de ce

positionnement que la ligne directrice A ou B coupe à chaque fois le pied de support 10 selon une corde plus courte que le diamètre du pied de support 10. De ce fait, et compte-tenu de l'espace devant exister entre le bord de la fenêtre 25 et le pied de support 10 pour permettre la mise en place des pièces de liaison, ce positionnement du pied de support 5 permet d'interrompre chacune des ondulations 20 et 21 sur une distance plus courte que dans le cas où la ligne directrice A ou B couperait le pied de support selon sa plus grande dimension transversale, c'est-à-dire son diamètre dans le cas d'une section circulaire. Il est avantageux d'interrompre les ondulations de la barrière d'étanchéité sur une distance la plus courte possible, étant donné que ces interruptions sont susceptibles de réduire localement la 10 flexibilité de la barrière d'étanchéité et donc de favoriser localement sa fatigue et son usure.

Dans le cas d'une section circulaire, le centrage du pied de support à mi-distance entre les ondulations interrompues 20 et à mi-distance entre les ondulations interrompues 21 offre un résultat optimal. Toutefois, d'autres formes de section et d'autres positionnements du pied peuvent aussi être considérés. Un principe pouvant servir à adapter à chaque fois le 15 positionnement du pied de support entre les ondulations est de choisir une position qui minimise, ou du moins diminue, la dimension transversale du pied de support que coupe la ligne directrice de l'ondulation interrompue. Dans le cas où la géométrie particulière du pied de support et/ou la distribution particulière des ondulations de la membrane implique d'interrompre plusieurs ondulations sur des longueurs différentes, un paramètre 20 d'optimisation pertinent pour adapter le positionnement du pied de support peut être la longueur de la plus longue interruption ou la longueur cumulée des interruptions obtenues.

Sur la figure 3, la fenêtre 25 présente une forme carrée qui facilite la découpe des plaques étanches 11 à la forme souhaitée. Toutefois, d'autres formes de fenêtres peuvent aussi être mises en œuvre, en fonction notamment de la géométrie du pied de support.

25 En référence aux figures 4 à 8, on va maintenant décrire un mode de réalisation détaillé de la paroi de cuve dans la zone du pied de support 10. Ce mode de réalisation est en particulier adapté à une cuve dont les parois comportent deux barrières d'étanchéité et deux barrières d'isolation thermique. La barrière 6 sera donc qualifiée de barrière d'étanchéité primaire. On ne décrira que le voisinage du pied de support 10, les parois de cuve pouvant 30 par ailleurs être réalisées conformément à l'enseignement de la demande FR-A-2781557.

La figure 4 est une demi-vue en coupe du pied de support 10 et d'une zone de la paroi de cuve sensiblement carrée autour de celui-ci à un stade intermédiaire de montage. La partie droite est représentée avant la mise en place des éléments de la barrière d'étanchéité

secondaire et de la barrière d'isolation primaire, la partie gauche après la mise en place de ces éléments.

Pour se raccorder à la barrière d'étanchéité secondaire, le pied de support 10 comporte un plateau secondaire 23 de forme carrée fixé autour de la partie tronconique 13 à une hauteur correspondant à la surface supérieure de la barrière d'isolation thermique secondaire 22 et de la barrière étanche secondaire qui est très mince. Pour se raccorder à la barrière d'étanchéité primaire, le pied de support 10 comporte un plateau primaire 24 de forme ronde fixé autour de la partie tronconique 13 à une hauteur correspondant à la surface supérieure de la barrière d'isolation thermique primaire 26. Les plateaux 23 et 24 peuvent être réalisés d'un seul tenant avec le pied de support 10.

Au-dessous du plateau secondaire 23, la barrière d'isolation secondaire 22 comporte un bourrage de laine de verre 27 qui présente également un contour extérieur carré. Au-dessous du plateau primaire 24, la barrière d'isolation primaire 26 comporte un bourrage de laine de verre 28 qui présente également un contour extérieur circulaire.

Autour du bourrage 27 et du plateau 23, on réalise la barrière d'isolation secondaire, la barrière d'étanchéité secondaire et la barrière d'isolation primaire au moyen de quatre panneaux d'angle, dont l'un est visible sur la partie droite de la figure 4 au chiffre 30. Un panneau 30 présente globalement une forme de gradins en forme de L avec un bloc isolant inférieur 31 en forme de L constituant un élément de la barrière d'isolation secondaire 22, un revêtement étanche souple 32 recouvrant complètement la surface supérieure en forme de L du bloc 31, et un bloc isolant supérieur 33 en forme de L de plus petite dimension constituant un élément de la barrière d'isolation primaire 26. Le bloc supérieur 33 est aligné aux côtés extérieurs du bloc inférieur 31, de manière à laisser découverte une zone du revêtement étanche 32 situé sur un rebord intérieur et sur des rebords d'extrémité du bloc inférieur 31. Le panneau 30 peut être préfabriqué par collage avec des matériaux similaires à ceux enseignés dans la demande FR-A-2781557, notamment mousse de polyuréthane et bois contreplaqué pour les barrières d'isolation et un matériau composite en feuille d'aluminium et fibre de verre pour la barrière d'étanchéité secondaire.

Les quatre panneaux d'angle 30 bordent par leurs côtés intérieurs le contour du bourrage 27 et du plateau 23. Les dimensions des blocs 31 sont conçues pour ménager des espaces entre eux sous la forme de quatre cheminées radiales 34 situées à chaque fois entre les faces d'extrémité de deux blocs inférieurs 31 voisins. Pour assurer une continuité de la barrière d'isolation primaire 22, chacune des cheminées 34 est bourrée d'une feuille de fibre de verre 35. La porosité de la fibre de verre des feuilles 35 et du bourrage 27 rend possible la

circulation de gaz à travers la barrière d'isolation primaire 22, notamment pour l'inertage de la paroi de cuve à l'azote.

La figure 6 représente la réalisation de la barrière d'étanchéité secondaire dans la zone du pied de support 10 en vue de dessus. Pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité secondaire autour du pied de support 10, quatre bandes 36 du matériau composite étanche en feuille d'aluminium et fibre de verre sont collées sur le plateau secondaire 27 et sur le revêtement étanche 32 des panneaux 30. Une bande 36 est positionnée à chaque fois de manière à chevaucher un côté du plateau secondaire 27 et les rebords intérieurs découverts de deux blocs inférieurs 31. Les bandes 36 se chevauchent au niveau de zones d'extrémité 37. Pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité secondaire au-dessus des cheminées 35, quatre bandes 38 du matériau composite étanche en feuille d'aluminium et fibre de verre sont collées sur le revêtement étanche 32 des panneaux 30, à chaque fois de manière à chevaucher les rebords d'extrémité de deux blocs inférieurs 31.

La figure 7 représente la même zone de la paroi de cuve après mise en place de la barrière d'isolation primaire. Celle-ci est complétée entre les blocs isolants supérieurs 33 et le pied de support 10 au moyen de quatre blocs d'angle 40 et de quatre blocs médians 41, dont le coté intérieur épouse à chaque fois le contour arrondi du plateau primaire 24 et du bourrage 28. Ces blocs 40 et 41 sont aussi représentés sur la partie gauche de la figure 4.

Comme visible sur le détail de la figure 5, la surface supérieure des blocs médians 41 présente à chaque fois une feuillure 44 délimitée par un décrochement 43. Les feuillures 44 sont précisément au niveau du plateau primaire 24 pour offrir une surface de support plane à des plaques de fermeture métalliques 45 destinées à réaliser la barrière d'étanchéité primaire autour du pied de support 10.

Comme visible sur la figure 7, deux plaques de fermeture 45 sont disposées autour du plateau primaire 24 et soudées de manière étanche à celui-ci sur toute sa périphérie. Pour cela, les plaques 45 sont découpées en demi-cercle au niveau de leur bord intérieur 46, tandis que leur bord extérieur 47 délimite un carré de dimension légèrement supérieure à la fenêtre 25 ménagée dans les plaques étanches ondulées 11. Les deux plaques de fermeture 45 se superposent au niveau de zones 48 où elles sont soudées ensemble. Les plaques de fermeture 45 sont fixées aux blocs 40 et 41 de la barrière d'isolation primaire au moyen de vis à bois ou rivets 49 disposés à proximité de leur bord extérieur 47 afin de plaquer fermement les plaques de fermeture 45 contre ces blocs, notamment parce qu'il faut éviter qu'elles ne se relèvent pendant qu'on les soude sur le plateau primaire 24.

De retour sur les figures 2 et 3, on voit que la barrière d'étanchéité primaire 6 dans la zone du pied de support 10 est complétée, d'une part en soudant les bords de plaques étanches 11 délimitant la fenêtre 25 sur les plaques de fermeture 45, et d'autre part en fermant de manière étanche les extrémités des ondulations interrompues 20 et 21 avec des
5 pièces de bout 50. La découpe des plaques étanches 11 est réalisée de manière à venir recouvrir la bordure des plaques de fermeture 45 comportant les vis 49.

Un exemple de réalisation d'une pièce de bout 50 est représenté sur la figure 8. La pièce de bout 50 comporte une semelle en deux parties 51 et 52 destinées à être soudées de manière étanche respectivement sur la plaque de fermeture 45 et sur la plaque étanche 11, et
10 une coque 54 destinée à être soudée de manière étanche à l'extrémité de l'ondulation 20 ou 21. Un décrochement 53 entre les parties 51 et 52 de la semelle présente une amplitude sensiblement égale à l'épaisseur de la plaque étanche 11.

Le découpage des blocs isolants et autres éléments préfabriqués représentés sur les figures 2, 4, 6 et 7 pour constituer la barrière d'isolation secondaire, la barrière d'étanchéité
15 secondaire et la barrière d'isolation primaire est purement illustratif. Des éléments similaires peuvent être découpés et préfabriqués selon d'autres formes de manière que le montage de la paroi de cuve implique un nombre plus élevé ou plus faible de pièces élémentaires. Selon d'autres modes de réalisation correspondants, les quatre panneaux d'angle 30 en forme de L sont remplacés par deux panneaux en forme de U ou un seul panneau ayant la forme d'un
20 cadre carré.

Comme mieux visible sur la figure 3, le pied de support considéré ci-dessus nécessite une fenêtre de taille approximativement égale à deux fois l'espacement 55 entre deux ondulations 15 ou 16, lesquelles sont ici équidistantes. Pour cela, deux ondulations de chaque série ont été interrompues. Toutefois, cet agencement du pied de support et de la
25 paroi de cuve à son voisinage peut être adapté à d'autres dimensions du pied de support. Par exemple, pour un pied de support plus large, la fenêtre correspondante peut interrompre un plus grand nombre d'ondulations dans une ou chaque série, par exemple trois ou quatre ondulations ou plus. En outre, il est aussi possible de déplacer localement le cheminement de certaines ondulations pour limiter le nombre d'ondulations devant être interrompues, et
30 ainsi préserver un niveau d'élasticité plus élevé de la membrane d'étanchéité. Cette possibilité est illustrée par le mode de réalisation de la figure 9.

Sur la figure 9, les éléments identiques ou similaires à ceux de la figure 3 portent le même chiffre de référence augmenté de 100. La dimension transversale du pied de support 110 étant plus grande, par exemple supérieure ou égale à environ trois fois l'espacement 155

entre les ondulations 115 ou 116, la fenêtre 125 ménagée dans la membrane métallique ondulée pour le passage du pied 110 interrompt dans ce cas les lignes directrices de quatre ondulations respectives dans chaque série. Toutefois au lieu d'interrompre quatre ondulations dans chaque série, ce mode de réalisation prévoit d'interrompre deux
5 ondulations 120, respectivement 121, de chaque série comme dans le mode de réalisation précédent, tandis que les deux autres ondulations 158, respectivement 159 de chaque série sont localement décalées à distance du pied de support 110 par rapport à leur ligne directrice originale, mais ne sont finalement pas interrompues.

Pour cela, la barrière d'étanchéité 106 est modifiée au niveau de deux fenêtres
10 carrées concentriques 125 et 160. A l'extérieur de la fenêtre 160, la barrière d'étanchéité 106 est constituée de plaques étanches 111 portant des ondulations longitudinales 115 et transversales 116 distribuées de manière équidistantes. Entre la fenêtre 160 et la fenêtre 125, la barrière d'étanchéité 106 est continuée avec d'autres plaques étanches ondulées, c'est-à-dire deux plaques 161 globalement en forme de C dans le cas présent, qui portent des
15 ondulations distribuées différemment, c'est-à-dire moins espacées dans le cas présent. Les ondulations des plaques 161 constituent notamment un segment central 162, respectivement 163, décalé à distance du pied de support 110, pour chacune des ondulations 158, respectivement 159. Enfin, la structure de la barrière d'étanchéité 106 au niveau de la fenêtre 125 et à l'intérieur de celle-ci est similaire au mode de réalisation de la figure 3.

20 Pour réaliser la jonction au niveau de la fenêtre 160 entre le segment central 162 ou 163 de l'ondulation 158 ou 159 et les portions des ondulations situées à l'extérieur de la fenêtre 160, des pièces de dévoiement 170 sont employées.

Un exemple de réalisation d'une pièce de dévoiement 170 est représenté sur la figure 10. La pièce de dévoiement 170 comporte une semelle en deux parties 171 et 172
25 destinées à être soudées de manière étanche respectivement sur une plaque 111 ou 161 de la barrière d'étanchéité 106 et sur une pièce de dévoiement 170 adjacente, et une ondulation coudée 174 dont la ligne directrice forme un angle choisi, par exemple 135°. L'ondulation coudée 174 est destinée à être reliée de manière étanche à l'extrémité adjacente de l'ondulation 158 ou 159 et à l'ondulation coudée de la pièce de dévoiement adjacente. Un
30 décrochement 173 entre les parties 171 et 172 de la semelle présente une amplitude sensiblement égale à l'épaisseur de la tôle servant à faire les plaques étanche 111 ou 161 ou les pièces de dévoiement 170. De préférence, une tôle de même épaisseur est employée pour ces différentes pièces.

Dans un autre mode de réalisation non représenté, convenant par exemple pour un pied de support de plus petit diamètre, toutes les ondulations dont la fenêtre interrompt la ligne directrice, par exemple deux ondulations de chaque série comme sur la figure 3, sont prolongées à travers la fenêtre selon un cheminement décalé, similairement aux ondulations 5 158 et 159 de la figure 9. Dans ce mode de réalisation, la flexibilité de la membrane peut être améliorée puisque aucune ondulation n'est finalement interrompue par une pièce de bout au niveau du pied de support.

Dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, la barrière d'étanchéité primaire est réalisée en tôle métallique comportant deux séries d'ondulations mutuellement 10 perpendiculaires. Toutefois, on peut employer de manière similaire d'autres types de membranes métalliques ondulées avec moins ou plus d'ondulations et/ou un agencement différent des ondulations.

Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les 15 équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication. L'usage de l'article indéfini « un » ou « une » pour un élément ou 20 une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes. Plusieurs moyens ou modules peuvent être représentés par un même élément matériel.

Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

REVENDICATIONS

1. Cuve étanche et isolante disposée dans une structure porteuse, la cuve comportant une paroi de cuve (3) disposée le long de la structure porteuse (4), la paroi de cuve comportant :
- 5 une barrière d'étanchéité (6, 106),
une barrière d'isolation thermique (7, 22, 26) disposée entre la barrière d'étanchéité et la structure porteuse et présentant une surface de support pour la barrière d'étanchéité, et
un pied de support (10, 110) pour un équipement immergé dans la cuve étanche,
la barrière d'étanchéité comportant une couche de tôle métallique ondulée (11, 111)
10 présentant au moins une série d'ondulations parallèles (15 ; 115), la couche de tôle métallique ondulée étant interrompue au niveau d'une fenêtre (25, 125) entourant le pied de support,
le pied de support s'étendant longitudinalement à travers la fenêtre de la couche de tôle métallique ondulée et présentant une première portion d'extrémité en appui contre la
15 structure porteuse et une deuxième portion d'extrémité faisant saillie dans la cuve pour supporter l'équipement à distance de la couche de tôle métallique,
la barrière d'étanchéité comportant des pièces de liaison (24, 45, 50) disposées dans la fenêtre autour du pied de support pour relier de manière étanche le pied de support à une portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée délimitant la fenêtre,
20 dans laquelle la fenêtre (25, 125) interrompt les lignes directrices d'une pluralité (20, 120, 158) des ondulations parallèles de ladite au moins une série et le pied de support est centré à une position située entre les lignes directrices (A) de deux ondulations parallèles (20, 120) de ladite pluralité.
2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle le pied de support présente
25 au moins un côté latéral convexe (13),
les lignes directrices des deux ondulations (20, 120) entre lesquelles le pied de support est centré coupant le côté latéral convexe du pied de support.
3. Cuve selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la fenêtre interrompt les lignes directrices (A) d'un nombre pair d'ondulations parallèles de ladite au moins une série.
- 30 4. Cuve selon la revendication 3, dans laquelle la fenêtre interrompt les lignes directrices de deux ondulations parallèles de ladite au moins une série.
5. Cuve selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle le pied de support est centré sensiblement au milieu des lignes directrices des deux ondulations.

6. Cuve selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle le pied de support présente une section circulaire.
7. Cuve selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle ladite au moins une série d'ondulations parallèles (15, 115) est distribuée de manière équidistante.
- 5 8. Cuve selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle les ondulations (15, 115) sont saillantes du côté d'une face interne de la barrière d'étanchéité destinée à être en contact avec un fluide.
9. Cuve selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle les pièces de liaison comportent une pluralité de pièces de bout (50, 150) disposées à distance du pied de support de manière à fermer des extrémités interrompues des deux ondulations (20, 120) entre lesquelles le pied de support est centré.
- 10 10. Cuve selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle le pied de support comporte une enveloppe creuse (13, 14) de forme globalement tubulaire dont l'axe longitudinal est sensiblement perpendiculaire à la paroi de cuve et une paroi de fermeture transversale (19) fermant l'enveloppe de manière étanche pour réaliser la continuité de la barrière d'étanchéité au niveau du pied de support.
- 15 11. Cuve selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle les pièces de liaison comportent un plateau annulaire (24) lié à une paroi périphérique du pied de support au niveau de la couche de tôle métallique ondulée (11, 111).
- 20 12. Cuve selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle les pièces de liaison comportent une plaque intermédiaire (45, 145) présentant un premier bord soudé au plateau annulaire et un deuxième bord soudé à la portion marginale de la couche de tôle métallique ondulée (11, 161) délimitant la fenêtre.
13. Cuve selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la barrière d'isolation thermique comporte une barrière d'isolation thermique primaire (26) disposée du côté de la barrière d'étanchéité, dite barrière d'étanchéité primaire (6), et une barrière d'isolation thermique secondaire (22) disposée du côté de la structure porteuse, la paroi de cuve comportant une barrière d'étanchéité secondaire (23, 32, 36, 38) disposée entre les barrières d'isolation thermique primaire et secondaire, la barrière d'étanchéité secondaire étant reliée de manière étanche à une paroi périphérique (13) du pied de support.
- 25 30 14. Cuve selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle les pièces de liaison comportent :
une plaque de liaison (161) présentant une ondulation (162) parallèle à ladite au moins une série d'ondulations parallèles (115) et disposée sur une ligne décalée latéralement à distance

du pied de support par rapport à l'une des lignes directrices interrompues par la fenêtre et des pièces de dévoiement (170) disposées de manière à relier à chaque fois une extrémité de l'ondulation de la plaque de liaison à une portion d'extrémité de l'ondulation (158) dont la ligne directrice est interrompue par la fenêtre, de sorte que l'ondulation (162) de la plaque de
5 liaison et les deux pièces de dévoiement prolongent l'ondulation (158) dont la ligne directrice est interrompue de manière étanche à travers la fenêtre en suivant la ligne décalée latéralement à distance du pied de support (110).

15. Cuve selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle la couche de tôle métallique ondulée présente une première série d'ondulations parallèles (15, 115) et une
10 deuxième série d'ondulations parallèles (16, 116) qui est sécante à la première série d'ondulations parallèles au niveau de croisements, la fenêtre interrompant les lignes directrices d'une première pluralité des ondulations parallèles de la première série et/ou les lignes directrices d'une deuxième pluralité des ondulations parallèles de la deuxième série, le pied de support étant centré à une position située entre les lignes directrices (A) de deux
15 ondulations parallèles de la première pluralité et/ou entre les lignes directrices (B) de deux ondulations parallèles de la deuxième pluralité.

16. Cuve selon la revendication 15, dans laquelle la première série d'ondulations parallèles est perpendiculaire à la deuxième série d'ondulations parallèles.

17. Cuve selon la revendication 15 ou 16, dans laquelle la fenêtre (25, 125)
20 est un quadrilatère comportant deux côtés parallèles à la première série d'ondulations et deux côtés parallèles à la deuxième série d'ondulations.

18. Cuve selon l'une des revendications 1 à 17, dans laquelle le pied de support (10, 110) est disposé à la base d'un mât de déchargement de la cuve.