

**Procédé de fabrication d'une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante  
comportant des bouchons isolants inter-panneaux**

**\*Domaine technique**

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes,  
5 à membranes. En particulier, l'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et  
thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport de liquide à basse température,  
telles que des cuves pour le transport de Gaz de Pétrole Liquéfié (aussi appelé GPL)  
présentant par exemple une température comprise entre -50°C et 0°C, ou pour le transport de  
10 Gaz Naturel Liquéfié (GNL) à environ -162°C à pression atmosphérique. Ces cuves peuvent  
être installées à terre ou sur un ouvrage flottant. Dans le cas d'un ouvrage flottant, la cuve  
peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de  
carburant pour la propulsion de l'ouvrage flottant.

**Arrière-plan technologique**

On a décrit, par exemple dans le document FR2724623 ou le document FR 2599468,  
15 une structure de paroi pour réaliser la paroi plane d'une cuve étanche et thermiquement  
isolante. Une telle paroi de cuve comporte une structure multicouche comportant, de  
l'extérieure de la cuve vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante  
secondaire, une membrane étanche secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire  
et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être au contact du liquide contenu dans la  
20 cuve. De telles cuves comportent des panneaux isolants juxtaposés de manière à former les  
barrières thermiquement isolantes. En outre, afin d'assurer une continuité des caractéristiques  
isolantes desdites barrières thermiquement isolantes, des joints isolants sont insérés entre  
deux panneaux isolants.

Le document JP04194498 décrit une cuve étanche et thermiquement isolante pour le  
25 stockage et le transport de liquide cryogénique comportant une barrière thermiquement  
isolante constituée de panneaux isolants juxtaposés selon un motif régulier. Un joint isolant  
plat est agencé entre deux panneaux isolants adjacents afin d'empêcher les phénomènes de  
convection gazeuse entre les deux panneaux isolants adjacents. Un tel joint isolant plat est  
constitué d'un noyau isolant entouré d'un sac étanche en film plastique. Un tel joint isolant plat  
30 est inséré dans l'espace inter-panneaux dans un état comprimé sous vide et le sac étanche  
est percé après insertion afin de laisser le joint isolant plat s'expanser et occuper tout l'espace  
entre les deux panneaux formant l'espace inter-panneaux.

**Résumé**

La demanderesse a constaté que des joints isolants tels que selon les documents FR2724623 ou FR2599468 sont difficiles à loger dans ledit espace inter-panneaux. En outre, ces joints isolants ne permettent pas de garantir que de tels joints isolants combleront de façon optimale l'ensemble de l'espace inter-panneaux. Ainsi, de tels joints isolants ne permettent pas de garantir de façon fiable la continuité de l'isolation dans les barrières thermiquement isolantes de sorte que des espaces propices aux phénomènes de convection peuvent être présents dans les barrières thermiquement isolantes.

La demanderesse a également constaté qu'un joint isolant plat tel que selon le document JP04194498 permet une bonne insertion du joint isolant plat dans l'espace inter-panneaux et une bonne occupation dudit espace inter-panneaux. Cependant, un tel joint isolant plat peut générer à l'usage la présence de conduit favorisant la convection naturelle. En effet, lorsque la cuve est mise à froid, le comportement en contraction thermique du joint isolant plat est déterminé par le sac en film plastique. Or un tel sac en film plastique présente un coefficient de contraction thermique supérieur au coefficient de contraction thermique des panneaux isolants. Ainsi, la demanderesse a constaté que ces joints isolants plats se contractent plus que l'espace inter-panneaux dans lequel ils sont logés et qu'il résulte de cette contraction un vide séparant le joint isolant plat et les faces des panneaux délimitant l'espace inter-panneaux. Un tel vide favorise les phénomènes de convection et est préjudiciable aux caractéristiques d'isolation de la barrière thermiquement isolante.

Une idée à la base de l'invention est de fournir une paroi de cuve pour la fabrication d'une cuve étanche et thermiquement isolante ne présentant pas ces inconvénients. Une idée à la base de l'invention est de fournir une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante dans laquelle un bouchon isolant comble l'espace inter-panneaux entre deux panneaux adjacents d'une barrière thermiquement isolante de façon fiable et sans générer de vide dans ledit espace inter-panneaux au cours de l'utilisation de la cuve.

Pour cela, l'invention fournit une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante comportant une barrière thermiquement isolante définissant une surface de support plane et une membrane d'étanchéité reposant sur ladite surface de support plane de la barrière thermiquement isolante,

la barrière thermiquement isolante comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés selon un motif régulier, des faces latérales en vis-à-vis de deux panneaux isolants adjacents délimitant conjointement un espace inter-panneaux séparant lesdits deux panneaux isolants adjacents,

la paroi de cuve comportant en outre un bouchon isolant agencé dans l'espace inter-panneaux de manière à combler ledit espace inter-panneaux, ledit bouchon isolant comportant un noyau isolant recouvert au moins partiellement par une enveloppe,

au moins une portion centrale dudit noyau isolant comportant de la laine de verre stratifiée, ladite laine de verre stratifiée comportant des nappes de fibres superposées selon une direction de stratification, le bouchon isolant étant agencé dans l'espace inter-panneaux de manière à ce que la direction de stratification de ladite portion centrale soit parallèle à une direction de largeur de l'espace inter-panneaux, c'est-à-dire la direction d'espacement entre les deux faces latérales en vis-à-vis..

10 Une telle paroi de cuve présente de bonnes caractéristiques d'isolation de la barrière thermiquement isolante. En particulier, une telle paroi de cuve présente une barrière thermiquement isolante assurant une isolation continue quel que soit l'état de remplissage de la cuve.

15 Plus particulièrement l'enveloppe entourant le noyau isolant du bouchon isolant présente un faible coefficient de frottement permettant l'insertion dudit bouchon isolant dans l'ensemble de l'espace inter-panneaux de façon simple et fiable. Cette insertion est facilitée par l'orientation de la laine de verre stratifiée de la portion centrale du noyau isolant, qui permet une bonne compression du noyau isolant dans la direction de largeur de l'espace inter-panneaux, pour son insertion. En effet, un tel agencement de la laine de verre permet une  
20 bonne compression de façon simple du noyau isolant dans la direction de largeur de l'espace inter-panneaux pour son insertion dans l'espace inter-panneaux. Cet agencement de la laine de verre stratifiée permet également au noyau isolant de s'expanser rapidement et facilement après insertion du bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux permettant ainsi de combler au mieux l'espace inter-panneaux.

25 En outre, cette enveloppe présente de préférence un comportement en contraction proche du comportement du noyau isolant de sorte que le bouchon isolant ne se déforme pas de façon irrégulière, par exemple en ondulant, et épouse les dimensions de l'espace inter-panneaux quel que soit le niveau de remplissage de la cuve.

30 Selon des modes de réalisation, une telle paroi peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, la direction de stratification de la laine de verre stratifiée constituant la portion centrale du noyau isolant est perpendiculaire à au moins l'une des faces latérales en vis-à-vis des deux panneaux isolants adjacents délimitant l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation, les faces latérales en vis à vis des deux panneaux isolants adjacents délimitant l'espace inter-panneaux sont parallèles.

Selon un mode de réalisation, les nappes de fibres de la laine de verre stratifiée constituant la portion centrale du noyau isolant sont parallèles aux faces des panneaux isolants adjacents délimitant l'espace inter-panneaux.

La direction appelée longueur du noyau isolant ou longueur du bouchon isolant s'étend selon une direction de longueur de l'espace inter-panneaux. Selon un mode de réalisation, le noyau isolant comporte également, à au moins une des extrémités longitudinales de la portion centrale, au moins une portion d'extrémité comprenant de laine de verre stratifiée, ladite portion d'extrémité comportant des nappes de fibres superposées selon une direction de stratification parallèle à la direction de longueur du bouchon isolant.

Selon un mode de réalisation, le bouchon isolant comporte également, à au moins une des extrémités longitudinales, au moins une pièce d'extrémité comprenant de la laine de verre stratifiée comportant des nappes de fibres superposées selon une direction de stratification parallèle à la direction de longueur du bouchon isolant, ladite pièce d'extrémité étant séparée du noyau isolant par l'enveloppe.

Selon un mode de réalisation, le noyau isolant comporte au moins un séparateur se développant dans un plan perpendiculaire à une direction d'épaisseur de la paroi de cuve, ledit séparateur séparant la laine de verre stratifiée en une pluralité de sections de laine de verre stratifiée alignées selon ladite direction d'épaisseur de la cuve.

Selon un mode de réalisation, le noyau isolant comporte une pluralité de séparateurs séparant la laine de verre stratifiée en une pluralité de sections de laine de verre stratifiée alignées selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve

Selon un mode de réalisation, lesdits séparateurs sont espacés de 5 à 20 cm selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, un ou de tels séparateurs sont en papier kraft.

Selon un mode de réalisation, le ou les séparateurs sont collés aux sections de laine de verre que ledit ou lesdits séparateurs séparent.

Selon un mode de réalisation, le ou les séparateurs se développent selon la direction de largeur de l'espace inter-panneaux sur une distance inférieure à l'épaisseur du bouchon isolant prise selon ladite direction de largeur de l'espace inter-panneaux.

Grace à ces caractéristiques, le bouchon isolant présente une rigidité dans le sens de l'épaisseur permettant sa compression de façon uniforme pour son insertion dans l'espace inter-panneaux. En outre, de tels séparateurs permettent une perte de charge dans la direction d'épaisseur de la paroi de cuve limitant la convection au travers de la laine de verre stratifiée dans la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, le noyau isolant comporte une laine de verre stratifiée présentant une densité comprise entre 20 et 45kg/m<sup>3</sup>.

Selon un mode de réalisation, la portion centrale du noyau isolant comporte une première couche isolante en laine de verre stratifiée et une deuxième couche isolante en laine de verre stratifiée, la première couche isolante et la deuxième couche isolante étant superposées selon la direction de largeur de l'espace inter-panneaux, la laine de verre stratifiée des première et deuxième couches isolantes présentant une direction de stratification parallèle à la direction de largeur de l'espace inter-panneaux, la première couche isolante et la deuxième couche isolante étant séparées par une nappe séparatrice se développant parallèlement aux faces des deux panneaux isolants.

Selon un mode de réalisation la laine de verre stratifiée de la première couche isolante présente une direction de stratification parallèle à la direction de largeur de l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation la laine de verre stratifiée de la deuxième couche isolante présente une direction de stratification parallèle à la direction de largeur de l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation, la laine de verre stratifiée de la première couche isolante présente une densité supérieure à la densité de la laine de verre stratifiée de la deuxième couche isolante.

Selon un mode de réalisation, la première couche isolante comporte une laine de verre stratifiée de densité comprise entre 33 et 45 kg/m<sup>3</sup>.

Selon un mode de réalisation, la deuxième couche isolante comporte une laine de verre stratifiée présentant une densité comprise entre 20 et 28kg/m<sup>3</sup>.

Selon un mode de réalisation, la première couche isolante comporte au moins un séparateur, de préférence en papier kraft, séparant la laine de verre stratifiée de ladite première couche en une pluralité de sections de laine de verre stratifiée alignées selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve.

Selon un mode de réalisation, la nappe séparatrice est en tissu de verre ou en papier kraft.

Selon un mode de réalisation, la nappe séparatrice est plus petite que les couches isolantes dans les directions de longueur et de largeur du noyau isolant. Cette caractéristique permet d'éviter que la nappe séparatrice nuise à la compressibilité du noyau isolant lors de la mise en place.

5 Grâce à ces caractéristiques, une couche isolante, par exemple la première couche isolante, peut être dédiée à assurer une bonne rigidité au bouchon isolant et une couche isolante, par exemple la deuxième couche isolante, peut être dédiée à permettre une déformation maîtrisée du bouchon isolant selon sa direction d'épaisseur afin de faciliter son insertion dans l'espace inter-panneaux.

10 Selon un mode de réalisation, l'enveloppe entoure entièrement le noyau isolant.

Selon un autre mode de réalisation, l'enveloppe entoure partiellement le noyau isolant

Selon un mode de réalisation, l'enveloppe comporte une pluralité de portions d'enveloppe collées entre elles et/ou collées au noyau isolant.

15 Selon un mode de réalisation, les différentes portions d'enveloppe adjacentes présentent une ou plusieurs zones de recouvrement recouvrant ou étant recouvertes par une zone de recouvrement d'une portion d'enveloppe adjacente.

Selon un mode de réalisation, les différentes portions d'enveloppe adjacentes sont assemblées par collage au niveau de leurs zones de recouvrement.

20 Selon un mode de réalisation, au moins une portion de l'enveloppe comporte un matériau choisi parmi le papier kraft, les feuilles de polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales et une matrice polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales collées à une feuille de papier ou de polymère, et leurs combinaisons.

25 Selon un autre mode de réalisation, au moins une portion de l'enveloppe comporte un matériau choisi parmi les feuilles de polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales et une matrice polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales collées à une feuille de papier ou de polymère, et leurs combinaisons.. Dans ce cas, l'enveloppe peut être fabriquée sous la forme d'un assemblage de plusieurs portions obtenues par découpe d'un ou plusieurs matériaux en feuille de la liste ci-dessus. Chaque portion est conçue pour recouvrir une partie respective du noyau isolant et être assemblée aux autres  
30 portions, par exemple par collage, pour former l'enveloppe. Selon un mode de réalisation, au moins 40% de la superficie de l'enveloppe comporte des matériaux en feuille choisis parmi les feuilles de polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales et une matrice polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales collées à une feuille de papier ou de polymère, et leurs combinaisons

Selon un mode de réalisation, l'enveloppe n'est pas réalisée entièrement en papier kraft assemblé par collage. Selon un autre mode de réalisation, aucune portion de l'enveloppe n'est en papier kraft.

- 5 Selon un mode de réalisation, l'enveloppe comporte des portions d'enveloppe planes s'étendant perpendiculairement à la direction de largeur de l'espace inter-panneaux de part et d'autre du noyau isolant.

- 10 Selon un mode de réalisation, tout ou partie de l'enveloppe, notamment au moins l'une des portions d'enveloppe planes comporte une feuille de matière composite comportant des fibres minérales et une matrice polymère. Cette caractéristique permet une bonne stabilité dimensionnelle de l'enveloppe envers l'humidité.

Selon un mode de réalisation, les fibres minérales sont sous la forme d'un tissu ou d'un mat.

Selon un mode de réalisation, le tissu ou mat de fibres minérales est imprégné ou enduit de la matrice polymère.

- 15 Selon un mode de réalisation, la matrice polymère imprégnant ou enduisant le tissu ou mat de fibres minérales est sélectionnée dans le groupe constitué des colles solvatées, des polyuréthanes, des silicones, des caoutchoucs, des époxydes et du polyester D'autres résines peuvent être utilisées, par exemple la polyamide, la poly-imide, la polyétherimide, ou d'autres thermoplastiques.

- 20 Selon un mode de réalisation, la matrice polymère comporte une feuille de polymère recouvrant les fibres minérales sur au moins l'une des deux faces du tissu ou mat de fibres minérales.

- 25 Selon un mode de réalisation, la feuille composite est recouverte, par exemple sur un côté extérieur ou intérieur de l'enveloppe, totalement ou partiellement, d'une feuille de polymère ou, si la feuille composite comporte déjà une feuille de polymère, d'une autre feuille de polymère. Par exemple, la feuille de polymère, ou l'autre feuille de polymère, est collée à la feuille composite. Ce mode de réalisation permet de pallier un éventuel manque d'étanchéité de la feuille composite, assurant ainsi l'étanchéité de l'enveloppe nécessaire à la mise en dépression du bouchon isolant pour son insertion dans l'espace inter-panneaux.

- 30 Selon un mode de réalisation, la feuille composite est recouverte, par exemple sur un côté extérieur ou intérieur de l'enveloppe, totalement ou partiellement, d'une feuille de papier ou, si la feuille composite comporte déjà une feuille de papier, d'une autre feuille de papier. Par exemple, la feuille de papier est collée à la feuille composite. Le papier est par exemple du papier kraft. Si la feuille de matière composite n'est pas suffisamment étanche, la feuille de

papier permet d'augmenter l'étanchéité de l'enveloppe jusqu'au niveau nécessaire à la mise en dépression du bouchon isolant pour son insertion dans l'espace inter-panneaux. En outre, le papier permet au joint isolant de glisser plus facilement dans l'espace inter-panneaux lors de son installation.

- 5            Selon un mode de réalisation, la feuille de polymère recouvrant les fibres minérales est collée audit tissu ou mat de fibres minérales par un procédé de thermocollage ou collage ponctuel.

- 10           Selon un mode de réalisation, la feuille de polymère recouvrant le tissu ou mat de fibres minérales ou la feuille composite est en une résine sélectionnée dans le groupe constitué du polyéthylène, polypropylène, polytéréphtalate d'éthylène et du polychlorure de vinyle.

Selon un mode de réalisation, les fibres minérales sont sélectionnées dans le groupe constitué des fibres de verre et des fibres de basalte.

- 15           Selon un mode de réalisation, la feuille de polymère présente une masse surfacique comprise entre 10 et 100 g/m<sup>2</sup>, de préférence entre 20 et 40 g/m<sup>2</sup>.

Selon un mode de réalisation, la matrice polymère présente une densité comprise entre 0.8 et 1.4.

Selon un mode de réalisation, au moins une des portions d'enveloppe planes comporte du papier kraft.

- 20           Selon un mode de réalisation, l'enveloppe comporte une portion d'enveloppe d'arête s'étendant dans la direction de largeur de l'espace inter-panneaux entre les portions d'enveloppe planes situées de part et d'autre du noyau isolant, ladite portion d'enveloppe d'arête étant disposée sur tout ou partie du pourtour du noyau isolant.

- 25           Selon un mode de réalisation, la portion d'arête comporte des portions d'arête rectilignes et des portions d'arête de coin.

Selon un mode de réalisation, la portion d'arête comporte du papier kraft.

Selon un mode de réalisation, le papier kraft utilisé dans la portion d'enveloppe d'arête est adhésif.

- 30           Selon un mode de réalisation, le papier kraft utilisé pour au moins l'une des portions d'enveloppe planes et/ou au moins l'une des portions d'enveloppe d'arête, présente un grammage compris entre 60 et 150g/m<sup>2</sup> et de préférence entre 70 et 100g/m<sup>2</sup>.

Selon un mode de réalisation, la portion d'arête comporte une feuille de polymère.

Selon un mode de réalisation, la feuille de polymère est adhésive.

Selon un mode de réalisation, l'enveloppe présente une étanchéité présentant un débit de fuite configuré pour permettre la compression par dépression du bouchon isolant sous l'effet d'un système d'aspiration, par exemple de type pompe à vide ou générateur de vide à système Venturi.

- 5            Selon un mode de réalisation, la différence de coefficient de contraction thermique entre le coefficient de contraction thermique du noyau isolant et le coefficient de contraction thermique de l'enveloppe est inférieure ou égale à  $15.10^{-6}/K$ .

Selon un mode de réalisation, le coefficient de contraction thermique du noyau isolant est compris entre  $5.10^{-6}/K$  et  $10.10^{-6}/K$ .

- 10           Selon un mode de réalisation, le coefficient de contraction thermique de l'enveloppe est compris entre  $5.10^{-6}/K$  et  $20.10^{-6}/K$ .

- Grâce à ces caractéristiques, la compression de l'enveloppe lorsqu'elle se contracte sous l'effet du froid ne comprime pas le noyau isolant de façon importante. En particulier cette compression ne risque pas de déformer le noyau isolant au point que ledit noyau isolant  
15           prenne une forme ondulée, une telle forme ondulée pouvant générer des vides favorisant la convection.

Selon un mode de réalisation, les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante comportent des blocs de mousse de polyuréthane.

- Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également un procédé de fabrication  
20           d'une paroi de cuve étanche et thermiquement isolante, ledit procédé comportant les étapes de :

- Fournir une barrière thermiquement isolante de paroi de cuve étanche et thermiquement isolante, ladite barrière thermiquement isolante comportant une pluralité de panneaux isolants juxtaposés selon un motif régulier, les  
25           faces latérales en vis-à-vis de deux panneaux isolants adjacents délimitant un espace inter-panneaux séparant lesdits deux panneaux isolants adjacents,
- Fournir un bouchon isolant parallélépipédique comportant un noyau isolant, ledit bouchon isolant comportant une enveloppe recouvrant entièrement le noyau isolant,
- 30           - Insérer un embout d'aspiration d'un système d'aspiration dans le bouchon isolant au travers d'un orifice de l'enveloppe,
- exercer une dépression dans le bouchon isolant de manière à réduire l'épaisseur dudit bouchon isolant par dépression,

- Insérer le bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux tout en maintenant l'aspiration du système d'aspiration pour maintenir la dépression durant l'étape d'insertion dudit bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux,
- Lorsque le bouchon isolant est inséré dans l'espace inter-panneaux, retirer l'embout d'aspiration du bouchon isolant de sorte que l'espace intérieur de l'enveloppe soit en communication avec la pression ambiante à travers l'orifice de l'enveloppe.

Grâce à ces caractéristiques, le bouchon isolant est simple et rapide à insérer dans l'espace inter-panneaux. En particulier, le maintien de la dépression dans le bouchon isolant lors de son insertion dans l'espace inter-panneaux permet de conserver le bouchon isolant sous une forme compressée, le bouchon isolant conservant alors une épaisseur réduite du fait de sa compression qui facilite son insertion dans l'espace inter-panneaux.

En outre, le simple retrait de l'embout d'aspiration du système d'aspiration permet la mise en communication de l'espace interne de l'enveloppe avec l'environnement extérieur, permettant ainsi l'expansion du noyau isolant sans nécessiter de manœuvre supplémentaire dès lors que le bouchon isolant est positionné dans l'espace inter-panneaux. Selon des modes de réalisation, un tel procédé de fabrication de paroi de cuve peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, la réduction d'épaisseur du bouchon isolant est telle que le bouchon isolant présente une épaisseur inférieure à la largeur de l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation, l'embout d'aspiration du système d'aspiration est configuré pour perforer l'enveloppe du bouchon isolant, l'étape d'insérer l'embout d'aspiration dans le bouchon isolant comportant une étape de perforation de l'enveloppe par ledit embout d'aspiration du système d'aspiration.

Ainsi, l'étape d'insertion de l'embout d'aspiration dans le bouchon isolant est simple puisqu'il nécessite simplement de percer l'enveloppe avec ledit embout d'aspiration.

Selon un mode de réalisation, l'embout d'aspiration comporte une collerette, l'étape d'insérer l'embout d'aspiration du système d'aspiration dans le bouchon isolant comportant l'étape d'amener la collerette en appui contre l'enveloppe.

Ainsi, la coopération entre l'embout d'aspiration et l'enveloppe a lieu sans fuite importante, permettant au système d'aspiration d'assurer une dépression dans l'enveloppe de façon simple et rapide.

Selon un mode de réalisation, le noyau isolant du bouchon isolant comporte au moins une portion centrale de laine de verre stratifiée, ladite portion centrale de laine de verre stratifiée comportant une pluralité de nappes de fibres superposées selon une direction de stratification, et dans lequel l'embout d'aspiration est inséré dans le bouchon isolant au niveau  
5 d'une face d'arête du bouchon isolant.

Selon un mode de réalisation, la face d'arête par laquelle est inséré l'embout d'aspiration est parallèle à la direction de stratification de la laine de verre stratifiée.

Selon un mode de réalisation, la laine de verre stratifiée de la portion centrale du noyau isolant est agencée dans le bouchon isolant parallélépipédique de sorte que les nappes  
10 de fibres soient parallèles aux grands cotés dudit bouchon isolant parallélépipédique.

Selon un mode de réalisation, l'insertion du bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux est faite de sorte que la direction de stratification de la laine de verre de la portion centrale soit parallèle à une surface de support formée par les panneaux isolants de la barrière thermiquement isolante.

15 Selon un mode de réalisation, l'insertion du bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux est faite de sorte que la direction de stratification de la laine de verre stratifiée de la portion centrale soit perpendiculaire aux faces latérales des panneaux isolant délimitant l'espace inter-panneaux. Autrement dit, le bouchon isolant est inséré dans l'espace inter-panneaux de sorte que les nappes de fibres de la laine de verre stratifiée de la portion centrale  
20 soient parallèles auxdites faces latérales des panneaux isolants.

Grâce à ces caractéristiques, les nappes de fibres de la laine de verre stratifiée de la portion centrale avec la direction de stratification précitée ne génèrent pas de perte de charge importante lors de l'étape de dépression par aspiration via le système d'aspiration, permettant ainsi une compression rapide et uniforme du bouchon isolant. En outre, cette insertion de  
25 l'extrémité de l'embout du système d'aspiration au niveau d'une face latérale de l'enveloppe permet une compression du bouchon isolant sans nécessiter un débit de pompage trop important du système d'aspiration, limitant ainsi les risques de dégradation de l'enveloppe liés à une aspiration trop important et préjudiciable à la compression du bouchon isolant.

Selon un mode de réalisation, le noyau isolant comporte des séparateurs agencés  
30 parallèlement à la direction de stratification de la portion centrale, le bouchon isolant étant inséré dans l'espace inter-panneaux de manière à agencer lesdits séparateurs parallèlement à la surface de support formée par la barrière thermiquement isolante.

Un tel procédé convient aussi pour un bouchon isolant dont le noyau correspond aux modes de réalisation précédemment décrits, à savoir notamment un noyau comportant une

ou plusieurs portions d'extrémité, ou un bouchon comportant une ou plusieurs pièces d'extrémité.

Un tel procédé convient pour un bouchon isolant dont l'enveloppe correspond aux modes de réalisation précédemment décrits, à savoir notamment une enveloppe dont au moins l'une des portions comporte du papier kraft, éventuellement adhésif, et/ou une matière polymère, éventuellement adhésive, et/ou une matière composite comportant des fibres minérales et une matrice polymère et/ou une matière composite comportant des fibres minérales et une feuille de papier ou de polymère. En effet, un tel bouchon isolant présente une étanchéité suffisante pour permettre sa compression par dépression tout en offrant une surface externe permettant aisément son insertion dans l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation, le bouchon isolant est inséré dans l'espace inter-panneaux avec une face traversée par l'embout d'aspiration du système d'aspiration tournée vers l'intérieur de la cuve.

Ainsi, l'étape d'insertion du bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux n'est pas perturbée par la présence de l'embout traversant une face du bouchon isolant.

Selon un mode de réalisation, l'enveloppe présente un débit de fuite inférieur au débit de pompage du système d'aspiration. En d'autres termes les pertes de charge de l'enveloppe dues à la porosité des matériaux, l'imperfection éventuelle du collage réalisant la jonction des différentes portions de l'enveloppe, et la fuite pouvant provenir de l'orifice effectué dans l'enveloppe pour y insérer l'embout d'aspiration, sont inférieures aux pertes de charges créées par la pompe à vide et son embout d'aspiration, ce qui permet de générer une dépression dans le bouchon isolant.

Ainsi, la dépression permet rapidement et simplement d'obtenir une compression du bouchon isolant pour son insertion dans l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation, le système d'aspiration présente un débit de pompage entre 8m<sup>3</sup>/h et 30 m<sup>3</sup>/h, de préférence 15m<sup>3</sup>/h.

Selon un mode de réalisation, dans lequel dans l'étape d'insertion, le bouchon isolant est guidé dans l'espace inter-panneaux au moyen d'un guide rigide sous forme de plaques.

Un tel guide rigide permet une insertion facilitée du bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre l'étape de découper au moins l'une des faces latérales de l'enveloppe après insertion du bouchon isolant dans l'espace inter-panneaux. Une telle découpe est par exemple réalisée sous la forme d'un coup

de couteau et permet une meilleure circulation de gaz entre des bouchons isolants adjacents dans la barrière thermiquement isolante.

Selon un mode de réalisation, le système d'aspiration est une pompe à vide. Selon un mode de réalisation, le système d'aspiration est un générateur de vide à système Venturi.

5 Une telle paroi de cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier ou tout navire utilisant un gaz liquéfié combustible comme carburant, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO) et autres.

10 Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve comportant la paroi étanche précitée disposée dans la double coque.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des  
15 canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de  
20 stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

### Brève description des figures

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et  
25 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.

- La figure 1 est une vue éclatée en perspective schématique d'un bouchon isolant destiné à être inséré entre deux panneaux isolants d'une barrière thermiquement  
30 isolante de cuve étanche et thermiquement isolante ;

- La figure 2 est une vue en perspective schématique du bouchon isolant de la figure 1 à l'état monté ;

- La figure 3 est une vue en coupe schématique du bouchon isolant de la figure 1 ;

- La figure 4 est une vue en perspective schématique d'une installation de fabrication de laine de verre stratifiée ;

- La figure 5 est une vue en perspective schématique d'un embout de pompe à vide lors de son insertion dans un bouchon isolant de la figure 1 ;

5           - La figure 6 est une vue en perspective schématique du bouchon isolant de la figure 2 associé à une pompe à vide dans laquelle l'extrémité de l'embout de la pompe à vide est insérée dans ledit bouchon isolant ;

10           - La figure 7 est une vue en perspective schématique du bouchon isolant de la figure 5 lors de son insertion dans l'espace inter-panneaux séparant deux panneaux adjacents d'une barrière thermiquement isolante de cuve étanche et thermiquement isolante ;

- La figure 8 est une vue éclatée en perspective schématique d'un bouchon isolant selon une variante de réalisation ;

- La figure 9 est une vue en coupe d'un bouchon isolant selon une autre variante de réalisation ;

15           - La figure 10 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

- La figure 11 est une représentation schématique d'un bouchon isolant en cours d'insertion dans un espace inter-panneaux au moyen d'un guide rigide ;

- La figure 12 est une vue partielle de détail de la figure 11.

20           - La figure 13 est une vue éclatée en perspective d'un mode de réalisation du bouchon isolant, où le noyau comprend une portion centrale et une portion d'extrémité de laine de verre stratifiée.

- La figure 14 est une vue en coupe d'un bouchon isolant selon une variante de réalisation.

25           - La figure 15 est une vue en perspective schématique du bouchon isolant comprenant un noyau recouvert par une enveloppe et une portion d'extrémité de laine de verre stratifiée.

- La figure 16 est une vue analogue à la figure 3 montrant une autre réalisation de l'enveloppe.

30

#### Description détaillée de modes de réalisation

Une cuve étanche et thermiquement isolante pour le stockage et le transport d'un fluide cryogénique, par exemple du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) comporte une pluralité de parois de cuves présentant chacune une structure multicouche.

5 De telles parois de cuve étanche et thermiquement isolante présentent, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une barrière thermiquement isolante secondaire reposant contre une structure porteuse, une membrane d'étanchéité secondaire reposant contre la barrière thermiquement isolante secondaire, une barrière thermiquement isolante primaire reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire et une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.

10 La structure porteuse peut notamment être une tôle métallique autoporteuse ou, plus généralement, tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. La structure porteuse peut notamment être formée par la coque ou la double coque d'un navire. La structure porteuse comporte une pluralité de parois définissant la forme générale de la cuve, habituellement une forme polyédrique.

15 Par ailleurs, les barrières thermiquement isolantes peuvent être réalisées de nombreuses manières, en de nombreux matériaux. De telles barrières thermiquement isolantes comportent chacune une pluralité de panneaux isolants de forme parallélépipédique juxtaposés selon un motif régulier. Les panneaux isolants de ces barrières thermiquement isolantes forment conjointement des surfaces de support planes pour les membranes  
20 d'étanchéité. De tels panneaux isolants sont par exemple réalisés en blocs de mousse de polyuréthane. De tels panneaux isolants en blocs de mousse de polyuréthane peuvent comporter en outre une plaque de couvercle et/ou une plaque de fond par exemple en contreplaqué.

A titre d'exemple, de telles cuves sont décrites dans les demandes de brevet  
25 WO14057221 ou FR2691520.

La juxtaposition des panneaux isolants pour former une barrière thermiquement isolante génère la présence d'espaces inter-panneaux entre deux panneaux isolants 3 adjacents. Autrement dit, un espace inter-panneaux 2 sépare les faces latérales en vis-à-vis de deux panneaux isolants 3 adjacents (voir figure 7). Afin d'assurer la continuité de l'isolation  
30 dans la barrière thermiquement isolante, un bouchon isolant 1 est inséré dans l'espace inter-panneaux 2 séparant les deux faces latérales en vis-à-vis des deux panneaux isolants 3 adjacents. Les figures 1 à 3 illustrent un tel bouchon isolant 1.

Le bouchon isolant 1 comporte un noyau isolant 4 recouvert par une enveloppe 5. Ce bouchon isolant 1 présente une forme parallélépipédique correspondant à la forme  
35 parallélépipédique de l'espace inter-panneaux 2 et définissant la forme du bouchon isolant 1.

Ainsi, ce bouchon isolant 1 comporte deux grandes faces planes 6 parallèles. Ces deux grandes faces planes 6 définissent une direction de longueur 7 du bouchon isolant 1 et une direction de largeur 8 du bouchon isolant 1. Des faces d'arête 9 se développant selon une direction d'épaisseur 10 du bouchon isolant 1 relie les côtés des grandes faces 6.

5 Le noyau isolant 4 possède une portion centrale 11 en laine de verre. La laine de verre employée est une laine de verre stratifiée, c'est-à-dire que le procédé de production aboutit à un mat de laine de verre constitué de multiples nappes parallèles entrelacées, visibles à l'œil nu, qui sont superposées dans une direction de stratification 12. En d'autres termes, les fibres sont très majoritairement orientées dans des plans perpendiculaires à la direction de  
10 stratification 12.

Une telle laine de verre stratifiée peut être obtenue par exemple par un procédé de fabrication sur bande convoyeuse horizontale 13, illustré schématiquement à la figure 4. Dans un tel procédé de fabrication, du sable et du verre concassé sont fondus dans un four 14 dont la température est par exemple de 1300 à 1500°C. Le sable et le verre concassés fondus sont  
15 ensuite transformés en fibres par filage par rotation rapide. On ajoute un liant à ces fibres et l'ensemble ainsi obtenu est réceptionné sur la bande convoyeuse horizontale 13 pour passage dans une étuve de polymérisation 15 destiné à la polymérisation du liant. Dans ce cas, les fibres sont essentiellement parallèles à la bande convoyeuse 13. La direction de stratification correspond à la direction verticale dans l'outil de production car la stratification résulte de l'effet  
20 de la pesanteur. D'autres procédés de production sont envisageables pour produire une laine de verre stratifiée.

Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 1 à 3, la laine de verre du noyau 4 présente une densité de 22 ou 35 ou 40 kg/m<sup>3</sup>.

Dans ce mode de réalisation, le noyau 4 est entièrement constitué de sa portion  
25 centrale 11 de laine de verre stratifiée selon la direction 12. Le noyau 4 comporte des sections 16 de laine de verre séparées par des séparateurs 17. De tels séparateurs 17 se développent perpendiculairement à la direction de largeur 8 du bouchon isolant 1. Ces séparateurs 17 se développent sur toute la longueur 7 et dans toute l'épaisseur 10 du bouchon isolant 1. Les séparateurs 17 sont avantageusement collés aux sections 16 de laine de verre séparées par  
30 lesdits séparateurs 17.

La figure 1 illustre ainsi un noyau 4 comportant quatre sections 16 de laine de verre séparées selon la direction de largeur 8 du bouchon isolant 1 par trois séparateurs 17. La figure 1 constitue une solution préférée par rapport au nombre des séparateurs, c'est-à-dire, le nombre minimum de séparateur pour ne pas avoir de convection lorsque le gradient de  
35 température est supérieur à 100°C. La figure 3 illustre une variante de réalisation dans laquelle

le noyau 4 comporte trois sections 16 séparées selon la direction de largeur 8 du bouchon isolant 1 par deux séparateurs 17.

La laine de verre est agencée dans le noyau 4 de manière à présenter une direction de stratification 12 perpendiculaire à la largeur 8 du bouchon isolant 1. Autrement dit, les nappes de fibres constitutives de la laine de verre sont agencées sensiblement de façon parallèle à la direction de largeur 8 du bouchon isolant 1.

De préférence, la laine de verre est agencée dans le noyau 4 avec une direction de stratification 12 parallèle à la direction d'épaisseur 10 du bouchon isolant 1, c'est-à-dire que les nappes de fibres de la laine de verre sont sensiblement parallèles aux grandes faces 6 du bouchon isolant 1. Autrement dit, les nappes de fibres constitutives de la laine de verre sont agencées sensiblement de façon parallèle à la direction de largeur 8 et à la direction de longueur 7 du bouchon isolant 1. Dans un mode de réalisation alternatif présenté figure 13, le noyau isolant comporte, à au moins l'une des extrémités longitudinales de la portion centrale 11, une portion d'extrémité 50 en laine de verre stratifiée. Cette portion d'extrémité, fabriquée selon le même procédé que la laine de verre de la portion centrale 11 est également constituée de nappes de fibres superposées, mais sa direction de stratification est différente de celle de la laine de verre de la portion centrale 11 : elle est parallèle à la direction de longueur 7 du bouchon isolant 1. Une telle portion d'extrémité confère une meilleure compressibilité longitudinale au noyau isolant pour assurer un montage parfaitement jointif de plusieurs bouchons isolants 1 agencés bout à bout entre deux panneaux isolants 3. La portion d'extrémité 50 peut par exemple présenter une dimension de 1 cm dans le sens de sa direction de stratification, c'est-à-dire selon la longueur du bouchon isolant 1. Cette dimension peut être réduite à 5 mm lors de la mise sous vide de la portion d'extrémité 50, grâce à la compressibilité que sa structure lui confère dans le sens de la longueur du bouchon isolant 1.

Dans un autre mode de réalisation alternatif représenté sur la figure 15, le bouchon isolant 1 comporte un noyau isolant constitué uniquement d'une portion centrale 11 de laine de verre stratifiée telle que celle décrite dans le premier mode de réalisation, et recouvert par une enveloppe 5, et le noyau isolant comporte également, à au moins l'une de ses extrémités longitudinales, une pièce d'extrémité 51, située à l'extérieur de l'enveloppe 5. Cette pièce d'extrémité 51 est en laine de verre stratifiée et présente les mêmes caractéristiques techniques que la portion d'extrémité 51 décrite ci-dessus. En outre, la laine de verre de la pièce d'extrémité 50 présente une densité de 20 ou 35 ou 40 kg/m<sup>3</sup>.

Comme illustré sur la figure 1, l'enveloppe 5 comporte une pluralité de portions d'enveloppe. Plus particulièrement, l'enveloppe 5 comporte des portions d'enveloppe planes

18, des portions d'enveloppe d'arête rectilignes 19 et des portions d'enveloppe d'arête de coin 20. Ces portions d'enveloppe 18, 19, 20 sont fixées, par exemple par collage, sur le noyau 4.

Les portions d'enveloppe planes 18 recouvrent le noyau 4 et forment les grandes faces 6 du bouchon isolant 1. Ces portions d'enveloppe plane 18 sont de forme rectangulaire et de dimensions sensiblement identiques aux dimensions du noyau 4 sur ses grandes faces.

Les portions d'enveloppe d'arête rectilignes 19 comportent un tronçon central de forme rectangulaire recouvrant une face d'arête correspondante du noyau 4. Ce tronçon central forme une face d'arête 9 correspondante du bouchon isolant 1. Les portions d'enveloppe d'arête rectilignes 19 comportent également, de part et d'autre du tronçon central, un retour 21. Ces retours 21 se développent depuis des côtés longitudinaux de la portion centrale. Ces retours 21 se développent parallèlement à une portion d'enveloppe plane 18 respective de manière à recouvrir une bordure de ladite portion d'enveloppe plane 18. Ces retours 21 sont collés sur lesdites bordures de portions d'enveloppe planes 18. Autrement dit, les portions d'enveloppe d'arête rectilignes 19 forment une face d'arête 9 du bouchon isolant 1 et recouvrent également le noyau 4 au niveau d'arêtes 22 reliant ladite face d'arête 9 et les grandes faces 6.

Les portions d'enveloppe d'arête de coin 20 recouvrent les portions d'enveloppe d'arête rectilignes 19 formant deux faces d'arête 9 adjacentes du bouchon isolant 1. Autrement dit, ces portions d'enveloppe d'arête de coin 20 recouvrent les arêtes du noyau 4 au niveau de la jonction entre deux faces d'arête 9 du bouchon isolant 1. De façon analogue aux retours 21 des portions d'enveloppe d'arête 19, les portions d'enveloppe d'arête de coin 20 présentent des retours de coin 23 se développant parallèlement à et recouvrant les extrémités des retours 21 des portions d'enveloppe d'arête 19 correspondantes. Les portions d'enveloppe d'arête de coin 20 sont collées aux portions d'enveloppe d'arête 19 qu'elles recouvrent.

Ainsi, les différentes portions d'enveloppe 18, 19, 20 sont collées entre elles et à la laine de verre pour former une enveloppe 5 continue entourant intégralement le noyau 4. Dans un mode de réalisation non illustré, les portions 18 et 19 placées sur le fond et le dessus peuvent être réalisées en une seule pièce de kraft. Dans un autre mode de réalisation, l'enveloppe 5 entoure intégralement le noyau 4 sans lui être collée.

Dans un premier mode de réalisation, l'enveloppe 5 est réalisée en papier kraft. Un tel papier kraft offre un coefficient de frottement faible permettant ainsi le glissement du bouchon isolant 1 dans l'espace inter-panneaux 2 lors de son insertion dans ledit espace inter-panneaux 2. En outre, un tel papier kraft présente un coefficient de contraction thermique de l'ordre de  $5 \text{ à } 20 \cdot 10^{-6} / \text{K}$ . Ainsi, un tel papier kraft présente un coefficient de contraction thermique proche de celui du noyau isolant 4 placé dans l'espace inter-panneaux. Ainsi, le

bouchon isolant 1 présente un comportement au froid uniforme. En effet, le noyau isolant 4 ne risque pas de se déformer sous l'effet d'une compression liée à la contraction thermique de l'enveloppe 5. En particulier, le noyau isolant 4 ne risque pas de se déformer en prenant une forme ondulée sous l'effet de cette compression, une telle forme ondulée générant dans l'espace inter-panneaux 2 des vides favorisant la convection et donc préjudiciables aux propriétés isolantes de la barrière thermiquement isolante.

Le papier kraft de l'enveloppe 5 présente un grammage supérieur à 60g/m<sup>2</sup> afin d'éviter les risques de déchirement de l'enveloppe 5 lors de l'insertion du bouchon isolant 1 dans l'espace inter-panneaux. En outre, ce papier kraft présente un grammage inférieur à 150 g/m<sup>2</sup> afin que l'enveloppe 5 conserve une souplesse suffisante pour permettre la déformation du bouchon isolant 1 par compression et de préférence compris entre 70 et 100 g/m<sup>2</sup>.

Dans un mode de réalisation alternatif, toutes les ou certaines parties de l'enveloppe 5, par exemple les portions d'enveloppe planes 18, sont des feuilles de matière composite constituée d'un tissu ou d'un mat de fibres minérales, par exemple des fibres de verre et de basalte, et d'une matrice polymère. Les cas échéant, d'autres parties de l'enveloppe 5, par exemple les portions d'arête 19, 20 peuvent être réalisées en papier kraft de mêmes caractéristiques que celui utilisé pour l'enveloppe décrite dans le premier mode de réalisation. Le papier kraft utilisé pour les portions d'arête 19, 20 peut être adhésif.

Une telle matière composite possède une meilleure stabilité dimensionnelle que le papier kraft, grâce à une faible sensibilité à l'humidité. De plus, l'utilisation de tissu ou mat de fibres minérales en plus de la matrice polymère permet d'obtenir un coefficient de contraction thermique proche de celui de la laine de verre, afin que le comportement au froid du bouchon isolant 1 soit uniforme. En effet, si l'enveloppe n'est constituée que de matière polymère, elle risque d'avoir des variations dimensionnelles bien plus importantes que la laine de verre lors des variations de température auxquelles est soumise la paroi de la cuve, d'autant plus que ce gradient de température peut atteindre des valeurs élevées, supérieures à 100 °C. Or, il est possible de choisir un tissu ou mat de fibres de verre tel que la différence entre son coefficient de contraction thermique et celui de la laine de verre soit inférieur à 5.10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>. Ainsi, dans ce mode de réalisation, le tissu de fibres minérales utilisé pour réaliser la matière composite dont sont constituées les portions d'enveloppe planes 18 peut par exemple présenter un coefficient de contraction thermique de l'ordre de 10<sup>-5</sup> K<sup>-1</sup> dans le sens de la longueur alors que celui de la laine de verre de la portion centrale 11 du noyau isolant est compris entre 5.10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> et 8.10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> selon la direction dans laquelle il est mesuré

L'incorporation de la matrice polymère à la feuille composite peut être réalisée suivant les deux exemples suivants. Dans le premier exemple, le tissu de fibres de verre ou de basalte

est imprégné ou enduit de matrice polymère, celle-étant choisie parmi les colles solvatées, le polyuréthane, le silicone, le caoutchouc, les époxydes ou autre. De préférence, la masse surfacique de la feuille composite est comprise entre 50 et 400 g/m<sup>2</sup> et son épaisseur est comprise entre 25 et 500 µm.

- 5 Dans un second exemple, le tissu de fibres de verre ou de basalte est recouvert d'une feuille de polymère, collée par exemple par un procédé de collage ponctuel ou de thermocollage. Cette feuille de polymère peut être une résine plastique choisie parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polytéréphtalate d'éthylène et le polychlorure de vinyle. La densité de matrice polymère après séchage est par exemple comprise entre 0.8 et 1.4.
- 10 L'épaisseur de la feuille de polymère peut être comprise entre 25 et 50 µm, ce qui correspond à une masse surfacique comprise par exemple entre 20 et 40 g/m<sup>2</sup>.

- Dans un autre mode de réalisation, toutes les ou certaines parties de l'enveloppe, par exemple les portions d'enveloppe planes 18 sont des feuilles de matière composite constituée d'un tissu ou d'un mat de fibres minérales, par exemple des fibres de verre et de basalte, collé
- 15 sur une feuille de papier.

- Dans un autre mode de réalisation illustré figure 16, les portions d'enveloppe planes 18 sont des feuilles de matière composite comportant un tissu ou un mat de fibres minérales, par exemple des fibres de verre et de basalte, et une matrice polymère. Ces feuilles composites sont recouvertes d'une feuille de papier 52 sur leur face extérieure, c'est-à-dire
- 20 celle orientée vers le panneau isolant. Dans ce mode de réalisation, la feuille de papier 52 recouvrant la feuille composite est collée à la feuille composite constituant la portion d'enveloppe plane 18, et la face interne du retour 21 est également collée à la feuille de papier 52.

- Une étanchéité relative est suffisante afin de pouvoir mettre en œuvre le procédé décrit ci-après pour insérer le bouchon isolant 1 dans l'espace inter-panneaux. La feuille composite telle que décrite, le cas échéant recouverte d'une feuille de polymère ou de papier en plus, permet d'obtenir cette étanchéité relative.
- 25

- Dans un autre mode de réalisation alternatif, les portions d'enveloppe planes 18 sont en matière composite et les portions d'enveloppe d'arête 19, 20 sont en ruban adhésif. Cela permet d'améliorer encore la stabilité dimensionnelle envers l'humidité, et l'étanchéité de
- 30 l'enveloppe.

Le procédé d'insertion du bouchon isolant 1 dans l'espace inter-panneaux est décrit ci-après en regard des figures 5 à 7.

- Dans un premier temps, un bouchon isolant 1 présentant la structure telle que décrite
- 35 ci-dessus en regard des figures 1 à 3 est fourni. Ce bouchon isolant 1 présente une forme

complémentaire de l'espace inter-panneaux 2, typiquement une forme parallélépipédique telle que décrite ci-dessus.

Ce procédé d'insertion utilise un système d'aspiration. Un tel système d'aspiration est dans la suite de la description, à titre d'exemple, une pompe à vide 24 telle qu'illustrée sur les figures 6 et 7. Dans un mode de réalisation non illustré, un tel système d'aspiration est un générateur de vide à système Venturi. Une telle pompe à vide 24 est reliée à un embout d'aspiration 25 via un tuyau de pompage 26. Cet embout d'aspiration 25 présente une collerette 27 de forme circulaire plane. L'embout d'aspiration 25 présente une forme tronconique de manière à présenter une extrémité opposée au tuyau de pompage 26 apte à perforer l'enveloppe 5. Ainsi, l'embout d'aspiration 25, et plus particulièrement son extrémité de perforation, est inséré dans le bouchon isolant 1 en perforant l'enveloppe 5. Cette perforation de l'enveloppe 5 génère un orifice 28 d'aspiration dans le bouchon isolant 1.

L'embout d'aspiration 25 est inséré dans le bouchon isolant 1 en traversant l'enveloppe 5 au niveau d'une face d'arête 9 destinée à être tournée vers l'intérieur de la cuve étanche et thermiquement isolante.

De préférence, l'embout d'aspiration 25 est inséré dans le bouchon isolant 1 sur une face d'arête 9 perpendiculaire à la direction de stratification 12 de la laine de verre de la portion centrale 11.

Par ailleurs, l'embout d'aspiration 25 est inséré dans le bouchon isolant 1 jusqu'à ce que la collerette 27 soit amenée en contact avec l'enveloppe 5.

Dès lors que l'embout d'aspiration 25 est inséré dans le bouchon isolant 1 et correctement positionné, c'est-à-dire que la collerette 27 est en contact avec l'enveloppe 5, la pompe à vide 24 est actionnée afin de générer une dépression dans le bouchon isolant 1.

Avantageusement, l'enveloppe 5 en présente une étanchéité suffisante, malgré la porosité des matières qui peuvent la constituer, telles que par exemple du papier kraft ou un matériau composite constitué d'un tissu ou mat de fibres minérales et d'une matrice polymère, et la jonction entre les différentes portions d'enveloppe 18, 19, 20 par collage. Grâce à cette étanchéité relative, le débit de pompage de la pompe à vide 24 est suffisant pour créer une dépression dans l'enveloppe 5. En outre, l'appui de la collerette 27 contre l'enveloppe 5 permet de limiter le débit de fuite de l'enveloppe 5 au niveau de l'orifice 28 traversé par l'embout d'aspiration 25. Ainsi, l'enveloppe 5 présente un débit de fuite inférieur au débit de pompage de la pompe à vide 24 de sorte que l'aspiration produite par la pompe à vide 24 génère une dépression dans le bouchon isolant 1. En d'autres termes, les pertes de charge de l'enveloppe dues à la porosité des matériaux, l'imperfection éventuelle du collage réalisant la jonction des portions d'enveloppe 18, 19, 20, et la fuite pouvant provenir de l'orifice 28 effectué dans

l'enveloppe pour y insérer l'embout d'aspiration 25, sont inférieures aux pertes de charges créées par la pompe à vide 25 et son embout d'aspiration 24, ce qui permet de générer une dépression dans le bouchon isolant 1.

5 L'aspiration générée par la pompe à vide 24 présente un débit d'aspiration compris entre 8 et 30 m<sup>3</sup>/h. De préférence, le débit de pompage est de 15m<sup>3</sup>/h. un tel débit de pompage de la pompe à vide 24 permet de générer une dépression dans le bouchon isolant 1 sans risquer de dégrader l'enveloppe 5 en papier kraft par un débit d'aspiration trop important.

10 De préférence, la pompe à vide 24 comporte un filtre pour filtrer les éventuelles fibres et poussières de la laine de verre de la portion centrale 11 pouvant être aspirées par la pompe à vide 24.

Par ailleurs, l'aspiration produite par la pompe à vide est avantageusement facilitée par l'insertion de l'embout d'aspiration 25 sur une face située sur la face d'arête 9 du bouchon isolant 1 parallèle à la direction de stratification 12 de la laine de verre de la portion centrale 11. En effet, l'insertion de l'embout d'aspiration 25 sur une telle face située sur la face d'arête 9 du bouchon isolant 1 permet une aspiration sans perte de charge liée à la stratification des différentes nappes de fibres constituant la laine de verre de la portion centrale 11.

20 En outre, un agencement de la laine de verre de la portion centrale 11 avec une direction de stratification 12 parallèle à la direction d'épaisseur 10 du bouchon isolant 1 permet une compression par dépression du bouchon isolant 1 selon ladite direction d'épaisseur 10 facilitée. Dans un mode de réalisation préféré, la compression longitudinale du bouchon isolant 1 est également facilitée grâce à la ou les portions de laine de verre d'extrémité 50, stratifiée dans la direction de longueur du bouchon isolant 1.

25 La présence de séparateurs 17 dans le noyau 4 permet de rigidifier le bouchon isolant 1 afin d'uniformiser la compression dudit bouchon isolant 1.

30 La dépression dans le bouchon isolant 1 produit une compression de la laine de verre et donc du bouchon isolant 1. Cette compression de la laine de verre 1 permet une réduction de l'épaisseur du bouchon isolant 1. Typiquement, le bouchon isolant 1 est dimensionné pour présenter à l'état libre, c'est-à-dire non compressé, une épaisseur supérieure ou égale à la largeur de l'espace inter-panneaux 2 et à l'état compressé une épaisseur inférieure à ladite largeur de l'espace inter-panneaux 2. Par exemple, dans le cadre d'un espace inter-panneaux 2 compris entre 33mm et 27mm, le bouchon isolant 1 est dimensionné pour présenter une épaisseur initiale, c'est-à-dire à l'état libre, de 35mm et, dans un état de compression, une épaisseur de 25mm.

Le bouchon isolant 1 est ensuite inséré dans l'espace inter-panneaux 2 entre deux panneaux isolants 3 adjacents de la barrière thermiquement isolante. Comme illustré sur la figure 7 par les flèches 29, le bouchon isolant 1 est inséré dans l'espace inter-panneaux 2 avec ses grandes faces 6 parallèlement aux faces latérales des panneaux isolants 3 adjacents délimitant l'espace inter-panneaux 2. Durant cette insertion, l'embout d'aspiration 25 est maintenu dans le bouchon isolant 1 et la pompe à vide 24 génère en continu une dépression dans ledit bouchon isolant 1 afin de conserver le bouchon isolant 1 dans son état compressé. Le maintien du bouchon isolant 1 dans son état compressé permet de faciliter son insertion dans l'espace inter-panneaux 2 puisque le bouchon isolant 1 présente alors une épaisseur inférieure à la largeur de l'espace inter-panneaux 2.

Le bouchon isolant 1 est inséré dans l'espace inter-panneaux 2 de manière à ce que la face d'arête 9 traversée par l'embout d'aspiration 25 soit tournée vers l'intérieur de la cuve, facilitant ainsi la manipulation de l'ensemble formé par le bouchon isolant 1 et l'embout d'aspiration 25. En outre, le bouchon isolant 1 est avantageusement inséré dans l'espace inter-panneaux en présentant une direction de stratification 12 parallèle à la largeur de l'espace inter-panneaux 2. Par ailleurs, les séparateurs 17 sont avantageusement agencés dans le bouchon isolant 1 de façon à être parallèles à la surface de support 30 formée par les panneaux isolants 3. Sur la figure 7, de tels panneaux isolants 3 comportent un bloc de mousse de polyuréthane 31 recouvert par une plaque de contreplaqué 32 formant la surface de support 30. Un tel agencement des séparateurs 17 permet de limiter la convection au travers de la laine de verre de la portion centrale 11 dans la paroi de cuve.

Dès lors que le bouchon isolant 1 est correctement positionné dans l'espace inter-panneaux 2, l'embout d'aspiration 25 est retiré du bouchon isolant 1. Dès lors, l'intérieur de l'enveloppe 5 est en communication avec l'environnement extérieur par l'orifice 28. Cette communication permet à la laine de verre, du fait que la dépression n'est plus maintenue dans le bouchon isolant 1, de s'expanser en l'absence de contrainte de compression. L'expansion la laine de verre permet une augmentation de l'épaisseur du bouchon isolant 1 de sorte que le bouchon isolant 1 comble totalement l'espace inter-panneaux 2, assurant ainsi une bonne continuité de l'isolation de la barrière thermiquement isolante.

Dans un mode de réalisation illustré sur les figures 11 et 12, un système de guidage rigide peut être utilisée comme outil de guidage lors de l'insertion du bouchon isolant 1 dans l'espace inter-panneaux 2.

Un tel système de guidage comporte une première plaque rigide 33 et une deuxième plaque rigide 37. Ces deux plaques rigides 33, 37 comportent chacune une section en « L »

formée par une grande face 38 rectangulaire et un retour 39 se développant perpendiculaire à la grande face 38.

La grande face 38 présente des dimensions analogues aux dimensions des grandes faces planes 6 du bouchon isolant 1.

5 Une face interne du retour 39 de la première plaque 33 comporte une poignée 40. Cette poignée est sensiblement centrée selon la direction longitudinale dudit retour 39.

Le retour 39 de la deuxième plaque 37 présente une encoche permettant de loger la poignée 40 lorsque les deux plaques 33, 37 sont assemblées telle que sur la figure 11. Une face interne du retour 39 de la deuxième plaque 37 présente deux poignées 41. Ces poignées  
10 41 sont agencées de part et d'autre de l'encoche permettant de loger la poignée 40 de la première plaque 33.

Afin de d'insérer le bouchon isolant 1 dans l'espace inter-panneaux 2 à l'aide des plaques rigides 33, 37, le bouchon isolant 1 est inséré entre les deux plaques rigides 33, 37. Plus particulièrement, les grandes faces 6 du bouchon isolant 1 sont intercalées et  
15 compressées entre les grandes faces 38 de plaques rigides 33, 37. Les retours 39 des plaques rigides sont superposés selon la direction d'épaisseur de la paroi de cuve comme illustré sur la figure 12. Cette superposition est rendue possible par le logement de la poignée 40 dans l'encoche prévue à cet effet du retour 39 de la deuxième plaque rigide 37.

Les plaques rigides 33, 37, entre lesquelles le bouchon isolant 1 est maintenu dans son état compressé, peuvent ainsi être insérées dans l'espace inter-panneaux 2 avec le  
20 bouchon isolant 1. Une fois le bouchon isolant 1 inséré dans l'espace inter-panneaux 2, les plaques rigides peuvent être retirées grâce aux poignées 40, 41 libérant ainsi le bouchon isolant 1 de son état compressé et permettant son expansion pour occuper l'espace inter-panneaux 2.

25 La figure 8 présente une variante de réalisation du bouchon isolant 1. Dans cette première variante, les éléments identiques ou remplissant la même fonction que ceux décrits ci-dessus en regard des figures 1 à 3 portent la même référence.

Cette première variante se distingue du bouchon isolant 1 illustré sur les figures 1 à 3 en ce que la portion centrale 11 du noyau 4 isolant comporte deux couches isolantes  
30 superposées selon la direction d'épaisseur du bouchon isolant 1.

Une première couche isolante 34 présente une structure analogue à la structure du noyau décrit ci-dessus en regard des figures 1 à 3, c'est à dire une structure comportant des sections 16 de la portion centrale 11 de laine de verre stratifiée séparées par des séparateurs 17 en papier kraft. Lesdites sections 16 de laine de verre stratifiée présentent une

direction de stratification de la laine de verre parallèle à la surface de support 30 formée par les panneaux isolants 3, de préférence parallèle à la largeur de l'espace inter-panneaux 2 c'est-à-dire parallèle à la direction d'épaisseur 10 du bouchon isolant 1.

5 Une deuxième couche isolante 35 comporte une unique couche de laine de verre stratifiée. La direction de stratification de la laine de verre stratifiée formant cette deuxième couche 35 est parallèle à la surface de support 30 formée par les panneaux isolants 3 et, de préférence, parallèle à la direction d'épaisseur 10 du bouchon isolant 1.

10 La première couche isolante 34 et la deuxième couche isolante 35 sont séparées par une couche de séparation 36. Cette couche de séparation 36 est par exemple réalisée en tissu de verre ou en papier kraft. Afin d'améliorer la compressibilité du bouchon isolant 1 dans la direction de sa longueur et de sa largeur, cette couche de séparation 36 est de préférence raccourcie dans ces deux dimensions, comme représenté partiellement sur la figure 14.

15 La première couche isolante 34 présente une laine de verre stratifiée de densité supérieure à la densité de la laine de verre stratifiée de la deuxième couche isolante 35. Par exemple, la laine de verre stratifiée de la première couche isolante 34 présente une densité de 35 à 40 kg/m<sup>3</sup> et la laine de verre stratifiée de la deuxième couche isolante 35 présente une densité de 22kg/m<sup>3</sup>.

20 La figure 9 représente une deuxième variante de réalisation du bouchon isolant 1. Dans cette deuxième variante, les éléments identiques ou remplissant la même fonction que ceux décrits ci-dessus en regard des figures 1 à 3 portent la même référence.

25 Cette deuxième variante se distingue de la première variante illustrée sur la figure 8 en ce que l'enveloppe 5 ne recouvre pas entièrement le noyau 4 isolant. En effet, sur cette figure 9, la deuxième couche isolante 35 n'est pas recouverte au niveau d'une face d'arête 9 du bouchon isolant 1. Autrement dit, l'une des portions d'enveloppe d'arête rectiligne 19 ne recouvre que la première couche isolante 34 et ne comporte qu'un seul retour 21, ledit retour 21 étant collé sur la portion d'enveloppe plane 18 recouvrant la première couche isolante 34.

30 Un bouchon isolant 1 selon les variantes illustrées sur les figures 8 et 9 présente une bonne capacité de compression et d'expansion grâce à la deuxième couche isolante 35 mais conserve une rigidité permettant sa déformation uniforme et limitant la convection au travers de la laine de verre stratifiée grâce à sa première couche isolante 34. Ainsi, un tel bouchon isolant 1 peut facilement être déformé par compression pour faciliter son insertion dans l'espace inter-panneaux 2 tout en comblant intégralement ledit espace inter-panneaux 2 lorsque la compression n'est plus maintenue et en évitant la convection dans la barrière thermiquement isolante. Cette compression peut être faite avec l'utilisation d'un système  
35 d'aspiration telle qu'une pompe à vide 24 dans le cas d'un bouchon isolant 1 tel que selon la

figure 8 dans lequel l'enveloppe 5 recouvre entièrement le noyau isolant 4, offrant ainsi une étanchéité suffisante pour se compresser sous l'effet d'une dépression. Cette compression peut au contraire se faire sans système d'aspiration dans le cas d'un bouchon isolant tel que représenté sur la figure 9 dans lequel l'enveloppe 5 ne recouvre pas entièrement le noyau isolant 4.

La technique décrite ci-dessus pour réaliser une cuve étanche et thermiquement isolante peut être utilisée dans différents types de réservoirs, par exemple pour constituer la barrière isolante secondaire et/ou la barrière isolante primaire d'un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la figure 10, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolantes agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

La figure 10 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

5 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 équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

10 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.

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

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de fabrication d'une paroi de cuve, ledit procédé comportant les étapes de :

- 5                   - Fournir une barrière thermiquement isolante de paroi de cuve étanche et thermiquement isolante, ladite barrière thermiquement isolante comportant une pluralité de panneaux isolants (3) juxtaposés selon un motif régulier, les faces latérales en vis-à-vis de deux panneaux isolants (3) adjacents délimitant un espace inter-panneaux (2) séparant lesdits deux panneaux isolants (3) adjacents,
- 10               - Fournir un bouchon isolant (1) parallélépipédique comportant un noyau isolant (4), ledit bouchon isolant (4) comportant une enveloppe (5) recouvrant entièrement le noyau isolant (4),
- Insérer un embout d'aspiration (25) d'un système d'aspiration (24) dans le bouchon isolant (1) au travers d'un orifice (28) de l'enveloppe (5),
- 15               - exercer une dépression dans le bouchon isolant (1) de manière à réduire l'épaisseur dudit bouchon isolant (1) par dépression,
- Insérer le bouchon isolant (1) dans l'espace inter-panneaux (2) tout en maintenant l'aspiration du système d'aspiration (24) pour maintenir la dépression durant l'étape d'insertion dudit bouchon isolant (1) dans l'espace
- 20               inter-panneaux (2),
- Lorsque le bouchon isolant (1) est inséré dans l'espace inter-panneaux (2), retirer l'embout d'aspiration (25) du bouchon isolant (1) de sorte que l'espace intérieur de l'enveloppe (5) soit en communication avec la pression ambiante à travers l'orifice (28) de l'enveloppe (5).

25               2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la réduction d'épaisseur du bouchon isolant (1) est telle que le bouchon isolant (1) présente une épaisseur inférieure à la largeur de l'espace inter-panneaux (2).

30               3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel l'embout d'aspiration (25) du système d'aspiration (24) est configuré pour perforer l'enveloppe (5) du bouchon isolant (1), l'étape d'insérer l'embout d'aspiration (25) dans le bouchon isolant (1) comportant une étape de perforation de l'enveloppe (5) par ledit embout d'aspiration (25) du système d'aspiration (24).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'embout d'aspiration (25) comporte une collerette (27), l'étape d'insérer l'embout d'aspiration (25) du système d'aspiration (24) dans le bouchon isolant (1) comportant l'étape d'amener la collerette (27) en appui contre l'enveloppe (5).

5            5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le noyau (4) isolant du bouchon isolant (1) comporte au moins une portion centrale de laine de verre (11) stratifiée, ladite portion centrale de laine de verre stratifiée comportant une pluralité de nappes de fibres superposées selon une direction de stratification (12), et dans lequel l'embout d'aspiration (25) est inséré dans le bouchon isolant (1) au niveau d'une face d'arête (9) du bouchon isolant (1).

10           6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le noyau isolant (4) comporte des séparateurs (17) agencés parallèlement à la direction de stratification (12) de la portion centrale (11), le bouchon isolant (1) étant inséré dans l'espace inter-panneaux (2) de manière à agencer lesdits séparateurs (17) parallèlement à la surface de support (30) formée par la barrière thermiquement isolante.

15           7. Procédé selon l'une des revendications 5 à 6, dans lequel une direction de longueur du noyau isolant s'étend selon une direction de longueur de l'espace inter-panneaux et ledit noyau isolant comporte, à au moins une des extrémités longitudinales de la portion centrale (11), au moins une portion d'extrémité comprenant de laine de verre stratifiée (50), ladite portion d'extrémité comportant des nappes de fibres superposées selon une direction  
20 de stratification parallèle à la direction de longueur (7) du bouchon isolant.

8. Procédé, selon l'une des revendications 5 à 7, dans lequel dans laquelle une direction de longueur du bouchon isolant s'étend selon une direction de longueur de l'espace inter-panneaux et ledit bouchon isolant comporte, à au moins une des extrémités longitudinales, au moins une pièce d'extrémité (51) comprenant de la laine de verre stratifiée  
25 comportant des nappes de fibres superposées selon une direction de stratification parallèle à la direction de longueur (7) du bouchon isolant, ladite pièce d'extrémité étant séparée du noyau isolant par l'enveloppe (5).

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'enveloppe (5) comporte une pluralité de portions d'enveloppe (18, 19 20) collées entre elles et/ou collées au  
30 noyau isolant (4).

10.           Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel au moins une portion de l'enveloppe (5) comporte un matériau choisi parmi les feuilles de polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales et une matrice polymère, les feuilles composites incluant des fibres minérales collées à une feuille de papier ou de polymère, et  
35 leurs combinaisons.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel ladite feuille de polymère ou ladite feuille composite est collée au noyau isolant par une couche de colle disposée entre ladite feuille de polymère ou ladite feuille composite et le noyau isolant.

5 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel l'enveloppe (5) comporte des portions d'enveloppe planes (18) s'étendant perpendiculairement à la direction de largeur de l'espace inter-panneaux de part et d'autre du noyau isolant.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel au moins l'une des portions d'enveloppe planes (18) comporte une feuille composite incluant des fibres minérales et une matrice polymère.

10 14. Procédé selon la revendication 13, dans laquelle la feuille composite est recouverte d'une feuille de polymère.

15. Procédé selon la revendication 13, dans laquelle la feuille composite est recouverte d'une feuille de papier.

15 16. Procédé selon l'une des revendications 12 à 15, dans lequel au moins une des portions d'enveloppe planes comporte du papier kraft.

17. Procédé, selon l'une des revendications 12 à 16, dans lequel l'enveloppe (5) comporte une portion d'enveloppe d'arête s'étendant dans la direction de largeur de l'espace inter-panneaux entre les portions d'enveloppe planes (18) situées de part et d'autre du noyau isolant, ladite portion d'enveloppe d'arête étant disposée sur tout ou partie  
20 du pourtour du noyau isolant.

18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel la portion d'arête comporte du papier kraft.

19. Procédé selon l'une des revendications 17 et 18, dans lequel la portion d'arête comporte une feuille de polymère.

25 20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, dans lequel le bouchon isolant (1) est inséré dans l'espace inter-panneaux (2) avec une face (9) traversée par l'embout d'aspiration (25) du système d'aspiration (24) tournée vers l'intérieur de la cuve.

21. Procédé selon l'une des revendications 1 à 20, dans lequel l'enveloppe (5) présente un débit de fuite inférieur au débit de pompage du système d'aspiration (24).

30 22. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, dans lequel dans l'étape d'insertion, le bouchon isolant (1) est guidé dans l'espace inter-panneaux au moyen d'un guide rigide sous forme de plaques (33, 37).

23. Procédé selon l'une des revendications 1 à 22, comportant en outre l'étape de découper au moins l'une des faces latérales (9, 19) de l'enveloppe (5) après insertion du bouchon isolant (1) dans l'espace inter-panneaux (2).

24. Procédé selon l'une des revendications 1 à 23, dans lequel le système  
5 d'aspiration est une pompe à vide ou un générateur de vide à système Venturi.

25. Procédé selon la revendication 24, dans lequel le système d'aspiration présente un débit de pompage compris entre 8m<sup>3</sup>/h et 30 m<sup>3</sup>/h, de préférence 15m<sup>3</sup>/h.