



(51) Classification internationale des brevets :
E04H 7/18 (2006.01) *E04H 5/10* (2006.01)
E04B 1/80 (2006.01) *F17C 3/02* (2006.01)

Catherine; 5 butte Saint Georges, 78120 Sonchamp (FR).
MICHAUT, Erwan; 14 avenue louis georgeon, 94230 Ca-
chan (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051907

(74) Mandataire : **ABELLO, Michel**; Loyer & Abello, 9 Rue
Anatole De La Forge, 75017 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :
21 juillet 2016 (21.07.2016)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1557044 24 juillet 2015 (24.07.2015) FR

(71) Déposant : **GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ**
[FR/FR]; 1 route de Versailles, 78470 Saint Remy Les
Chevreuse (FR).

(72) Inventeurs : **PESQUET, Fabien**; 4 rue des débats, 28130
Hanches (FR). **PELLE, Jérôme**; 1 rue du Clos aux Biches,
78910 Orgerus (FR). **DORY, Vincent**; 5 rue Edouard
Branly, 78390 Bois D'arcy (FR). **EZZARHOUNI, Adnan**;
1 quai fernand pouillon, 78180 Montigny Le Bretonneux
(FR). **LONGUET, Virginie**; 18 rue Philippe de Cham-
paigne, 78114 Magny Les Hameaux (FR). **BOUCARD,**

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR MANUFACTURING A SEALED, THERMALLY INSULATING TANK-WALL ELEMENT

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UN ELEMENT DE PAROI D'UN RESERVOIR ETANCHE ET THERMIQUE-
MENT ISOLANT

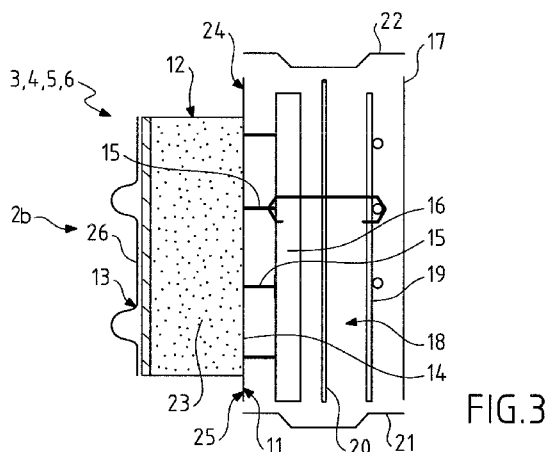


FIG. 3

(57) Abstract : The invention relates to a method for manufacturing a wall element (2b) intended for the construction of a sealed, thermally insulating tank for storing a fluid, said wall element (2b) including, in the thickness direction, from the outside towards the inside, a concrete bearing structure, a secondary sealed barrier (11) including a metal sheet (14), and a thermally insulating barrier (12); the method including an operation of anchoring the thermally insulating barrier (12) to the metal sheet (14) and an operation of forming the bearing structure (10) including the following steps: forming a formwork compartment (18), defined on the inside by the metal sheet (14) of the secondary sealed barrier (11) and on the outside by a removable formwork element (17); pouring concrete into the formwork compartment (18) so as to form the concrete bearing structure; and removing the removable formwork element (17) after the concrete has dried. The invention also relates to a method for manufacturing a tank, a wall element and a sealed, thermally insulating tank for storing a fluid.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]





SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Un procédé de fabrication d'un élément de paroi (2b) destiné à la construction d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide, ledit élément de paroi (2b) comportant dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur, une structure porteuse en béton, une barrière étanche secondaire (11) comportant une tôle métallique (14) et une barrière thermiquement isolante (12); le procédé comportant une opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante (12) contre la tôle métallique (14) et une opération de formation de la structure porteuse (10) comportant les étapes suivantes : • - former un compartiment de coffrage (18) délimité, à l'intérieur, par la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11), et à l'extérieur par un élément de coffrage amovible (17); • - couler du béton dans le compartiment de coffrage (18) de sorte à former la structure porteuse en béton; et • - retirer l'élément de coffrage amovible (17) après séchage du béton. Un procédé de fabrication d'un réservoir, un élément de paroi et un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide sont également concerner.

PROCEDE DE FABRICATION D'UN ELEMENT DE PAROI D'UN RESERVOIR ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANT

Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des réservoirs, étanches et
5 thermiquement isolants, à membrane, pour le stockage d'un fluide cryogénique.

Des réservoirs étanches et thermiquement isolants à membrane sont
notamment employés pour le stockage de gaz naturel liquéfié (GNL), qui est stocké,
à pression atmosphérique, à environ -162°C.

Arrière-plan technologique

10 Le document WO0229310 divulgue un procédé de fabrication d'un
réservoir de stockage d'un liquide cryogénique. Le réservoir comporte une structure
multicouche comportant dans le sens de l'épaisseur, depuis l'extérieur vers
l'intérieur, une structure porteuse en béton, une barrière thermiquement isolante et
une membrane métallique destinée à être en contact avec le fluide cryogénique. La
15 barrière thermiquement isolante est constituée d'une pluralité de panneaux isolants
présentant une couche de mousse en polychlorure de vinyle (PVC) qui est
recouverte, sur sa surface extérieure, par un revêtement comportant un matériau
polymère, étanche au gaz et au liquide, et des graviers.

Pour la fabrication du réservoir, la barrière thermiquement isolante est
20 préalablement réalisée par assemblage des panneaux isolants. Un ciment approprié
est disposé à la jonction entre les panneaux isolants de manière à assurer une
jonction étanche au gaz et au liquide entre les panneaux isolants. Par la suite, un
coffrage amovible est mis en place. Le coffrage comporte une cloison extérieure qui
est disposée à l'extérieur des panneaux isolants, à distance de ceux-ci de manière à
25 définir un espace pour le coulage du béton de la structure porteuse entre les
panneaux isolants et la cloison extérieure. Le coffrage comporte en outre une
cloison intérieure permettant de retenir les panneaux isolants vers l'intérieur et de
reprendre la poussée du béton lors de son coulage. La structure porteuse en béton
peut alors être coulée entre la cloison extérieure et les panneaux isolants.

Un tel procédé de fabrication d'un réservoir n'est pas pleinement satisfaisant. En effet, les opérations d'assemblage des panneaux isolants sur le site d'implantation du réservoir sont complexes et délicates. En particulier, la mise en place du ciment visant à assurer l'étanchéité entre les panneaux isolants est longue et délicate de telle sorte que des défauts d'étanchéité peuvent se manifester entre la structure porteuse et la couche de mousse en PVC des panneaux isolants.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un élément de paroi destiné à la fabrication d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique qui soit fiable et simple à mettre en œuvre.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un procédé de fabrication d'un élément de paroi destiné à la construction d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide, ledit élément de paroi comportant dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur, une structure porteuse en béton, une barrière étanche secondaire comportant une tôle métallique et une barrière thermiquement isolante; le procédé comportant une opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante contre la tôle métallique et une opération de formation de la structure porteuse comportant les étapes suivantes :

- former un compartiment de coffrage délimité, à l'intérieur, par la tôle métallique de la barrière étanche secondaire, et à l'extérieur par un élément de coffrage amovible ;
- couler du béton dans le compartiment de coffrage de sorte à former la structure porteuse en béton ; et
- retirer l'élément de coffrage amovible après séchage du béton.

Ainsi, la tôle métallique de la barrière étanche secondaire présente une double fonctionnalité puisqu'elle permet, d'une part, d'assurer un caractère structurel en formant une paroi rigide de coffrage lors du coulage de la structure porteuse en béton et, d'autre part, de former une barrière étanche secondaire destinée à assurer l'étanchéité du réservoir en cas de défaut d'étanchéité de la membrane d'étanchéité primaire.

Dès lors, lors de la fabrication du réservoir par assemblage d'une pluralité d'éléments de paroi précités, l'étanchéité entre les barrières étanches secondaires

des éléments de paroi peut être réalisée de manière simple et fiable au moyen de simples opérations de soudage visant à raccorder les tôles métalliques des éléments de paroi les unes aux autres.

En outre, l'utilisation de la tôle métallique comme paroi de coffrage perdue
5 pour les opérations de coulage de la structure porteuse en béton permet de faciliter les opérations de coffrage et de diminuer leur coût. En particulier, la tôle métallique présente une certaine rigidité qui contribue à la rigidité de la structure de coffrage lors des opérations de coulage de la structure porteuse.

Enfin, l'utilisation d'une telle tôle métallique autorise une préfabrication
10 avancée de l'élément de paroi puisque celui-ci est susceptible de comprendre une structure porteuse, une barrière étanche secondaire, une barrière thermiquement isolante, et optionnellement une membrane d'étanchéité primaire, dans un état prêt à être monté et assemblé à d'autres éléments de parois, en chantier.

Selon des modes de réalisation, un tel procédé de fabrication d'un élément
15 de paroi peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

- L'on fixe la tôle métallique à un profilé et, lors de l'opération de formation de la structure porteuse, le profilé s'étend dans le compartiment de coffrage entre la tôle métallique de la barrière étanche secondaire et l'élément de coffrage amovible. Ainsi, un tel profilé présente également une double fonctionnalité
20 puisque, d'une part, il contribue à assurer la rigidité du coffrage pendant les opérations de formation de la structure porteuse en béton et, d'autre part, il contribue à renforcer la résistance du béton de la structure porteuse pendant la durée de vie du réservoir.
- Le profilé est en acier.
- 25 - Selon un mode de réalisation, l'on fixe la tôle métallique au profilé par soudage.
- Avantageusement, une pluralité de goujons est soudée à la tôle métallique pour garantir une bonne adhérence du béton à la tôle métallique.
- Selon un autre mode de réalisation, l'on fixe la tôle métallique au profilé par une pluralité de goujons de fixation qui sont, d'une part, soudés à la tôle métallique
30 et d'autre part soudés au profilé.

- ~ Lors de l'opération de formation de la structure porteuse, l'on dispose des ferraillements, tels que des treillis métalliques, dans le compartiment de coffrage entre la tôle métallique et l'élément de coffrage amovible.
- ~ Selon un mode de réalisation, l'on fixe le ferraillement au profilé, ce qui permet de le maintenir en position durant l'opération de coulage du béton.
- ~ Selon un mode de réalisation, lors de l'opération de formation de la structure porteuse, l'on dispose une gaine destinée au passage d'un câble de précontrainte à l'intérieur du compartiment de coffrage.
- ~ Lors de la formation du compartiment de coffrage, l'on ferme les extrémités du compartiment de coffrage au moyen d'un fond de coffrage et d'un couvercle de coffrage ; lesdits fond et couvercle de coffrage étant disposés selon la direction d'épaisseur entre l'élément de coffrage amovible et la tôle métallique et l'on retire le fond de coffrage et le couvercle de coffrage après séchage du béton.
- ~ Selon un mode de réalisation, le fond de coffrage et le couvercle de coffrage présentent des matrices de forme complémentaire l'une à l'autre de sorte à permettre un assemblage par emboîtement de forme de l'élément de paroi avec un autre élément de paroi.
- ~ Le procédé comprend en outre une opération d'ancrage d'une membrane d'étanchéité primaire, destinée à être en contact avec le fluide contenu dans le réservoir, sur la barrière thermiquement isolante ou sur des moyens d'ancrage fixés sur la tôle métallique de la barrière étanche secondaire.
- ~ L'opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante contre la tôle métallique comporte l'étape de fixer un panneau isolant en mousse polymère de la barrière thermiquement isolante contre la tôle métallique.
- ~ Le panneau isolant est fixé contre une face interne de la tôle métallique.
- ~ Le panneau isolant est fixé sur la tôle métallique avant ou après l'opération de coulage du béton.
- ~ Selon un mode de réalisation, le panneau isolant est collé sur la tôle métallique.
- ~ Selon un autre mode de réalisation, le panneau isolant est fixé sur la tôle métallique au moyen de goujons de fixation. Par exemple, chaque goujon de

fixation est, d'une part, soudé sur la face intérieure de la tôle métallique et, d'autre part, comporte une extrémité filetée passant au travers d'un puit cylindrique ménagé dans le panneau isolant et coopérant avec un écrou.

- Le panneau isolant comporte une pluralité de platines d'ancrage et l'on ancre, par exemple par soudage, la membrane d'étanchéité primaire sur lesdites platines d'ancrage.
- La membrane d'étanchéité primaire comporte une ou plusieurs tôles capables de reprendre les efforts thermiques du système qui sont ancrées sur les platines d'ancrage.
- 10 - Selon un mode de réalisation, les tôles de la membrane d'étanchéité primaire sont des tôles ondulées leur permettant de se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques générées par le fluide emmagasiné dans le réservoir.
- Selon un autre mode de réalisation, les tôles de la membrane d'étanchéité sont des virures à bords relevés. Dans un tel cas, les tôles sont formées dans un matériau à faible coefficient de dilatation, tel que l'Invar® - c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ - ou un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
- 15 - La tôle métallique présente deux zones de bordure non recouvertes par la barrière thermiquement isolante, respectivement de part et d'autre de ladite barrière thermiquement isolante de manière à dégager un espace autorisant le soudage de la tôle métallique à une tôle métallique d'une barrière étanche secondaire d'un autre élément de paroi.
- 20 - L'opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante contre la tôle métallique comporte les étapes de :
 - former un second compartiment de coffrage délimité, à l'intérieur, par une membrane d'étanchéité primaire destinée à être en contact avec le fluide contenu dans le réservoir, et à l'extérieur par la tôle métallique de la barrière étanche secondaire ; et
 - 25 - couler de la mousse polymère dans le second compartiment de coffrage de sorte à former la barrière thermiquement isolante.
- 30

- Selon un mode de réalisation, la membrane d'étanchéité primaire comporte une tôle ondulée présentant au moins deux ondulations perpendiculaires faisant saillie vers l'intérieur et l'on fixe une plaque de recouvrement contre une face extérieure de la tôle ondulée, en regard de chacune des ondulations, avant de couler la mousse polymère dans le second compartiment de coffrage.
5
- L'on fixe les plaques de recouvrement à la tôle ondulée au moyen d'une pièce d'ancrage qui comporte un organe d'attachement que l'on coince élastiquement dans la contre-dépouille d'un pli formé au niveau d'un croisement entre deux ondulations de la tôle ondulée et une pluralités d'organes de retenue coopérant chacun avec l'une des plaques de recouvrement.
10
- Chaque plaque de recouvrement comporte sur sa face intérieure une rainure présentant une section en forme de T inversé et dans laquelle chaque organe de retenue présente une section en forme de T inversé et l'on loge chaque organe de retenue à l'intérieur de la rainure de l'une des plaques de recouvrement de manière à retenir ladite plaque de recouvrement à la pièce d'ancrage.
15
- Chaque plaque de recouvrement comporte deux zones recouvertes d'adhésif et l'on fixe les deux zones recouvertes d'adhésif contre la face externe de la tôle ondulée respectivement de part et d'autre de l'ondulation recouverte par ladite plaque de recouvrement.
20
- Le second compartiment de coffrage est disposé de telle sorte que la tôle métallique présente deux zones de bordures qui ne sont pas recouvertes par la mousse polymère après le coulage de la mousse polymère de manière à dégager un espace autorisant le soudage de la tôle métallique à une tôle métallique de la barrière étanche secondaire d'un autre élément de paroi.
25
- Lors de la formation du second compartiment de coffrage l'on ferme l'une des extrémités du second compartiment de coffrage, au moyen d'un second fond de coffrage ; ledit second fond de coffrage étant disposé selon la direction d'épaisseur entre la tôle métallique de la barrière étanche secondaire et la membrane d'étanchéité primaire et étant disposé de sorte à ménager l'une des deux zones de bordures non recouvertes par la mousse polymère lors du
30

coulage de la mousse polymère; et l'on retire le second fond de coffrage après séchage de la mousse polymère.

- 5 ~ Avant le coulage de la mousse polymère dans le second compartiment de coffrage, l'on fixe sur la membrane d'étanchéité primaire des chevilles à mousse s'étendant vers l'extérieur, à l'intérieur du second compartiment de coffrage ; lesdites chevilles à mousse étant emprisonnées dans la mousse polymère lors du coulage de la mousse polymère afin d'assurer l'ancrage de la membrane d'étanchéité primaire à la barrière thermiquement isolante.
- 10 ~ Les chevilles à mousse sont portées par des platines métalliques qui sont soudées à la membrane d'étanchéité primaire.
- ~ Selon un mode de réalisation, l'on fixe des platines d'ancrage à la tôle métallique de la barrière étanche secondaire par l'intermédiaire de goujons de fixation s'allongeant dans la direction d'épaisseur et l'on ancre, par exemple par soudage, la membrane d'étanchéité primaire sur lesdites platines d'ancrage.
- 15 ~ La membrane d'étanchéité primaire présente une forme générale de prisme droit à base polygonale définie par une pluralité de pans dirigés parallèlement à la génératrice du prisme droit et délimitant un espace interne prismatique et l'on dispose dans l'espace interne prismatique, une armature de support apte à reprendre les efforts exercés par la mousse polymère sur la membrane d'étanchéité primaire lors du coulage de la mousse polymère.
- 20 ~ La barrière étanche secondaire et la barrière thermiquement isolante présentent une forme générale de prisme droit à base polygonale définie par une pluralité de pans dirigés parallèlement à la génératrice du prisme droit et délimitant un espace interne prismatique et l'on dispose dans l'espace interne prismatique, une armature de support apte à reprendre les efforts exercés par le béton sur la barrière étanche secondaire lors du coulage du béton.
- 25 ~ Selon un mode de réalisation, l'armature de support coopère avec la membrane d'étanchéité primaire, l'armature de support comporte une pluralité de ventouses disposées de sorte qu'elles adhèrent chacune contre une surface plane de la membrane d'étanchéité primaire. Selon un autre mode de réalisation, l'armature de support coopère avec la membrane d'étanchéité primaire, ladite membrane d'étanchéité primaire présentant un réseau d'ondulations et des zones de
- 30

nœuds au niveau de chaque croisement entre deux ondulations et l'armature de support comporte une pluralité de pinces à nœud disposées de telle sorte qu'elles viennent chacune pincer l'une des zones de nœud de la membrane d'étanchéité primaire.

- 5 - Selon encore un autre mode de réalisation, l'on fixe des entretoises s'allongeant dans la direction d'épaisseur entre, d'une part, la membrane d'étanchéité primaire et, d'autre part, la tôle métallique de la barrière étanche secondaire de manière à reprendre les efforts exercés par la mousse polymère sur la membrane d'étanchéité primaire lors du coulage de la mousse polymère.
- 10 - Selon une variante de réalisation, la tôle métallique de la barrière étanche secondaire présente une pluralité de nervures de renfort. Les nervures de renfort présentent, par exemple, un profil en oméga.

- Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de fabrication d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide
- 15 dans lequel l'on assemble une pluralité d'éléments de paroi obtenus par le procédé précité, et l'on soude de manière étanche la tôle métallique de chaque élément de paroi à la tôle métallique d'un élément de paroi adjacent.

- Selon des modes de réalisation, un tel procédé de fabrication d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide peut comporter une ou
- 20 plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Selon un mode de réalisation, la tôle métallique de chaque élément de paroi est soudée à la tôle métallique d'un élément de paroi voisin au moyen d'une tôle de jonction.
- Selon un autre mode de réalisation, la tôle métallique de chaque élément de paroi est directement soudée à la tôle métallique d'un élément de paroi voisin
- 25 par soudage bout-à-bout.
- La tôle métallique de chaque élément de paroi présente deux zones de bordure non recouvertes par la barrière thermiquement isolante, respectivement de part et d'autre de ladite barrière thermiquement isolante de manière à dégager un
- 30 espace autorisant le soudage de la tôle métallique de chaque élément de paroi à celle de l'élément de paroi voisin et l'on dispose un pavé isolant à cheval ou l'on projette ou injecte de la mousse isolante sur deux zones de bordure

voisines de deux éléments de paroi voisins de manière à compléter l'isolation entre les barrières thermiquement isolantes des deux éléments de paroi voisins.

- L'on soude de manière étanche la membrane d'étanchéité primaire de chaque élément de paroi à la membrane d'étanchéité primaire de chaque élément de paroi adjacent.
- Chaque élément de paroi présente une forme générale de prisme droit à base polygonale définie par une pluralité de pans dirigés parallèlement à la génératrice du prisme droit et délimitant un espace interne prismatique.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un élément de paroi destiné à la construction d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un élément de paroi destiné à la construction d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique comportant dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur, une structure porteuse en béton, une barrière étanche secondaire comportant une tôle métallique et une barrière thermiquement isolante dans lequel la structure porteuse en béton est obtenue par coulage de béton dans un compartiment de coffrage délimité à l'intérieur par la tôle métallique de la barrière étanche secondaire, la structure porteuse en béton adhérant directement contre la tôle métallique de la barrière étanche secondaire.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit en outre un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique comportant une pluralité d'éléments de paroi précités assemblés les uns aux autres.

Un tel réservoir peut notamment faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL.

Certains aspects de l'invention partent de l'idée de faciliter la fabrication d'un élément de paroi. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de faciliter les opérations d'assemblage des éléments de paroi les uns aux autres pour la fabrication d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique.

Brève description des figures

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.

5 - **La figure 1** est une vue schématique en perspective éclatée d'un réservoir de stockage d'un fluide cryogénique constitué d'un assemblage d'éléments préfabriqués.

 - **La figure 2** est une vue schématique en perspective de l'un des éléments préfabriqués destiné à former l'une des deux extrémités longitudinales du
10 réservoir.

 - **La figure 3** est une vue schématique, en coupe selon un plan longitudinal du réservoir, d'un pan d'un élément préfabriqué selon un premier mode de réalisation avant le coulage de la structure porteuse en béton.

 - **La figure 4** est une vue schématique, en coupe selon un plan
15 longitudinal du réservoir, illustrant la jonction entre deux éléments préfabriqués.

 - **La figure 5** est une vue schématique, en coupe selon un plan orthogonal à la direction longitudinale du réservoir, d'un élément préfabriqué en cours de fabrication, selon un second mode de réalisation.

 - **La figure 6** est une vue schématique, en coupe selon un plan
20 longitudinal du réservoir, d'un pan de l'élément préfabriqué de la figure 5, lors de sa fabrication.

 - **La figure 7** est une vue schématique, en coupe selon un plan orthogonal à la direction longitudinale du réservoir d'un élément préfabriqué selon une variante du mode de réalisation illustré sur la figure 6.

25 - **La figure 8** est une vue schématique, en coupe selon un plan longitudinal du réservoir, illustrant la jonction entre deux éléments préfabriqués, tels que représentés sur la figure 5.

 - **La figure 9** illustre de manière détaillée la barrière thermiquement isolante et la membrane d'étanchéité primaire de l'élément préfabriqué de la figure 5
30 selon une variante de réalisation.

- La figure 10 illustre de manière détaillée la barrière thermiquement isolante et la membrane d'étanchéité primaire d'un élément préfabriqué selon une autre variante de réalisation.

5 - La figure 11 est une vue schématique partielle d'une plaque de recouvrement d'une ondulation, telle que représentée sur les figures 9 et 10.

- La figure 12 illustre une pièce d'ancrage destinée à assurer la fixation de la plaque de recouvrement de la figure 11 contre la membrane d'étanchéité primaire

10 - La figure 13 est une vue schématique d'une tôle métallique de la barrière étanche secondaire et de platines d'ancrage destinées à assurer l'ancrage de la membrane d'étanchéité primaire à ladite tôle métallique selon un mode de réalisation.

15 - La figure 14 est une vue schématique en perspective illustrant partiellement la structure de la membrane d'étanchéité primaire et de la barrière étanche secondaire au niveau d'un angle formé entre deux parois d'un élément préfabriqué selon un mode de réalisation.

- La figure 15 est une vue schématique en coupe de l'angle formé entre deux parois d'un élément préfabriqué.

20 - La figure 16 est une vue schématique, en coupe selon un plan longitudinal, d'un élément préfabriqué en cours de fabrication et d'une armature de support, selon un premier mode de réalisation, disposé à l'intérieur de l'élément préfabriqué de manière à reprendre la poussée de la mousse polymère lors de son coulage.

25 - La figure 17 est une vue schématique en coupe selon un plan longitudinal, d'un élément préfabriqué en cours de fabrication et d'une armature de support, selon un second mode de réalisation.

30 - La figure 18 est une vue schématique en coupe d'un élément préfabriqué en cours de fabrication, dans lequel la membrane d'étanchéité primaire est reliée à la barrière étanche secondaire par des entretoises permettant de reprendre les efforts exercés par la mousse polymère sur la membrane d'étanchéité primaire lors de son coulage.

Description détaillée de modes de réalisation

Par convention, les termes « extérieur » et « intérieur » sont utilisés pour définir la position relative d'un élément par rapport à un autre, par référence à l'intérieur et à l'extérieur du réservoir.

En référence à la figure 1, on observe un réservoir 1 de stockage d'un
5 fluide cryogénique qui est formé d'un assemblage modulaire d'une pluralité d'éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d, ... De tels éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, sont préalablement fabriqués en atelier puis assemblés les uns aux autres sur le site d'implantation du réservoir 1, ce qui permet de limiter le temps global de construction in situ du réservoir 1.

10 Le réservoir 1 présente une forme cylindrique. Plus particulièrement, le réservoir présente sur la figure 1 une forme de cylindre polygonale ou prisme droit à base polygonale dont chacun des éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d forme l'un des tronçons. Dans le mode de réalisation représenté, le réservoir 1 présente une
15 forme de prisme droit à base carrée. Toutefois, le réservoir 1 peut présenter d'autres formes prismatiques, par exemple avec une base de forme rectangulaire, octogonale ou autre. Notons en outre que, selon un mode de réalisation non représenté, la surface extérieure du réservoir présente une forme de cylindre circulaire alors que la surface intérieure présente une forme de prisme droit à base polygonale. Par convention, la direction longitudinale est dirigée parallèlement à la
20 génératrice du prisme droit.

Les éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, sont creux de manière à définir un espace interne prismatique de stockage du fluide et présentent chacun une forme générale de prisme droit à base polygonale qui est définie par une pluralité de pans latéraux 3, 4, 5, 6 s'étendant selon la direction longitudinale du réservoir 1. Le
25 réservoir 1, présente à chacune de ses deux extrémités longitudinales, un élément préfabriqué 2a, tel que représenté sur la figure 2, qui comporte, en outre, un pan de fond 7, orthogonal à la direction longitudinale, et rejoignant les pans latéraux 3, 4, 5, 6 dudit élément préfabriqué 2a de manière à fermer l'espace interne de stockage du fluide.

30 Les éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d peuvent être empilés les uns contre les autres, horizontalement, comme dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, ou verticalement dans un autre mode de réalisation. Les éléments

préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d reposent sur des éléments de support 8, illustrés sur la figure 1, qui sont fixés au sol 9.

Chacun des pans 3, 4, 5, 6, 7 des éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d présente une structure multicouche, notamment représentée sur la figure 2. La structure multicouche comporte dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur du réservoir 1, une structure porteuse 10 en béton, une barrière étanche secondaire 11, une barrière thermiquement isolante 12 et une membrane d'étanchéité primaire 13 destinée à être en contact avec le fluide cryogénique contenu dans le réservoir 1.

En relation avec la figure 3, on observe la structure d'un pan 3, 4, 5, 6 d'un élément préfabriqué 2b selon un premier mode de réalisation. L'élément préfabriqué 2b est ici représenté, en cours de fabrication, avant que sa structure porteuse 10 en béton ne soit coulée. La barrière étanche secondaire 11 d'un élément préfabriqué comporte une ou plusieurs tôles métallique 14. A titre d'exemple, la barrière étanche secondaire 11 peut comporter, pour chacun des pans 3, 4, 5, 6 de l'élément préfabriqué 2b, une tôle métallique 14, les tôles métalliques 14 étant alors chacune soudées de manière étanche aux tôles métalliques des autres pans voisins. Chaque tôle métallique 14 présente, par exemple, une épaisseur comprise entre 3 et 5 mm. La tôle métallique 14 est de préférence réalisée en acier au carbone - c'est-à-dire un acier comprenant du carbone dans une proportion en masse comprise entre 0.12 et 2%- en acier inoxydable ou en acier à haut manganèse. De tels aciers présentent une excellente résistance.

Chaque tôle métallique 14 est fixée à un ou plusieurs profilés 16 régulièrement répartis à l'extérieur de la tôle métallique 14 de manière à la rigidifier. Les profilés 16 s'étendent selon la direction longitudinale. En outre, les profilés 16 sont typiquement réalisés en acier, ce qui leur confère une excellente rigidité.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 3, les profilés 16 sont fixés aux tôles métalliques 14 par une pluralité de goujons de fixation 15. Chaque goujon de fixation 15 s'étend selon la direction d'épaisseur et est, d'une part, soudé à la tôle métallique 14 et, d'autre part, soudé à un profilé 16.

Dans un autre mode de réalisation non représenté, les profilés 16 sont directement soudés sur les tôles métalliques 14. Dans ce cas, l'élément préfabriqué 2b peut comprendre des goujons qui sont soudés sur la surface extérieure de la

tôle métallique et s'étendent vers l'extérieur de manière assurer un ancrage satisfaisant de la tôle métallique 14 sur la structure porteuse 10.

Afin de former la structure porteuse 10, l'on dispose un ou plusieurs éléments de coffrage extérieurs 17, amovibles, à l'extérieur de la barrière étanche
5 secondaire 11. Le ou les éléments de coffrages extérieurs 17 présentent ensemble une forme de cylindre circulaire ou de prisme droit à base polygonale qui est disposée de manière concentrique à la barrière étanche secondaire 11. Ainsi, l'on forme un compartiment de coffrage 18 qui est délimité, à l'intérieur, par la ou les
10 tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11 et, à l'extérieur, par le ou les éléments de coffrage extérieurs 17. Des ferrailages 19, tels que des treillis métalliques, destinés à augmenter la résistance mécanique de la structure porteuse 10 sont disposés dans le compartiment de coffrage 18. Ces ferrailages 19 peuvent notamment être fixés aux profilés 16, aux goujons de fixation 15 et/ou à la tôle
15 métallique 14 de manière à assurer leur positionnement dans le compartiment de coffrage 18. Selon une réalisation avantageuse, des gaines 20 destinées au passage de câbles de précontrainte sont également régulièrement réparties à l'intérieur du compartiment de coffrage 18.

Par la suite, l'on ferme le compartiment de coffrage 18, au niveau de ses deux extrémités longitudinales, par un fond de coffrage 21 et un couvercle de
20 coffrage 22. Le fond de coffrage 21 et le couvercle de coffrage 22 s'étendent selon la direction d'épaisseur de la paroi, entre les éléments de coffrage extérieurs 17 et la barrière étanche secondaire 11.

Le couvercle de coffrage 22 est avantageusement équipé d'un orifice, non illustré, permettant l'injection du béton à l'intérieur du compartiment de coffrage 18.
25 Selon un mode de réalisation alternatif, le couvercle de coffrage 22 n'est mis en place qu'après avoir préalablement injecté le béton dans le compartiment de coffrage 18.

La structure porteuse 10 est obtenue en coulant du béton à l'intérieur du compartiment de coffrage 18 ainsi réalisé. Après solidification du béton, le ou les
30 éléments de coffrage amovibles 17 ainsi que le fond de coffrage 21 et le couvercle de coffrage 22 sont retirés.

Dans le mode de réalisation représenté, le fond de coffrage 21 et le couvercle de coffrage 22 présentent des matrices qui sont de forme complémentaire

l'une à l'autre de sorte à former, au niveau des deux extrémités longitudinales de la structure porteuse 10 de chaque élément préfabriqué, des empreintes de formes complémentaires l'une à l'autre. Ainsi, comme représenté sur la figure 4, les éléments préfabriqués 2b, 2c sont susceptibles de venir s'emboîter les uns dans les autres par emboîtement de forme de leur structure porteuse 10.

La barrière thermiquement isolante 12 comporte un ou plusieurs panneaux isolants 23 fixés sur la ou les tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11. Le panneau isolant 23 peut être fixé sur la barrière étanche secondaire 14 avant ou après les opérations de coulage du béton de la structure porteuse 10. Chaque panneau isolant 23 comporte une couche de mousse polymère isolante et une plaque rigide interne, par exemple en bois contreplaqué, collée sur ladite couche de mousse polymère isolante. La mousse polymère isolante est, par exemple, une mousse à base de polyuréthane et est avantageusement renforcée par des fibres de verre contribuant à réduire son coefficient de contraction thermique.

Selon une variante de réalisation, chaque panneau isolant 23 est collé contre la face interne de la tôle métallique 14 de la barrière étanche secondaire 11. Selon une autre variante de réalisation non représentée, chaque panneau isolant 23 est fixé à la tôle métallique 14 au moyen de goujons filetés qui sont soudés sur la tôle métallique 14. Pour ce faire, chaque panneau isolant 23 est pourvu de plusieurs puits cylindriques au travers de chacun desquels est inséré un goujon fileté. Chacun des puits cylindriques présente un changement de section, définissant une surface d'appui pour un écrou coopérant avec l'extrémité filetée d'un des goujons.

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 3 et 4, le panneau isolant 23 ne recouvre pas intégralement la tôle métallique 14 de sorte que ladite tôle métallique présente deux zones de bordure 24, 25, non recouvertes par la barrière thermiquement isolante 12, disposées longitudinalement de part et d'autre du panneau isolant 23.

Dans le mode de réalisation représenté, la membrane d'étanchéité primaire 13 comporte une pluralité de tôles ondulées 26, en métal. Les tôles ondulées 26 sont, par exemple, réalisées en acier inoxydable ou en aluminium. Chaque tôle ondulée 26 présente au moins deux ondulations perpendiculaires faisant saillie vers l'intérieur du réservoir. Les tôles ondulées 26 sont soudées les unes aux autres à

recouvrement et définissent ainsi un réseau d'ondulations. Les tôles ondulées 26 comportent entre les ondulations une pluralité de surfaces planes reposant contre la barrière thermiquement isolante 12. Par ailleurs, au niveau de chaque croisement entre deux ondulations, la tôle ondulée 26 comporte une zone de nœud. La structure d'une telle zone de nœud est notamment décrite de manière détaillée dans le document WO2012020194.

Les tôles ondulées 26 sont ancrées sur la barrière thermiquement isolante 12. Pour ce faire, chaque panneau isolant 23 est équipé de platines d'ancrage, non illustrées, s'étendant le long des bords des tôles ondulées 26 et fixées sur la plaque rigide interne dudit panneau isolant 23, par exemple par des vis, des rivets ou des agrafes. L'ancrage des tôles ondulées 26 sur les platines d'ancrage est, par exemple, réalisé par des soudures de pointage.

De manière alternative, les tôles ondulées 26 de la membrane d'étanchéité primaire 13 ne sont pas préalablement ancrées sur les éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d et sont fixées in-situ sur des platines d'ancrage portées par les panneaux isolants 23 après l'assemblage préalable des éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d.

Dans un autre mode de réalisation non illustré, la membrane d'étanchéité primaire 13 comporte une pluralité de tôles qui présentent chacune la forme d'une virure à bords relevés. Les bords repliés des virures sont soudés de manière étanche à des supports de soudure qui sont ancrés sur les panneaux isolants. Les tôles sont formées dans un matériau à faible coefficient de dilatation, tel que l'Invar® - c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ - ou un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est typiquement de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Sur la figure 4, l'on observe la jonction entre deux éléments préfabriqués voisins 2b, 2c. Comme mentionné précédemment, les extrémités longitudinales de la structure porteuse 10 de chaque élément préfabriqué 2b, 2c présentent des empreintes 27, 28 permettant aux éléments préfabriqués 2b, 2c de s'emboîter les uns dans les autres.

A la jonction entre deux éléments préfabriqués 2b, 2c, la continuité de l'étanchéité de la barrière étanche secondaire 11 est assurée au moyen d'une ou de plusieurs tôles de jonction 29 qui sont chacune soudées à clin sur une tôle

métallique 14 de chacun des deux éléments préfabriqués 2b, 2c adjacents. Selon une autre variante de réalisation, les tôles métalliques 14 des deux éléments préfabriqués 2b, 2c sont directement soudées l'une à l'autre par soudage bout-à-bout, également appelé « butt welding » en langue anglaise.

5 Par ailleurs, l'on observe qu'un ou plusieurs pavés isolants 30 sont disposés à cheval sur les deux zones de bordures voisines 24, 25 des deux éléments préfabriqués 2b, 2c voisins de manière à compléter la barrière thermiquement isolante 12 entre les panneaux isolants 23 de l'un et l'autre des deux éléments préfabriqués 2b, 2c. Chaque pavé isolant 30 présente une structure
10 sensiblement identique à celle d'un panneau isolant 23 et comporte, ainsi, une couche de mousse polymère isolante qui est recouverte par une plaque rigide interne. Les plaques rigides externes des panneaux isolants 23 et des pavés isolants 30 sont disposés dans le prolongement les uns des autres de sorte à constituer une surface plane continue apte à supporter la membrane d'étanchéité
15 primaire 13.

La continuité de la membrane d'étanchéité primaire 13 est assurée au moyen de tôles ondulées 31 qui s'étendent à cheval entre les deux éléments préfabriqués 2b, 2c et présentent un bord soudé à recouvrement sur l'une des tôles ondulées 26 de l'un des éléments préfabriqués 2b, 2c et un autre bord soudé à
20 recouvrement sur l'une des tôles ondulées 26 de l'autre des éléments préfabriqués 2b, 2c.

Lorsque tous les éléments préfabriqués 2b, 2c ont été assemblés les uns aux autres, des câbles de précontrainte 32, passant au travers des gaines 20 intégrées dans la structure porteuse 10, sont mis en tension de manière à mettre
25 sous contrainte la structure porteuse 10 du réservoir 1.

En relation avec les figures 5 et 6, on décrit désormais un procédé de fabrication d'un élément préfabriqué 2b selon un autre mode de réalisation. Ce procédé de fabrication d'un élément préfabriqué 2b diffère de celui décrit précédemment en ce que la barrière thermiquement isolante 12 est ici obtenue en
30 coulant de la mousse polymère 39 à l'état fluide.

La structure porteuse 10 est quand-à-elle obtenue d'une manière sensiblement identique à la structure porteuse 10, telle que décrite ci-dessus en relation avec les figures 3 et 4.

Nous observons que, sur les figures 6 et 7, l'élément préfabriqué 2b ne comporte pas de profilés permettant de renforcer la rigidité des tôles métalliques 14 constituant la barrière étanche secondaire 11. Dans ce cas, l'ancrage de la structure porteuse 10 aux tôles métalliques 14 est susceptible d'être réalisé au moyen de
5 goujons de fixation, non illustrés, qui sont soudés contre la face externe des tôles métalliques 14 et s'allongent vers l'extérieur, à l'intérieur du compartiment de coffrage 18. Dès lors, de tels goujons de fixation sont emprisonnés dans le béton de la structure porteuse 10 lors de son coulage dans le compartiment de coffrage 18. Selon une autre variante de réalisation, l'élément préfabriqué 2b peut également
10 être pourvu de profilés 16 reliés aux tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11 comme dans le mode de réalisation des figures 3 et 4.

Afin de former la barrière thermiquement isolante 12, l'on forme un compartiment de coffrage 33 qui est délimité à l'intérieur par la membrane d'étanchéité primaire 13 et à l'extérieur par la barrière étanche secondaire 11. Dès
15 lors, pour former le compartiment de coffrage 33, les tôles ondulées 16 de la membrane d'étanchéité primaire 13 sont soudées les unes aux autres et disposées de manière à former un coffrage intérieur concentrique à la barrière étanche secondaire 11. Notons que la barrière étanche secondaire 11 peut présenter une forme de cylindre circulaire ou de prisme droit à base polygonale.

20 Par la suite, l'on ferme le compartiment de coffrage 33, au niveau d'au moins son extrémité longitudinale inférieure, par un fond de coffrage 34, représenté sur la figure 6. De manière optionnelle, il peut également être envisagé de fermer l'autre extrémité longitudinale du compartiment de coffrage 33 par un couvercle de coffrage, non représenté.

25 Le compartiment de coffrage 33 est disposé par rapport à la tôle métallique 14 de manière à ménager deux zones de bordures 35, 36 qui ne seront pas recouvertes par la mousse polymère 39 après le coulage de la mousse polymère de manière à dégager un espace autorisant le soudage de la tôle métallique 14 à une tôle métallique 14 de la barrière étanche d'un autre élément de paroi. De même, afin
30 de dégager un espace permettant un tel soudage, la tôle métallique 14 déborde longitudinalement de part et d'autre des tôles ondulées 26 de la membrane d'étanchéité primaire 13.

La barrière thermiquement isolante 12 est obtenue en coulant la mousse polymère 39 à l'état fluide dans le compartiment de coffrage 33 ainsi réalisé. Après solidification de la mousse polymère 39, le fond de coffrage 34 est retiré.

La mousse polymère est, par exemple une mousse polyuréthane. De
5 manière avantageuse, des fibres, telles que des fibres de verre sont ajoutées à la mousse polymère. Un tel ajout de fibres contribue à réduire la contraction thermique de la mousse polymère lors de la mise au froid du réservoir 1.

Selon un mode de réalisation, la densité de mousse polymère est adaptée pour chacun des pans 3, 4, 5, 6, 7 d'un même élément préfabriqué 2a, 2b, 2c, 2d
10 et/ou pour chacun des éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d. La densité de la mousse polymère est choisie en fonction de la position définitive du pan 3, 4, 5, 6, 7 ou de l'élément préfabriqué 2a, 2b, 2c, 2d en cause au sein du réservoir 1. La densité de la mousse polymère peut ainsi être adaptée en fonction de la pression hydrostatique susceptible d'être exercée par le fluide contenu dans le réservoir 1.
15 En d'autres termes, lorsque la direction longitudinale du réservoir 1 est orientée verticalement, la densité de mousse polymère dans la barrière thermiquement isolante 12 de chaque élément préfabriqué 2a, 2b, 2c, 2d est plus faible que celle de l'élément préfabriqué 2a, 2b, 2c, 2d sur lequel il repose. De la même façon, lorsque la direction longitudinale du réservoir 1 est orientée verticalement, la densité de
20 mousse polymère des pans 3, 4, 5, 6, 7 d'un élément préfabriqué augmente lorsque la position dudit pan se rapproche du bas du réservoir 1.

Selon un mode de réalisation, la face externe des tôles ondulées 16 de la membrane d'étanchéité primaire 13 est susceptible d'être partiellement ou totalement recouverte d'un revêtement thermiquement isolant, tel qu'un tissu de
25 verre ou un enduit céramique à base de solution acrylique ou aqueuse. Un tel revêtement thermiquement isolant est au moins appliqué au niveau des bords des tôles ondulées 16 de l'élément préfabriqué 2b qui seront soudés à des tôles ondulées 16 d'un autre élément préfabriqué 2a, 2c. Un tel revêtement thermiquement isolant permet ainsi de protéger la mousse polymère contre des
30 températures susceptibles de la dégrader lors des opérations de soudage des tôles ondulées 16 d'un élément préfabriqué 2b aux tôles ondulées 16 d'un autre élément préfabriqué 2a, 2c.

En relation avec la figure 7, on observe un élément préfabriqué 2b en cours de fabrication, selon un autre mode de réalisation. Ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation des figures 5 et 6 en ce que les tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire présentent des nervures de renfort 37 parallèles les unes aux autres et s'étendant selon la direction longitudinale du réservoir 1. Sur la figure 7, les nervures de renfort 37 présentent un profil en oméga. De telles nervures de renfort 37 ont pour effet de renforcer la rigidité des tôles métalliques 14. De plus, elles ont également pour effet de favoriser l'ancrage du béton de la structure porteuse 10 sur les tôles métalliques 14 et de favoriser l'ancrage de la barrière thermiquement isolante sur les tôles métalliques 14.

La figure 8 illustre schématiquement la jonction entre deux éléments préfabriqués voisins obtenus selon le procédé décrit en relation avec les figures 5 et 6. Comme dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, l'étanchéité de la barrière étanche secondaire 11 peut être assurée soit au moyen de tôles de jonction 29 qui sont chacune soudées à clin sur une tôle métallique 14 de chacun des deux éléments préfabriqués 2b, 2c adjacents soit en soudant directement l'une à l'autre par soudage bout-à-bout les tôles métalliques 14 des deux éléments préfabriqués voisins 2b, 2c.

Afin d'assurer la continuité de l'isolation thermique, de la mousse polymère 38 est injectée ou projetée dans les zones de bordures 35, 36 qui n'ont pas été recouvertes par la mousse polymère 39 lors de l'opération de coulage. De manière avantageuse, un revêtement anti-adhérence, tel qu'un film téflon, est appliqué sur les zones de bordures 35, 36 des tôles métalliques 14 avant la projection de la mousse polymère, ce qui permet de limiter les risques de fissuration de la mousse polymère 38 dans la zone de jonction entre les éléments préfabriqués 2b, 2c.

En relation avec la figure 9, l'interface entre la mousse polymère 38 et les tôles ondulées 26 de la membrane d'étanchéité primaire 13 selon une variante de réalisation est illustrée. La membrane d'étanchéité primaire 13 est ancrée à la mousse polymère 39 de sorte à assurer un maintien de la membrane d'étanchéité primaire 13, à la fois lors de la manutention des éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d et en conditions de fonctionnement normales, c'est-à-dire lorsque les éléments préfabriqués 2a, 2b, 2c, 2d sont assemblés et forment un réservoir 1. Pour ce faire, des chevilles à mousse 40 sont fixées contre la face externe des tôles ondulées 26 avant les opérations de coulage de la mousse polymère. Les chevilles à mousse 40

sont orientées selon la direction d'épaisseur, à l'intérieur du compartiment de coffrage 33 destiné à être remplie de mousse polymère. Les chevilles à mousse sont ainsi emprisonnées dans la mousse polymère 39 lors de son expansion dans le compartiment de coffrage 33. De telles chevilles à mousse 40 permettent ainsi
5 d'assurer l'ancrage de la membrane d'étanchéité primaire 13 sur la barrière thermiquement isolante 12.

Dans le mode de réalisation représenté, les chevilles à mousse 40 sont fixés sur les tôles ondulées 26 par l'intermédiaire de platines métalliques 41 qui sont soudées contre la face externe des tôles ondulées 26. Les platines métalliques 41
10 sont soudées par soudage à clin, soudage par recouvrement ou soudage par transparence sur les tôles ondulées 26. Les chevilles à mousse 40 sont chacune fixées sur l'une des platines métalliques 41 par l'intermédiaire d'une vis 42. Une telle vis 42 passe au travers d'un orifice ménagé dans la platine métallique 41 et est reçue au travers d'un orifice fileté ménagé dans l'une des chevilles à mousse 40.
15 Les chevilles à mousse 40, les platines métalliques 41 et les vis 42 peuvent être préalablement préassemblées en kit. Selon une autre variante de réalisation, chaque cheville à mousse 40 est directement fixée à l'une des platines métallique 41, par exemple, au travers d'un orifice fileté ménagé dans ladite platine métallique 41 et coopérant avec un filetage correspondant porté par la cheville à mousse 40.
20 Selon une autre variante de réalisation, chaque platine métallique 41 est formée d'un seul tenant avec les chevilles à mousse 41.

Alors que dans le mode de réalisation de la figure 9, les platines métalliques 41 ne sont pas susceptibles d'être en contact avec le fluide contenu dans le réservoir, les platines métalliques 41 du mode de réalisation de la figure 10
25 sont destinées à constituer une portion de la membrane d'étanchéité primaire et sont donc destinées à être en contact avec le fluide contenu dans le réservoir. Dans ce cas, les tôles ondulées 26 sont équipées de trous ménagés dans leur surfaces planes et les platines métalliques 41 sont chacune soudées à l'une de tôles ondulées 26 en périphérie de l'un des trous par une soudure de type bouchon.
30 Aussi, dans la mesure où les platines métalliques 41 participent également à l'étanchéité de la membrane d'étanchéité primaire 13, les vis 42 permettant de fixer les chevilles à mousse 40 à la platine métallique 41 sont soudées de manière étanche à la platine métallique 41 en périphérie de l'orifice qu'elles traversent ou

bien positionnées à la périphérie de la platine 41, à l'extérieur de la zone qui est en contact avec le liquide.

Selon un mode de réalisation alternatif ou complémentaire, la membrane d'étanchéité primaire 13 est ancrée sur les tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11. Dans un tel mode de réalisation, comme illustré sur la figure 13, les tôles ondulées 26 sont ancrées par soudage sur des platines d'ancrage 43 qui sont fixées aux tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11. Les platines d'ancrage 43 sont ici fixées par l'intermédiaire de goujons de fixation 44. Les goujons de fixation 44 s'allongent selon la direction d'épaisseur au travers du compartiment de coffrage 38 destiné à recevoir la mousse polymère et sont chacun, d'une part, soudés sur l'une des tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11 et, d'autre part, soudés sur l'une des platines d'ancrage 43.

En relation avec les figures 14 et 15, l'on observe la structure d'un élément préfabriqué, et notamment de sa membrane d'étanchéité primaire 13, selon un mode de réalisation, au niveau d'un angle entre deux pans 3, 4. La membrane d'étanchéité primaire 13 comporte ici une pluralité de cornières 57 qui présentent chacune une première aile 58 soudée à une tôle ondulée 26 de l'un des pans 3 et une seconde aile 59 soudée à une tôle ondulée 16 de l'autre des pans 4. Les cornières 57 sont ancrées sur la barrière étanche secondaire 11 au moyen de goujons de fixation 60, 61. Chacune des ailes 58, 59 est ancrée sur la barrière étanche secondaire 11 au moyen d'un goujon de fixation 60, 61 s'étendant parallèlement à ladite aile, de celle-ci vers la tôle métallique 14 du pan adjacent. Dans le mode de réalisation illustrée, les goujons de fixation 60, 61 passent en outre au travers d'un orifice de la tôle métallique 14 et font saillie à l'intérieur du compartiment de coffrage 18 de la structure porteuse 10.

Par ailleurs, les cornières 57 sont raccordées par des pièces d'angle 62, telles que représentées sur la figure 14. Chaque pièce d'angle 62 comporte deux ailes respectivement parallèles à l'un et à l'autre des deux pans adjacents 3, 4. Chaque pièce d'angle 62 est disposée à cheval entre deux cornières 57 et est soudée à celles-ci de manière étanche. Chaque pièce d'angle 62 comporte une ondulation 63 s'étendant d'un bout à l'autre de la pièce d'angle 62 le long des deux ailes de manière à permettre une déformation de la pièce d'angle 62 selon une direction parallèle à l'arête formée à l'intersection des deux pans 3, 4. L'ondulation 63 de chacune des pièces d'angle 62 s'étend dans le prolongement de l'une des

directions des ondulations de la membrane d'étanchéité primaire 13 de sorte à assurer une continuité du réseau d'ondulation de la membrane d'étanchéité primaire 7 au niveau de l'angle de l'élément préfabriqué.

Sur les figures 9, 10 et 13, l'on observe que des plaques de recouvrement 45 sont fixées contre la face externe des tôles ondulées 26 en regard de chacune des ondulations. De telles plaques de recouvrement 45 visent à recouvrir les ondulations de sorte à éviter que de la mousse polymère ne vienne boucher les ondulations lors du coulage de la mousse polymère et n'affecte ainsi la capacité de déformation de la membrane d'étanchéité primaire 13. Les plaques de recouvrement 45 permettent, en outre, d'améliorer la répartition des efforts transmis à la mousse polymère du fait des efforts s'exerçant sur les ondulations par le fluide contenu dans le réservoir.

Une plaque de recouvrement 45, destinée à être disposée en regard d'une ondulation, est partiellement représentée sur la figure 11. Selon un mode de réalisation, une telle plaque de recouvrement 45 est fixée aux tôles ondulées 26 par l'intermédiaire d'une pièce d'ancrage 46 telle qu'illustrée sur la figure 12.

La pièce d'ancrage 46 de la figure 12 peut être fabriquée par moulage d'une résine plastique. La pièce d'ancrage 12 comporte un corps 47 central en forme de tronçon cylindrique creux à section globalement rectangulaire dont les quatre faces extérieures portent respectivement quatre bras 48, 49, 50, 51 s'étendant sensiblement perpendiculairement à l'axe du corps et capables de coopérer chacun avec une plaque de recouvrement 45 pour retenir ou contribuer à retenir ladite plaque de recouvrement 45 en regard d'une ondulation correspondante de la tôle ondulée 26. Deux tiges 70, 71 sont liées aux deux côtés courts du corps 47 et s'étendent à partir de la face supérieure du corps 47 en formant un léger angle incliné vers l'axe du corps de manière à se rapprocher l'une de l'autre sans se rejoindre. Les tiges 70, 71 présentent une forme biseautée en direction de leur extrémité distante du corps. Les extrémités des tiges 70, 71 sont liées par une tige 52 s'étendant perpendiculairement à l'axe du corps 47 et présentant une section plus large que l'extrémité des tiges 70, 71, par exemple sensiblement égale à la largeur des tiges à leur base.

La tige 52 forme une tête de fixation apte à être coincée élastiquement dans la contre dépouille d'un pli formé au niveau d'un croisement entre deux

ondulations des tôles ondulées 26. Pour cela, la tige est dimensionnée avec une section légèrement plus large que la partie la plus étroite du pli. Pour plus de détails quant à la manière dont une telle pièce d'ancrage 46 est susceptible d'être fixée sur les tôles ondulées 26, on se reportera au document WO2012020194.

5 La pièce d'ancrage 46 comporte, à l'extrémité distale de chacun des bras 48, 49, 50, 51, une patte de retenue 53. Chaque patte de retenue 53 est destinée à s'engager dans une rainure 54 ménagée sur la face interne de l'une des plaques de recouvrement 45. Dans le mode de réalisation représenté, les pattes de retenue 53 et les rainures présentent une section de forme complémentaire, ici en forme de T,
10 de manière à permettre une retenue des plaques de recouvrement 45 sur la pièce d'ancrage 46.

Les plaques de recouvrement 45 peuvent notamment être réalisées en plastique ou en bois. Par ailleurs, de manière optionnelle, les plaques de recouvrement 45 peuvent également être équipées, sur leur face interne, de zones
15 adhésives 55, 56. Les deux zones adhésives 55, 56 sont disposés le long des bords des plaques de recouvrement 45 de telle sorte que lorsque l'on dispose l'une des plaques de recouvrement 45 contre la face externe de l'une des tôles ondulées 26, les deux zones adhésives 55, 56 soient respectivement disposés contre les deux zones planes disposées de part et d'autre de l'ondulation recouverte par ladite
20 plaque de recouvrement 45.

Notons que selon un mode de réalisation non représenté, les éléments préfabriqués ne sont pas équipés de plaques de recouvrement 45 telles que décrites ci-dessus.

En relation avec la figure 16, l'on observe qu'afin de reprendre les efforts
25 exercés par la mousse sur la membrane d'étanchéité primaire 13 lors de son coulage, l'on dispose, avant les opérations de coulage, dans l'espace interne prismatique formé à l'intérieur de la membrane d'étanchéité primaire 13, une armature de support 64.

Selon un mode de réalisation où la mousse polymère serait coulée avant le
30 béton, l'armature serait maintenue jusqu'à l'opération de coulage et prise du béton de la structure porteuse 10. L'armature de support 64 comporte ici une structure formée d'une pluralité de tubes de longueur réglables, ce qui permet de faciliter son ajustement et sa mise en place. L'armature de support 64 présente une pluralité de

surfaces d'appui contre la membrane d'étanchéité primaire 13 de manière à reprendre les efforts exercés par la mousse. Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 16, l'armature de support 64 comporte une pluralité de pinces à nœuds 65 qui sont chacune disposées en vis-à-vis d'une zone de nœud de la membrane d'étanchéité primaire 13, formée à l'intersection entre deux ondulations. Chacune des pinces à nœud 65 est disposée de telle sorte qu'elle pince l'une des zones de nœud de la membrane d'étanchéité primaire 13. Les zones d'appui de l'armature de support 64 contre la membrane d'étanchéité primaire 13 sont donc réalisées par l'intermédiaire desdites pinces à nœud 65. Par ailleurs, lesdites pinces à nœud 65 permettent de solidariser l'armature de support 64 à l'élément préfabriqué de telle sorte que l'armature de support 64 est susceptible de rester en place à l'intérieur de la membrane d'étanchéité primaire 13 lors du transport d'un élément préfabriqué. L'armature de support 64 est ainsi susceptible de servir de point de fixation pour un engin de manutention, non illustré, apte à déplacer l'élément préfabriqué.

La figure 17 représente une armature de support 64 selon un autre mode de réalisation. Celle-ci diffère de l'armature de support 64 de la figure 16 en ce qu'elle n'est pas équipée de pinces à nœud mais d'une pluralité de ventouses 66 qui adhèrent chacune contre l'une des zones planes de la membrane d'étanchéité primaire 13.

Notons qu'une armature de support 64 selon l'un des modes de réalisation précité est également susceptible d'être utilisée pour la réalisation d'un élément préfabriqué, tel que représenté sur les figures 3 et 4. Dans ce cas, l'armature de support 64 est amenée à reprendre les efforts exercés par le béton sur la tôle métallique 14 de la barrière étanche secondaire 11. L'armature de support 64 peut soit être en appui contre les panneaux isolants 23 de la barrière thermiquement isolante 12, lorsque l'élément préfabriqué n'inclut pas de membrane d'étanchéité primaire et que celle-ci n'est montée qu'après que les éléments préfabriqués aient été assemblés les uns aux autres, soit être en appui contre la membrane d'étanchéité primaire 13 comme dans les modes de réalisation représentés sur les figures 16 et 17.

La figure 18 illustre un mode de réalisation dans lequel les tôles ondulées de la membrane d'étanchéité primaire 13 sont fixées aux tôles métalliques 14 de la barrière étanche secondaire 11 au moyen d'une pluralité d'entretoises 67 permettant de reprendre les efforts exercés par la mousse lors de son coulage dans

le compartiment de coffrage 34. Les entretoises 67 s'allongent selon la direction d'épaisseur et sont d'une part fixés contre l'une des tôles métalliques 14 et d'autre part fixés contre l'une des tôles ondulées 26.

La mise en place d'une entretoise 67 peut notamment être réalisée selon le
5 procédé décrit ci-dessous. Dans un premier temps, des tôles ondulées 26 de la membrane d'étanchéité primaire 13 sont disposées contre une tôle métallique 14 de la barrière d'étanchéité secondaire 11. Cette position des tôles ondulées 26 est représentée en traits pointillés sur la figure 18. L'entretoise 67 présente une première extrémité dirigée vers l'intérieur équipée d'une tête 69 et une seconde
10 extrémité dirigée vers l'extérieur pourvue d'un filetage. Un goujon 68 est soudé sur la surface interne de la tôle métallique 14. L'entretoise 67 est introduite au travers d'un orifice ménagé dans l'une des tôles ondulées 26 de manière à la traverser et est vissée sur le goujon 68.

Dans un second temps, les tôles ondulées sont tirées vers l'intérieur
15 jusqu'à ce qu'elles viennent en butée contre la tête 69 de l'entretoise 67. Cette opération de traction peut notamment être réalisée en mettant sous tension des câbles qui sont chacun fixés à l'une des tôles ondulées, par exemple au moyen d'une pince à nœud telle que décrite précédemment. La tête 69 de l'entretoise 67 est alors soudée de manière étanche sur tout le pourtour de l'orifice traversé par
20 ladite entretoise 67. L'opération de coulage de la mousse polymère dans le compartiment de coffrage 33 peut alors être réalisée, comme décrit précédemment.

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
25 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 une étape n'exclut pas, sauf mention contraire, la
30 présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.

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'un élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) destiné à la construction d'un réservoir (1) étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide, ledit élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) comportant dans le sens
5 de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur, une structure porteuse (10) en béton, une barrière étanche secondaire (11) comportant une tôle métallique (14) et une barrière thermiquement isolante (12); le procédé comportant une opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante (12) contre la tôle métallique (14) et une opération de formation de la structure porteuse (10) comportant les étapes
10 suivantes :
- former un compartiment de coffrage (18) délimité, à l'intérieur, par la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11) , et à l'extérieur par un élément de coffrage amovible (17);
 - couler du béton dans le compartiment de coffrage (18) de sorte à former la
15 structure porteuse (10) en béton ; et
 - retirer l'élément de coffrage amovible (17) après séchage du béton.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'on fixe la tôle métallique (14) à un profilé (16) et dans lequel lors de l'opération de formation de la structure porteuse (10), le profilé (16) s'étend dans le compartiment de coffrage (18)
20 entre la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11) et l'élément de coffrage amovible (17).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel :
- lors de la formation du compartiment de coffrage (18), l'on ferme les extrémités du compartiment de coffrage (18) au moyen d'un fond de coffrage (21) et d'un
25 couvercle de coffrage (22) ; lesdits fond et couvercle de coffrage (21, 22) étant disposés selon la direction d'épaisseur entre l'élément de coffrage amovible (17) et la tôle métallique (14) et présentant des matrices de forme complémentaire l'une à l'autre de sorte à permettre un assemblage par emboîtement de forme de l'élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) avec un autre élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) ; et dans
30 lequel
 - l'on retire le fond de coffrage (21) et le couvercle de coffrage (22) après séchage du béton.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre une opération d'ancrage d'une membrane d'étanchéité primaire (13), destinée à être en contact avec le fluide contenu dans le réservoir (1), sur la barrière thermiquement isolante (12) ou sur des moyens d'ancrage (43, 60, 5 61, 67) fixés sur la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante (12) contre la tôle métallique (14) comporte l'étape de fixer un panneau isolant (23) en mousse polymère de la barrière thermiquement isolante (12) contre la tôle métallique (14).

10 6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel la tôle métallique (14) présente deux zones de bordure (24, 25) non recouvertes par la barrière thermiquement isolante (12), respectivement de part et d'autre de ladite barrière thermiquement isolante (12) de manière à dégager un espace autorisant le soudage de la tôle métallique (14) à une tôle métallique (14) d'une barrière étanche 15 secondaire d'un autre élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'opération d'ancrage de la barrière thermiquement isolante (12) contre la tôle métallique (14) comporte les étapes de :

- former un second compartiment de coffrage (33) délimité, à l'intérieur, par une 20 membrane d'étanchéité primaire (13) destinée à être en contact avec le fluide contenu dans le réservoir, et à l'extérieur par la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11) ; et
- couler de la mousse polymère dans le second compartiment de coffrage (33) de sorte à former la barrière thermiquement isolante (12).

25 8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la membrane d'étanchéité primaire (13) comporte une tôle ondulée (26) présentant au moins deux ondulations perpendiculaires faisant saillie vers l'intérieur et dans lequel l'on fixe une plaque de recouvrement (45) contre une face extérieure de la tôle ondulée (26), en regard de chacune des ondulations, avant de couler la mousse polymère dans le 30 second compartiment de coffrage (33).

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, dans lequel le second compartiment de coffrage (33) est disposé de telle sorte que la tôle métallique (14) présente deux zones de bordures (35, 36) qui ne sont pas recouvertes par la

mousse polymère après le coulage de la mousse polymère de manière à dégager un espace autorisant le soudage de la tôle métallique (14) à une tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11) d'un autre élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d).

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel, avant le coulage de la mousse polymère dans le second compartiment de coffrage (33), l'on fixe sur la membrane d'étanchéité primaire (13) des chevilles à mousse (40) s'étendant vers l'extérieur, à l'intérieur du second compartiment de coffrage (33) ; lesdites chevilles à mousse (40) étant emprisonnées dans la mousse polymère lors du coulage de la mousse polymère afin d'assurer l'ancrage de la membrane d'étanchéité primaire (13) à la barrière thermiquement isolante (12).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel l'on fixe des platines d'ancrage (43) à la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11) par l'intermédiaire de goujons de fixation (44) s'allongeant dans la direction d'épaisseur et dans lequel l'on ancre la membrane d'étanchéité primaire (13) sur lesdites platines d'ancrage (43).

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel la membrane d'étanchéité primaire (13) présente une forme générale de prisme droit à base polygonale définie par une pluralité de pans dirigés parallèlement à la génératrice du prisme droit et délimitant un espace interne prismatique et dans lequel l'on dispose dans l'espace interne prismatique, une armature de support (64) apte à reprendre les efforts exercés par la mousse polymère sur la membrane d'étanchéité primaire (13) lors du coulage de la mousse polymère.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la barrière étanche secondaire (11) et la barrière thermiquement isolante (12) présentent une forme générale de prisme droit à base polygonale définie par une pluralité de pans dirigés parallèlement à la génératrice du prisme droit et délimitant un espace interne prismatique et dans lequel l'on dispose dans l'espace interne prismatique, une armature de support (64) apte à reprendre les efforts exercés par le béton sur la barrière étanche secondaire lors du coulage du béton.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel l'on fixe des entretoises (67) s'allongeant dans la direction d'épaisseur entre, d'une part, la membrane d'étanchéité primaire (13) et, d'autre part, la tôle métallique

(14) de la barrière étanche secondaire (11) de manière à reprendre les efforts exercés par la mousse polymère sur la membrane d'étanchéité primaire (13) lors du coulage de la mousse polymère.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire présente une pluralité de nervures de renfort.

16. Procédé de fabrication d'un réservoir étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide, dans lequel l'on assemble une pluralité d'éléments de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) obtenus par le procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, et l'on soude de manière étanche la tôle métallique (14) de chaque élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) à la tôle métallique (14) d'un élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) adjacent.

17. Procédé de fabrication d'un réservoir selon la revendication 16, dans lequel chaque élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) présente une forme générale de prisme droit à base polygonale définie par une pluralité de pans (3, 4, 5, 6) dirigés parallèlement à la génératrice du prisme droit et délimitant un espace interne prismatique.

18. Élément de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) destiné à la construction d'un réservoir (1) étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique comportant dans le sens de l'épaisseur depuis l'extérieur vers l'intérieur, une structure porteuse (10) en béton, une barrière étanche secondaire (11) comportant une tôle métallique (14) et une barrière thermiquement isolante (12) ; dans lequel la structure porteuse (10) en béton est obtenue par coulage de béton dans un compartiment de coffrage (18) délimité à l'intérieur par la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11), la structure porteuse (10) en béton adhérant directement contre la tôle métallique (14) de la barrière étanche secondaire (11).

19. Réservoir (1) étanche et thermiquement isolant de stockage d'un fluide cryogénique comportant une pluralité d'éléments de paroi (2a, 2b, 2c, 2d) selon la revendication 18, assemblés les uns aux autres.

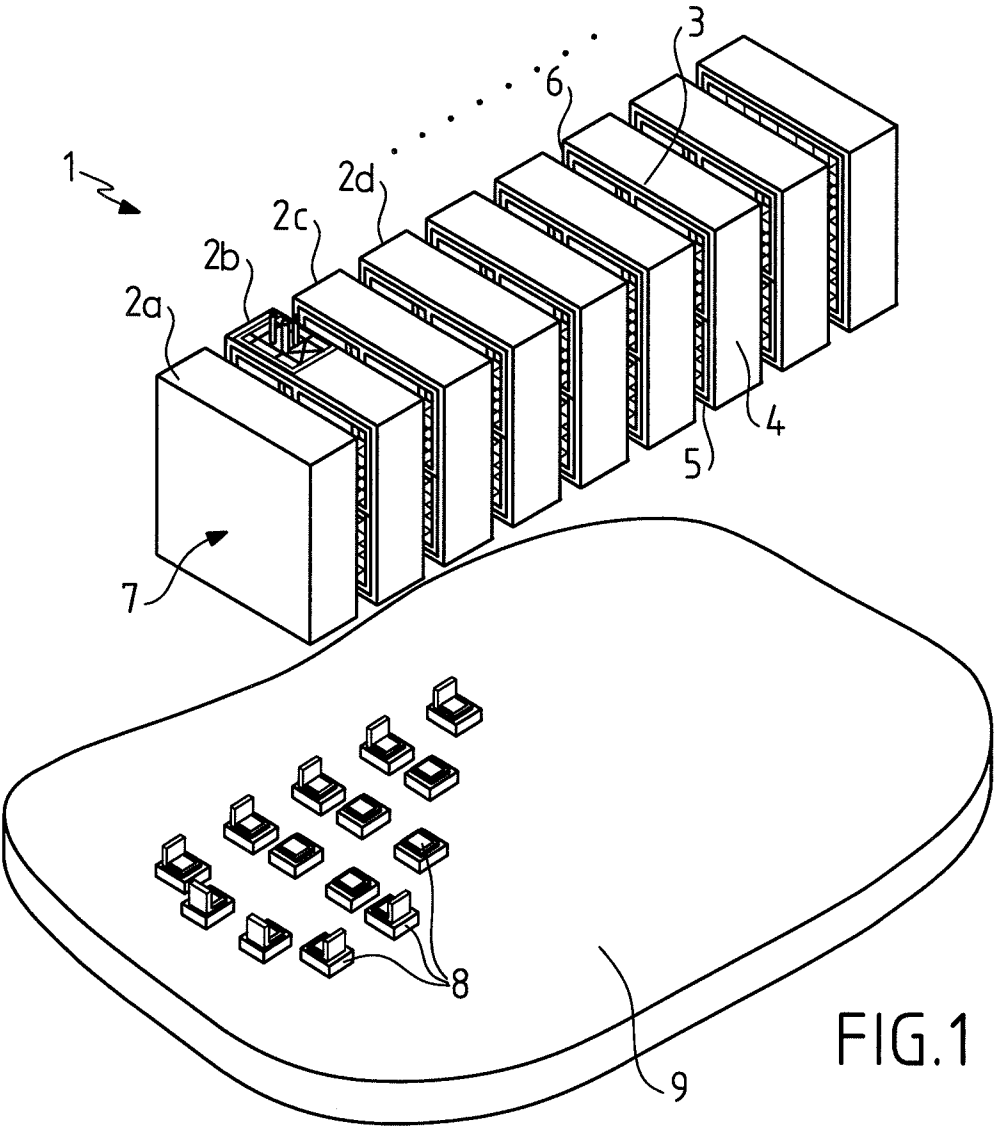


FIG.1

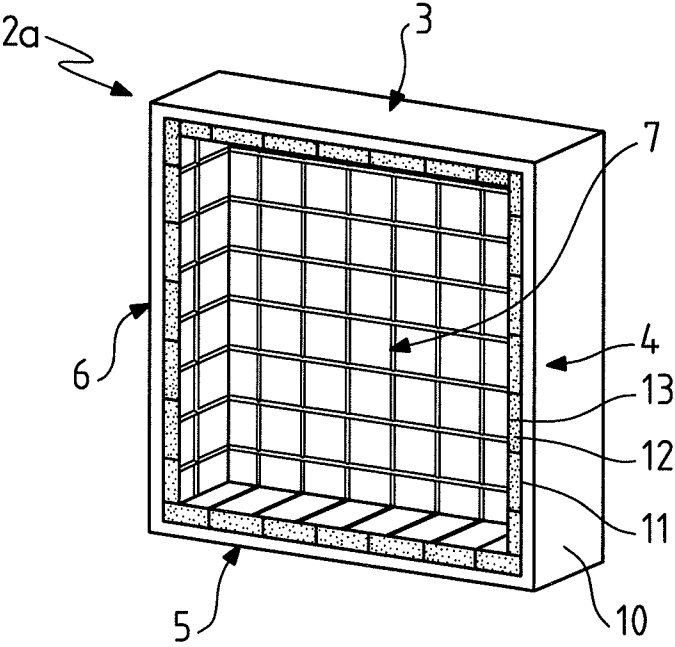


FIG.2

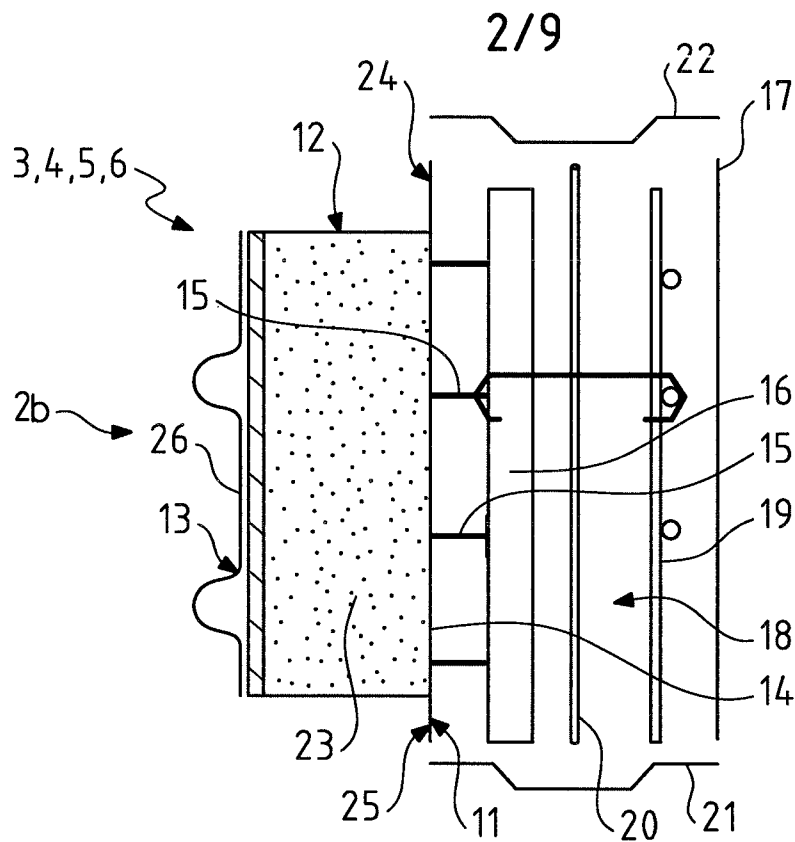


FIG.3

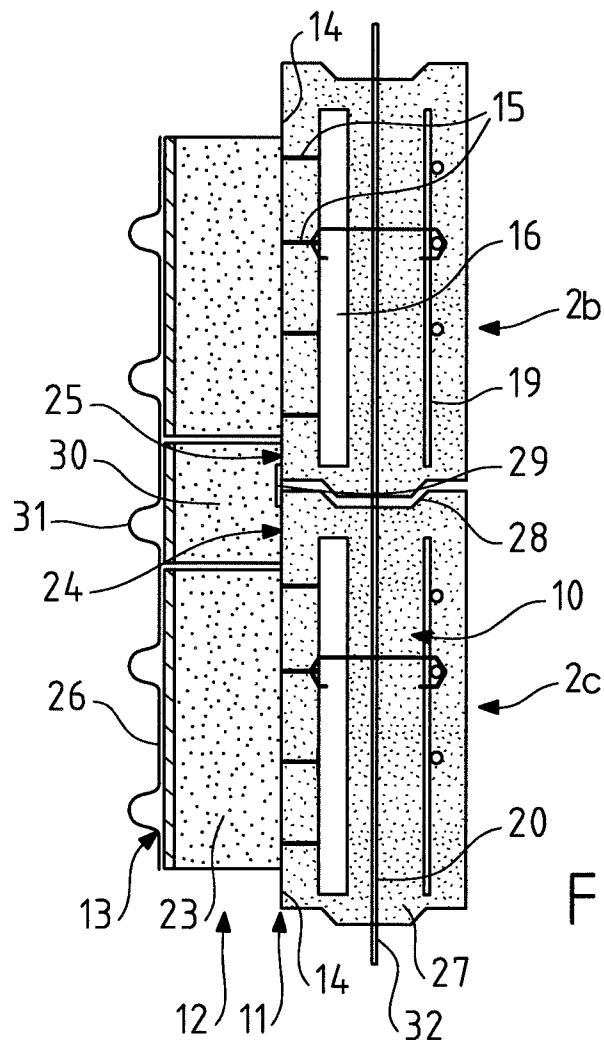
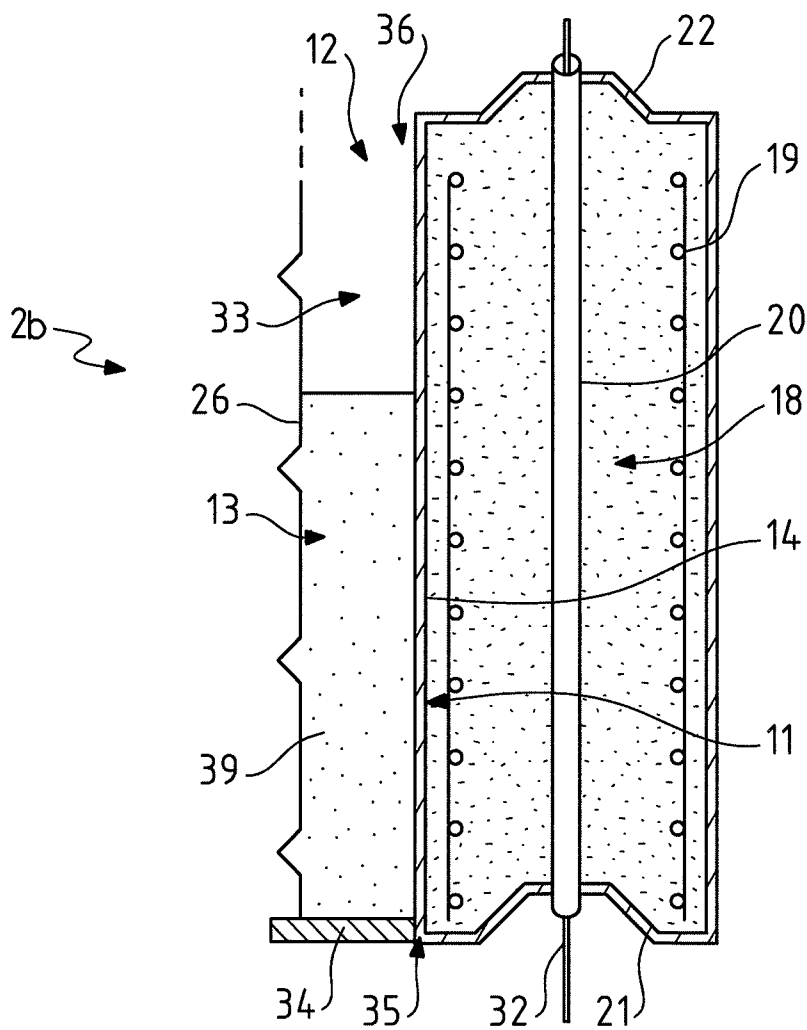
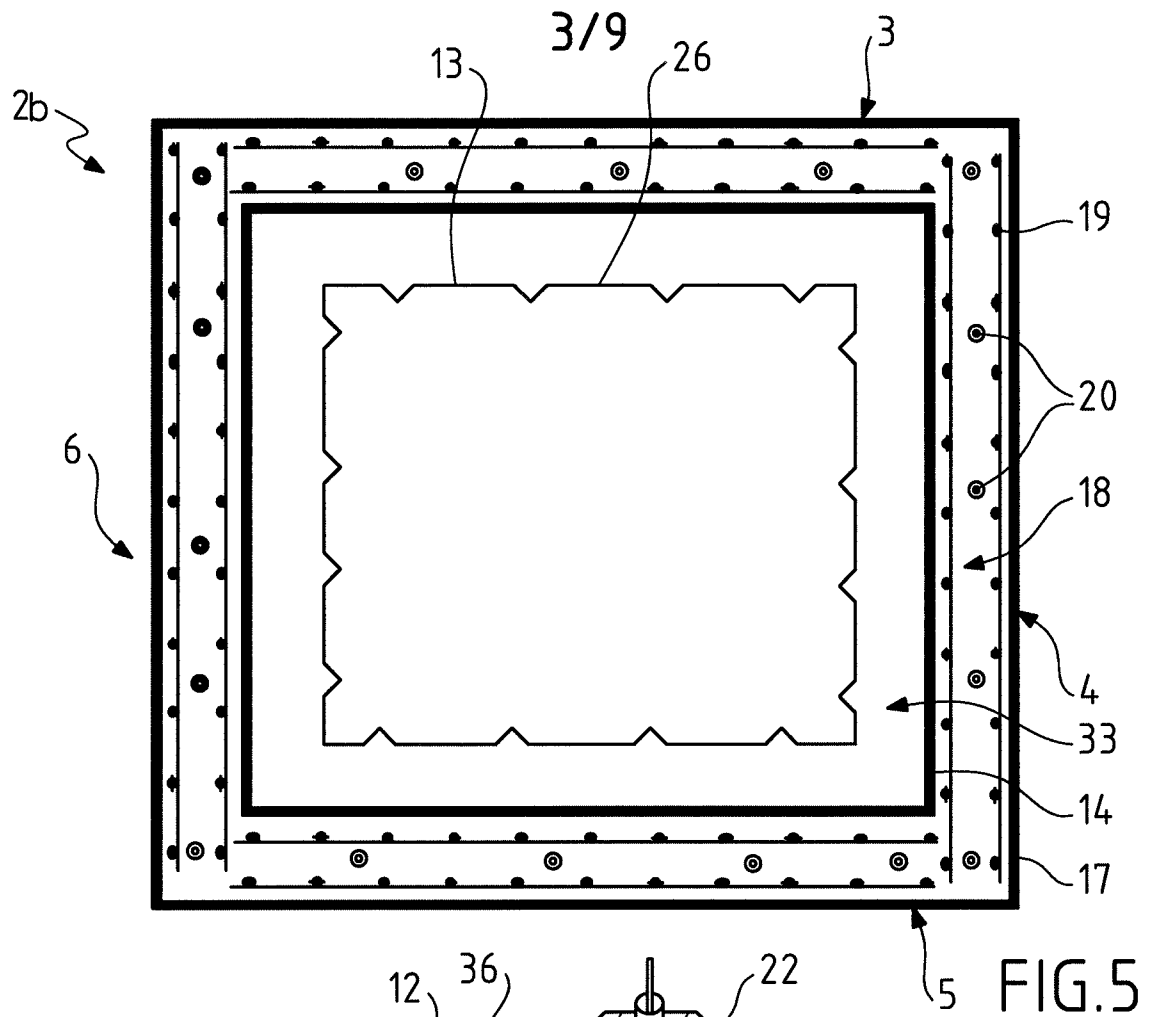


FIG.4



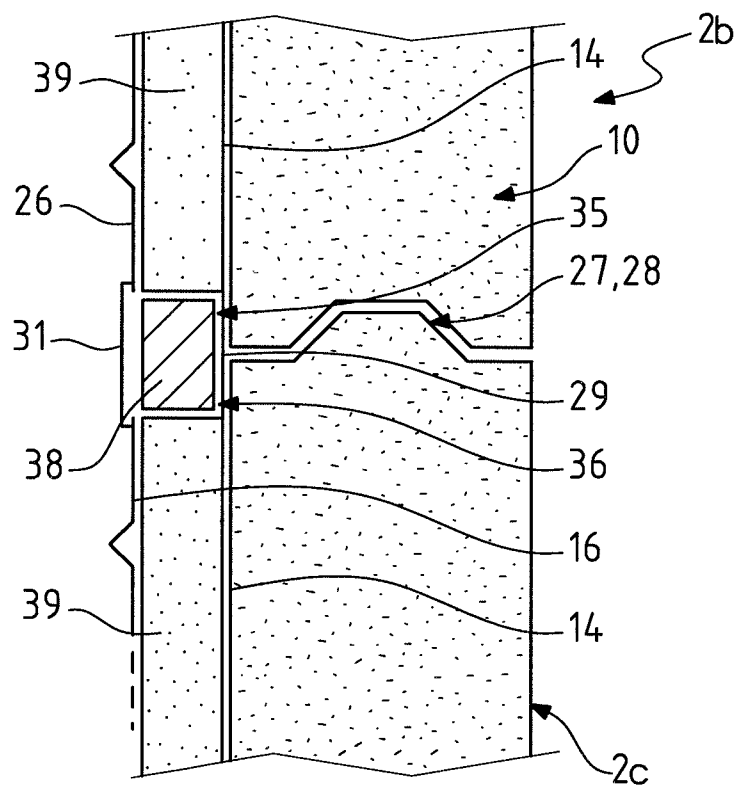
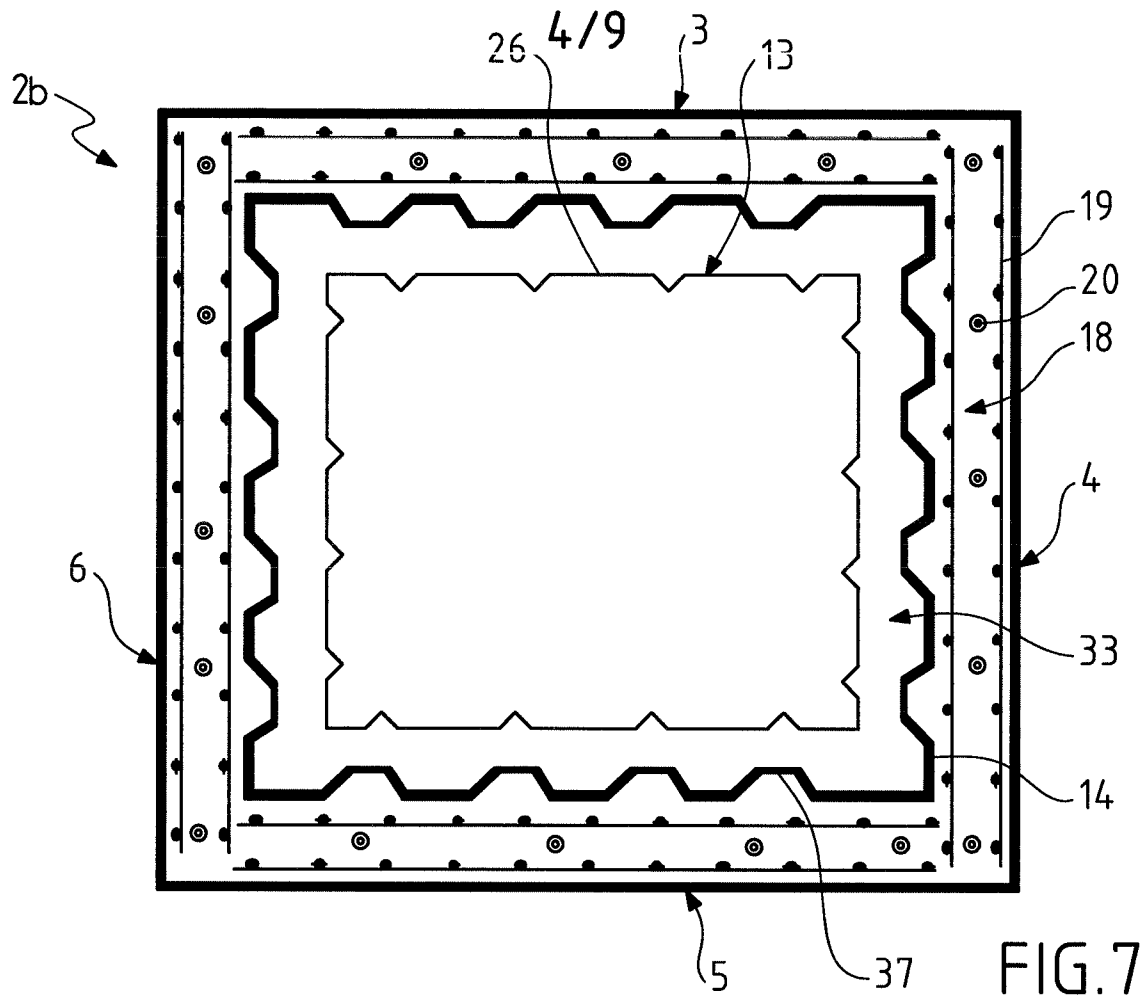


FIG.8

5/9

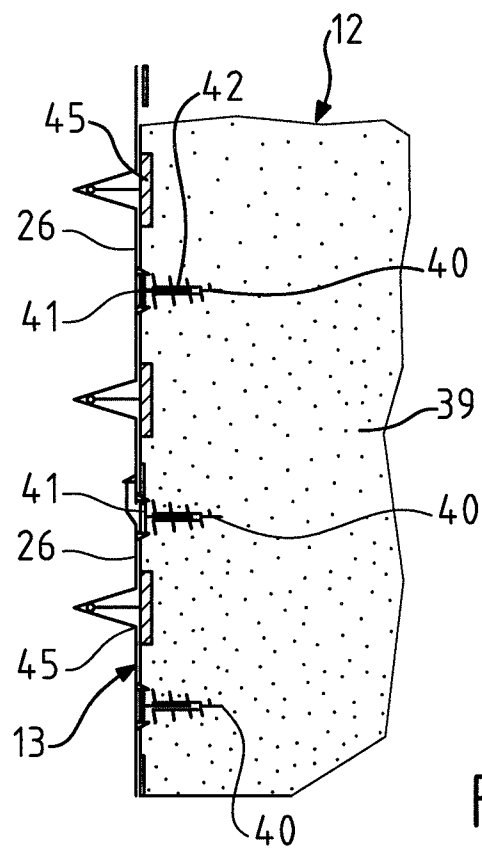


FIG. 9

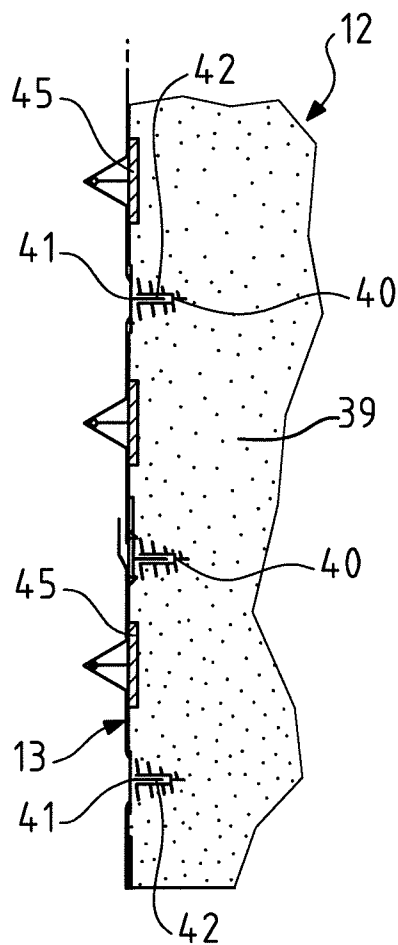


FIG. 10

6/9

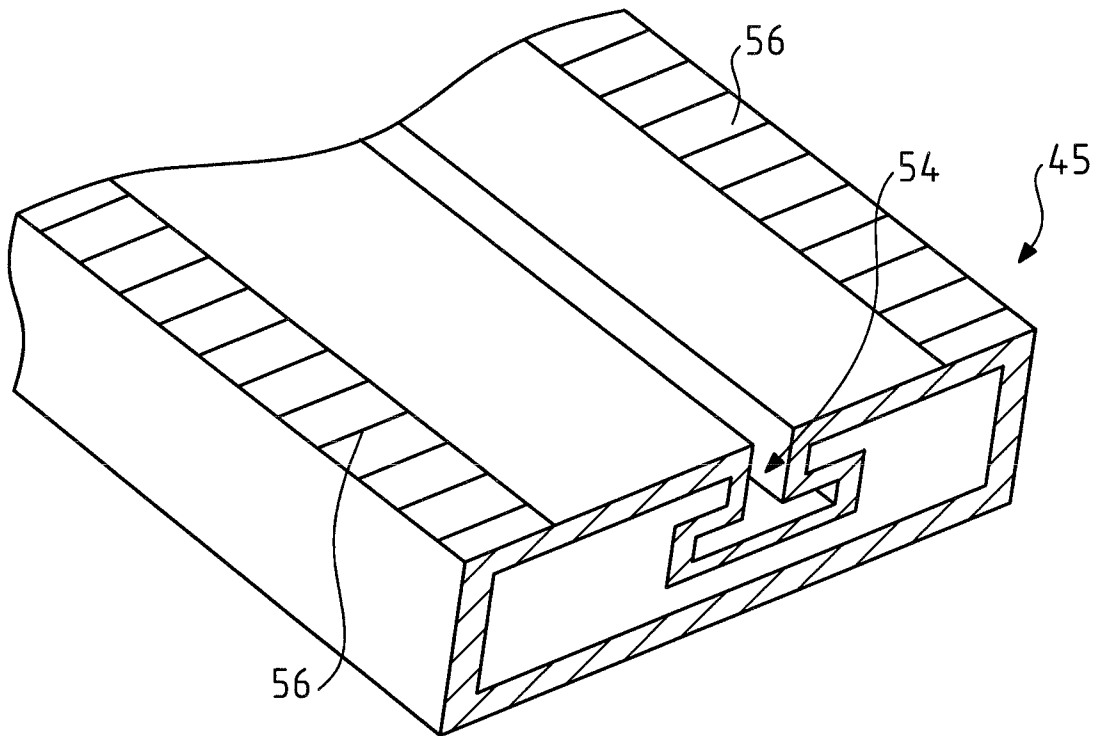


FIG.11

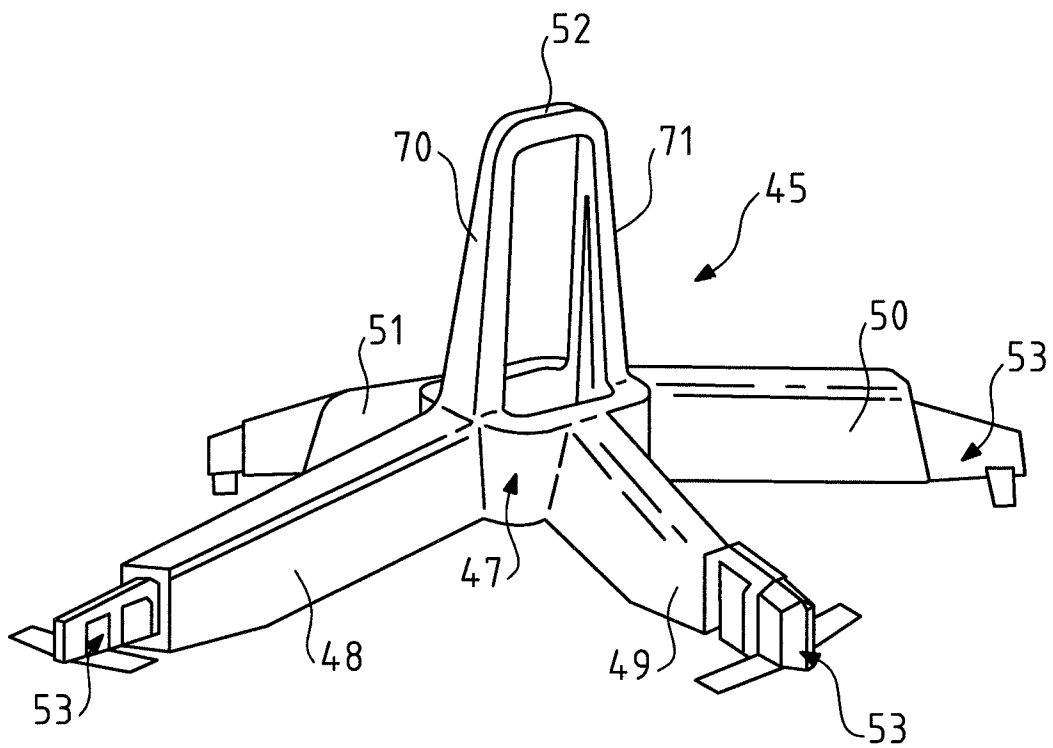


FIG.12

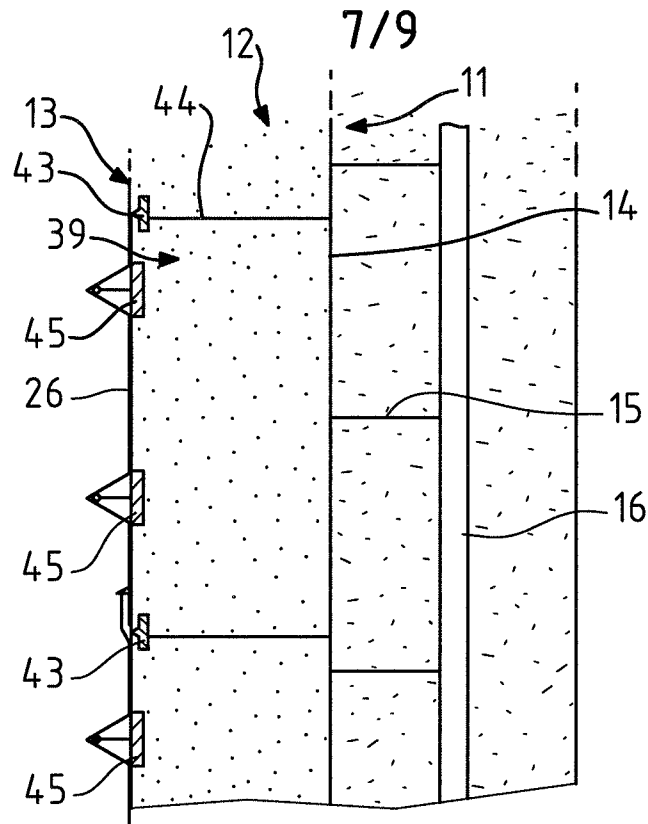


FIG.13

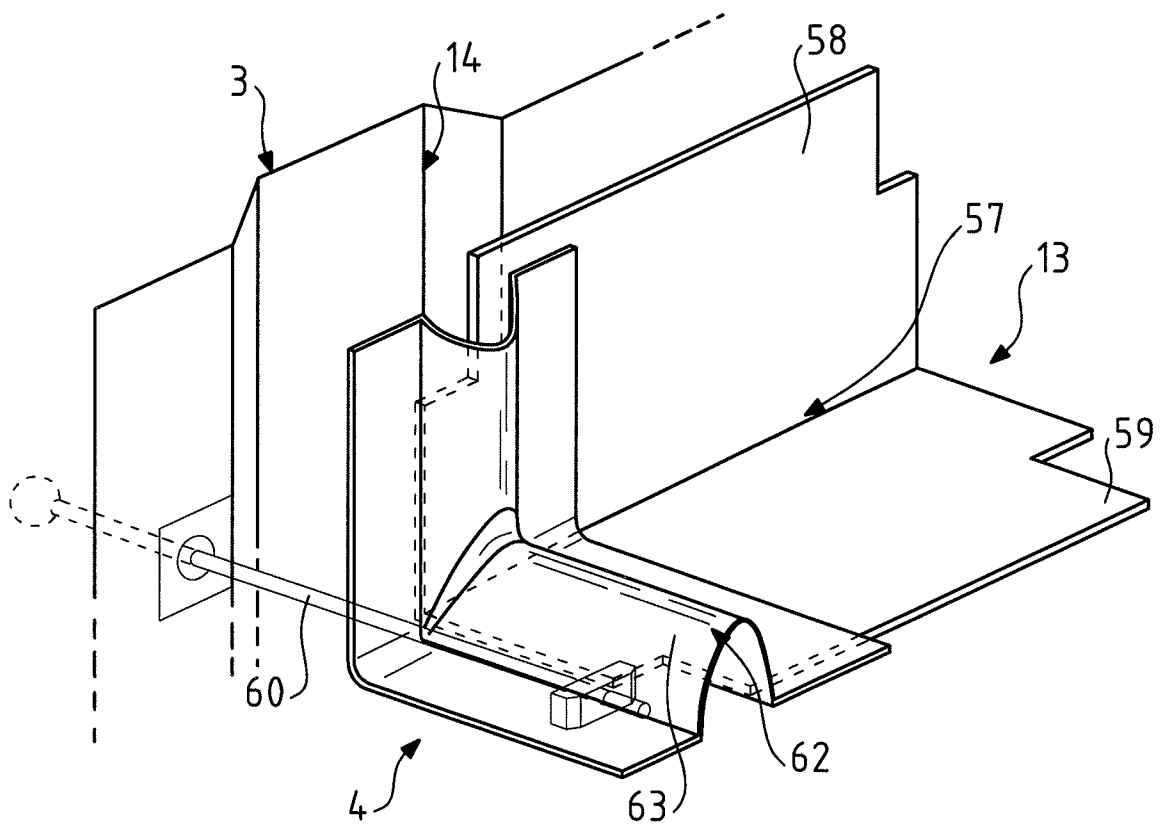


FIG.14

8/9

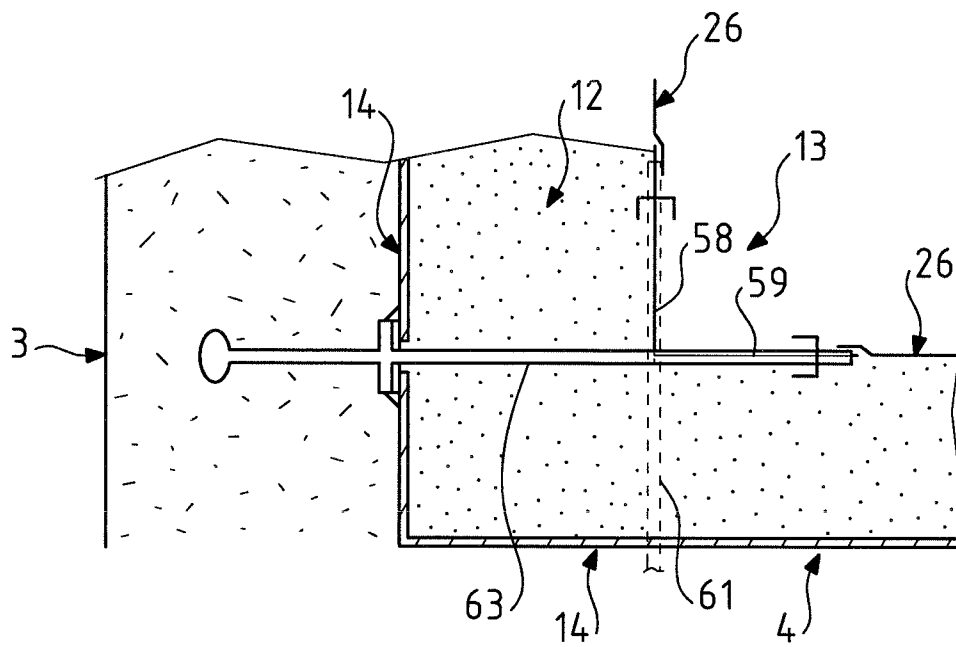


FIG.15

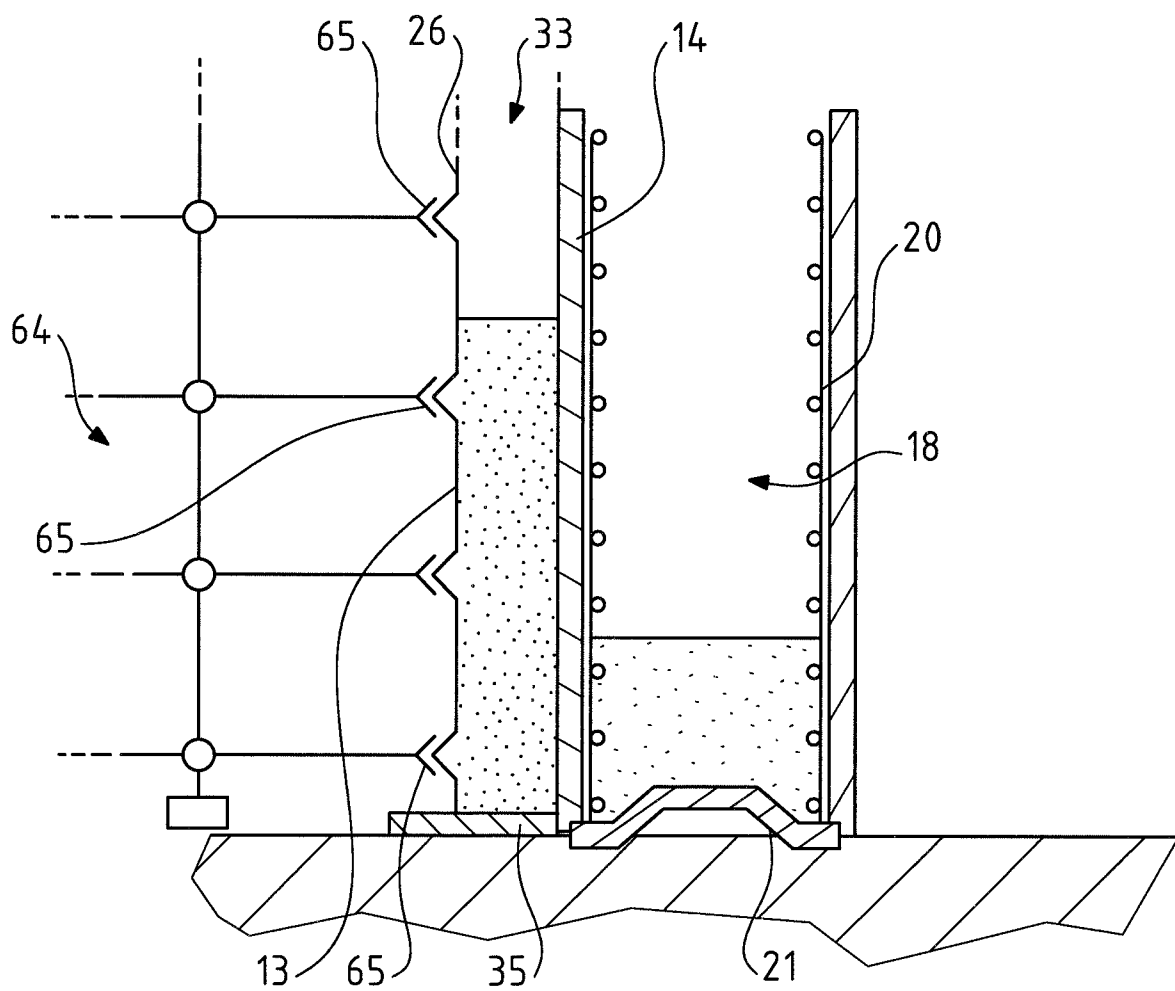


FIG.16

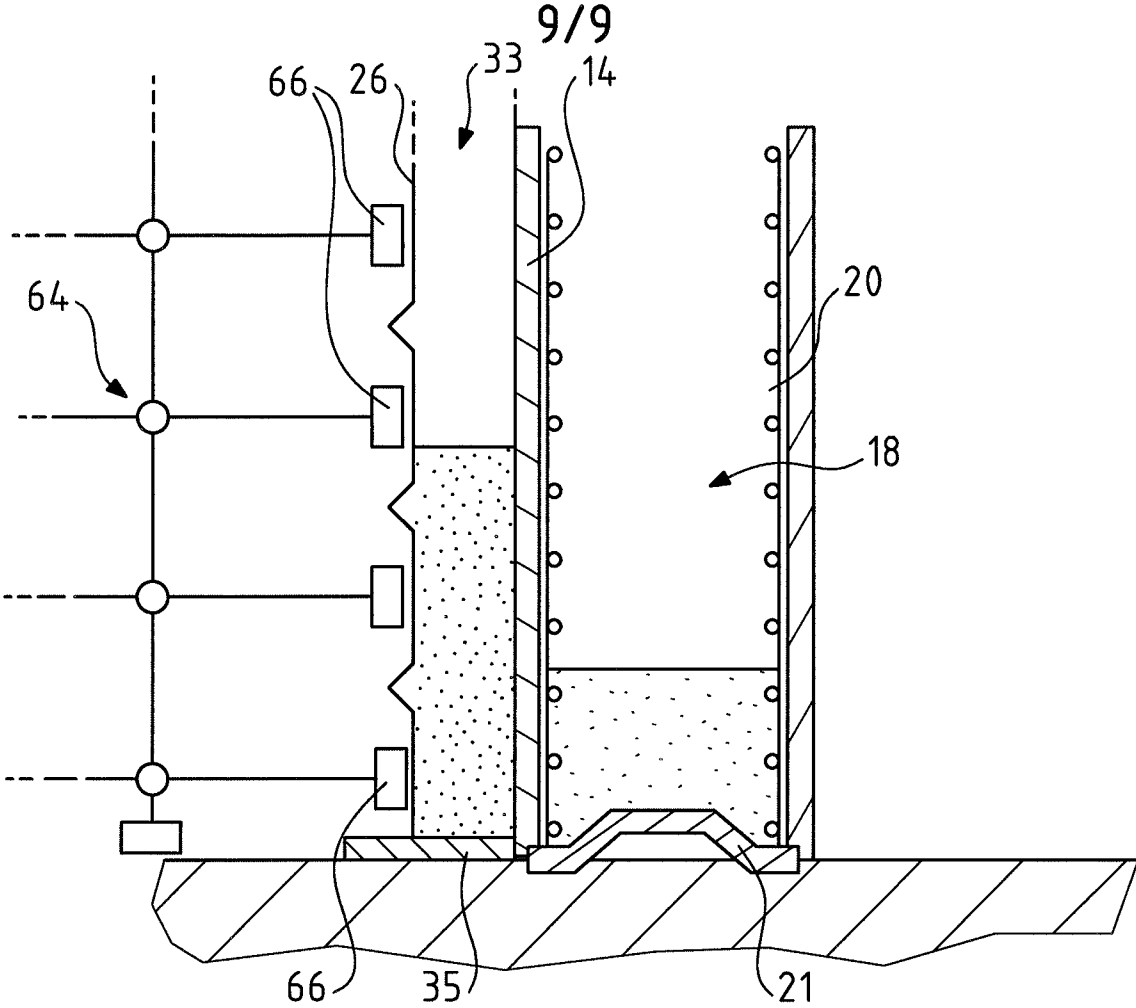


FIG.17

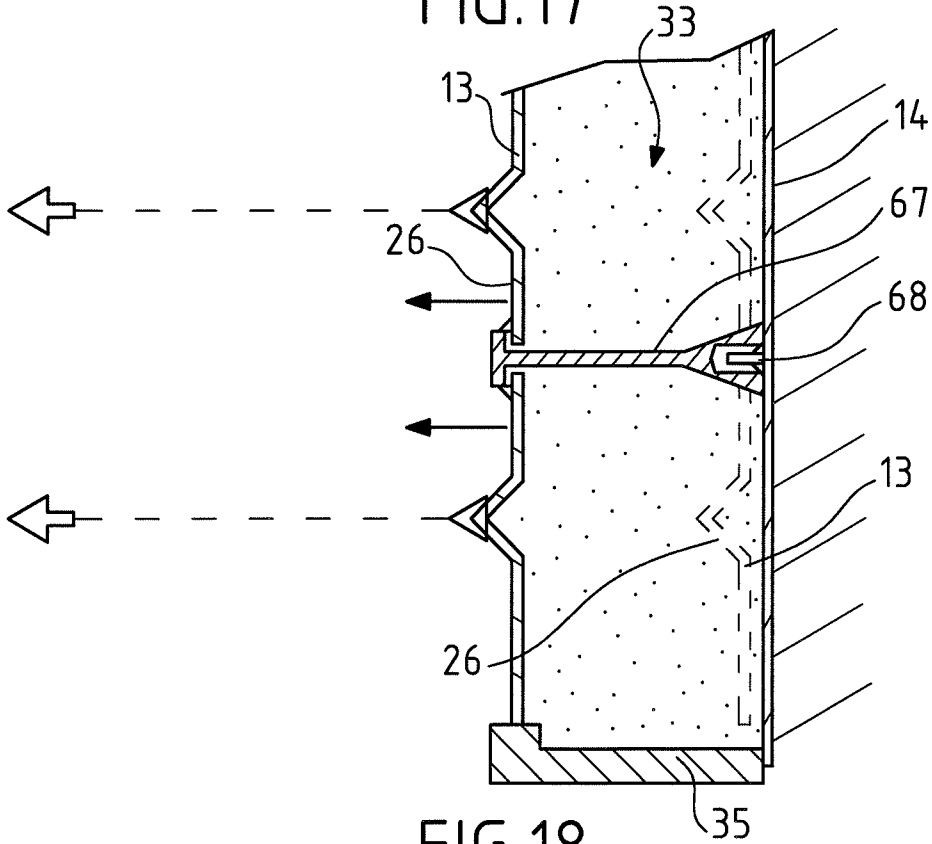


FIG.18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051907

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. E04H7/18 E04B1/80 E04H5/10 F17C3/02
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04H E04B F17C F25J

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 32 39 830 A1 (RHEINHOLD & MAHLA GMBH [DE]) 3 May 1984 (1984-05-03) page 5, lines 17-27; figure 1 -----	1,2,5,6, 15-19
X A	GB 2 119 843 A (CHICAGO BRIDGE & IRON CO) 23 November 1983 (1983-11-23) page 2, line 93 - page 3, line 10; figure 1 page 1, lines 3-15; figure 2 -----	2,4-6, 15-19 3,7-14
X	GB 2 058 320 A (DYCKERHOFF & WIDMANN AG) 8 April 1981 (1981-04-08) the whole document -----	2,4-6, 15-19
X	WO 2015/072348 A1 (IHI CORP [JP]) 21 May 2015 (2015-05-21) the whole document ----- -/-	2,4-6, 15-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 2016

Date of mailing of the international search report

25/11/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Valenta, Ivar

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051907

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 29 36 419 A1 (DYCKERHOFF & WIDMANN AG) 12 March 1981 (1981-03-12) the whole document -----	2,4-6, 15-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051907

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3239830	A1	03-05-1984	DE 3239830 A1
			EP 0111677 A1
			03-05-1984
			27-06-1984
GB 2119843	A	23-11-1983	DE 3315988 A1
			FR 2526521 A1
			GB 2119843 A
			JP S58196395 A
			NL 8301211 A
			US 4519415 A
			17-11-1983
			10-11-1983
			23-11-1983
			15-11-1983
			01-12-1983
			28-05-1985
GB 2058320	A	08-04-1981	BE 885058 A1
			DE 2936420 A1
			GB 2058320 A
			IT 1129154 B
			JP S5646200 A
			NL 8004530 A
			US 4426817 A
			31-12-1980
			12-03-1981
			08-04-1981
			04-06-1986
			27-04-1981
			10-03-1981
			24-01-1984
WO 2015072348	A1	21-05-2015	AU 2014347942 A1
			CA 2930220 A1
			JP 2015096756 A
			TW 201533374 A
			US 2016252212 A1
			WO 2015072348 A1
			02-06-2016
			21-05-2015
			21-05-2015
			01-09-2015
			01-09-2016
			21-05-2015
DE 2936419	A1	12-03-1981	BE 885057 A1
			DE 2936419 A1
			IT 1129153 B
			JP S5646198 A
			NL 8004529 A
			31-12-1980
			12-03-1981
			04-06-1986
			27-04-1981
			10-03-1981

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051907

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. E04H7/18 E04B1/80 E04H5/10 F17C3/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) E04H E04B F17C F25J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 32 39 830 A1 (RHEINHOLD & MAHLA GMBH [DE]) 3 mai 1984 (1984-05-03) page 5, lignes 17-27; figure 1 -----	1,2,5,6, 15-19
X A	GB 2 119 843 A (CHICAGO BRIDGE & IRON CO) 23 novembre 1983 (1983-11-23) page 2, ligne 93 - page 3, ligne 10; figure 1 page 1, lignes 3-15; figure 2 -----	2,4-6, 15-19 3,7-14
X	GB 2 058 320 A (DYCKERHOFF & WIDMANN AG) 8 avril 1981 (1981-04-08) le document en entier -----	2,4-6, 15-19
X	WO 2015/072348 A1 (IHI CORP [JP]) 21 mai 2015 (2015-05-21) le document en entier ----- -/-	2,4-6, 15-19
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 16 novembre 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 25/11/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Valenta, Ivar

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 29 36 419 A1 (DYCKERHOFF & WIDMANN AG) 12 mars 1981 (1981-03-12) le document en entier -----	2,4-6, 15-19

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051907

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3239830	A1	03-05-1984	DE 3239830 A1	03-05-1984
			EP 0111677 A1	27-06-1984
GB 2119843	A	23-11-1983	DE 3315988 A1	17-11-1983
			FR 2526521 A1	10-11-1983
			GB 2119843 A	23-11-1983
			JP S58196395 A	15-11-1983
			NL 8301211 A	01-12-1983
			US 4519415 A	28-05-1985
GB 2058320	A	08-04-1981	BE 885058 A1	31-12-1980
			DE 2936420 A1	12-03-1981
			GB 2058320 A	08-04-1981
			IT 1129154 B	04-06-1986
			JP S5646200 A	27-04-1981
			NL 8004530 A	10-03-1981
			US 4426817 A	24-01-1984
WO 2015072348	A1	21-05-2015	AU 2014347942 A1	02-06-2016
			CA 2930220 A1	21-05-2015
			JP 2015096756 A	21-05-2015
			TW 201533374 A	01-09-2015
			US 2016252212 A1	01-09-2016
			WO 2015072348 A1	21-05-2015
DE 2936419	A1	12-03-1981	BE 885057 A1	31-12-1980
			DE 2936419 A1	12-03-1981
			IT 1129153 B	04-06-1986
			JP S5646198 A	27-04-1981
			NL 8004529 A	10-03-1981