

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑪

**N° 81 05497**

---

⑤④ Réservoir de gaz naturel liquéfié, notamment de méthane.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). F 17 C 1/12, 13/00 // B 63 B 25/12.

②② Date de dépôt ..... 19 mars 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 24-9-1982.

---

⑦① Déposant : APPLIED THERMODYNAMICS & L.N.G. SERVICE, société à responsabilité limitée  
de droit français, résidant en France.

⑦② Invention de : Michel Guilhem.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,  
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

Réservoir de gaz naturel liquéfié, notamment de méthane.

L'invention est relative à la conception des réservoirs de gaz naturel liquéfié, notamment à ceux que comportent les navires transporteurs.

On connaît déjà de tels réservoirs, par exemple par le brevet français N° 1 298 204, qui comportent une triple paroi étanche délimitant d'abord l'enceinte contenant le gaz liquéfié, mais aussi deux enceintes de sécurité et d'isolation thermique, généralement emplies d'un matériau thermiquement isolant.

On sait également, par l'enseignement du brevet français précité, injecter, dans l'enceinte comprise entre la paroi externe et la paroi adjacente, un liquide susceptible d'être gelé au contact du gaz naturel liquéfié et ainsi, de boucher, de manière étanche, les interstices de l'isolation contenue dans ladite enceinte.

L'invention consiste essentiellement à remplacer ce liquide par un corps normalement à l'état gazeux et susceptible de se SUBLIMER sous l'effet d'un abaissement de la température, et ainsi de prendre l'état solide, sans passer par l'état liquide. Cette substitution permet l'obtention de nombreux résultats nouveaux et inattendus par rapport à ceux obtenus par la technique antérieure, comme cela est exposé ci-après. La simplicité de l'invention ne la rend donc pas pour autant évidente, et lui permet d'être brevetable par rapport à l'art connu.

L'invention est donc relative à un réservoir de gaz naturel liquéfié, notamment de méthane liquéfié, constitué au moins par :

- une paroi principale étanche et résistante, qui délimite l'enceinte externe du réservoir,

- une paroi interne étanche, dite barrière primaire, qui est disposée à l'intérieur de l'enceinte externe et à une distance non nulle de la paroi principale, et qui délimite l'enceinte principale du réservoir,

- une paroi intermédiaire étanche, dite barrière secondaire, qui est disposée dans l'espace compris entre lesdites

paroi principale et barrière primaire, à une distance non nulle de chacune d'elles, et qui délimite, d'une part, entre la barrière primaire et elle-même, une enceinte primaire, d'autre part, entre la paroi principale et elle-même, une enceinte secondaire, et,

5                   - un fluide d'étanchéité, qui est contenu à l'intérieur de l'enceinte secondaire et dont le point (température) de congélation est, d'une part, inférieur à la température régnant en service dans l'enceinte secondaire, d'autre part, supérieur à la température du gaz naturel liquéfié contenu dans l'enceinte principale.

10                   Ce fluide d'étanchéité comprend au moins un corps qui, sous une pression déterminée au moins égale à celle du gaz naturel liquéfié contenu dans l'enceinte principale, a un point (température) de SUBLIMATION, d'une part, inférieur à la température régnant en service dans l'enceinte secondaire, d'autre part, supérieur à la température du gaz naturel liquéfié contenu dans l'enceinte principale, cependant que la pression régnant dans l'enceinte secondaire est, en outre, effectivement maintenue égale à ladite pression déterminée.

20                   Les avantageuses dispositions suivantes sont, en outre, de préférence adoptées :

25                   - lorsque le réservoir est destiné à contenir du méthane liquéfié, sous pression atmosphérique, ledit corps est, de préférence, du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), dont la température de sublimation à ladite pression déterminée est de l'ordre de  $-80^\circ \text{C}$  ;

                  - chacune des enceintes primaire et secondaire est emplie d'un matériau thermiquement isolant ;

30                   - le réservoir est muni d'un manomètre de surveillance de la pression dans l'enceinte secondaire, qui est relié à cette enceinte secondaire ;

                  - l'enceinte secondaire est raccordée à une alimentation sélective en un gaz sous pression ;

- un débitmètre est disposé sur la liaison reliant l'enceinte secondaire à l'alimentation sélective en un gaz sous pression ; et,

5 - l'une au moins des enceintes primaire et secondaire est munie d'un clapet de décharge taré.

L'invention sera mieux comprise, et des caractéristiques secondaires et leurs avantages apparaîtront au cours de la description de réalisations donnée ci-dessous à titre d'exemple.

10 Il est entendu que la description et les dessins ne sont donnés qu'à titre indicatif et non limitatif.

Il sera fait référence aux dessins annexés, dans lesquels :

15 - la figure 1 est une coupe transversale de la coque d'un navire méthanier comportant des réservoirs conforme à l'invention ;

- les figures 2 et 3 sont des coupes d'un détail de la figure 1, suivant deux autres configurations de service ; et,

- la figure 4 est une coupe d'un détail d'une variante de réalisation d'un réservoir conforme à l'invention.

20 Le réservoir représenté sur la figure 1 est celui constituant une citerne d'un navire méthanier et est constitué par :

- la coque extérieure comprenant les murailles 1 raccordées au pont 2 et au fond 3 ;

25 - la double coque constituant une paroi, dite principale, 4, étanche, dont une partie est constituée par le pont 2 lui-même, et qui délimite l'enceinte, dite, externe du réservoir ;

30 - une paroi externe, étanche, dite barrière primaire 5, disposée entièrement à l'intérieur de l'enceinte externe, et à une distance D5/4 non nulle de la paroi principale 4, qui délimite l'enceinte principale 9 contenant le méthane liquide ; et,

- une paroi intermédiaire, étanche, dite barrière secondaire 6, qui est disposée entre la paroi principale 4 et la barrière primaire 5, à des distances D6/4 et D6/5 également non

nulles de chacune d'elles.

Des enceintes sont délimitées entre la barrière secondaire 6 et les parois adjacentes ; il s'agit de :

5 - l'enceinte primaire 7, qui est emplie par un matériau thermiquement isolant et est délimitée entre les barrières primaire 5 et secondaire 6, et,

- l'enceinte secondaire 8, qui est également emplie par un matériau thermiquement isolant et est délimitée entre la barrière secondaire et la paroi principale 4.

10 Ce type de construction est connu, ainsi que les matériaux utilisés : acier normal pour la coque 1-2-3 et pour la double coque 4 ; alliages spéciaux non fragiles aux très basses températures, par exemple contenant 5,5 % ou 9 % ou 36 % de Nickel, ou aciers inoxydables 18/8, ou contreplaqués spéciaux,  
15 pour les barrières primaire 5 et secondaire 6. Les matériaux thermiquement isolants sont, par ailleurs, souvent poreux. Dans ce cas, leurs propriétés isolantes leur sont conférées par le gaz qui les imbibe : leur structure fibreuse ou pulvérulente ayant comme but d'immobiliser les molécules du gaz en question.  
20 Comme le dioxyde de carbone est meilleur isolant que l'azote, l'isolation thermique du réservoir se trouve être ainsi améliorée.

Afin d'éviter le passage de méthane liquéfié à la pression atmosphérique à une température de l'ordre de  $-160^{\circ}\text{C}$ , les enceintes primaire et secondaire sont mises en pression par  
25 admission de gaz sous pression.

Il s'agit :

- de l'admission dans l'enceinte primaire 7, d'azote gazeux à 1,01 atmosphère, et,

30 - de l'admission dans l'enceinte secondaire 8, d'un gaz pur ou d'un mélange gazeux, contenant obligatoirement du dioxyde de carbone, à 1,01 ou 1,02 atmosphère.

On constate que les pressions sont faibles, et qu'en outre, aucune poussée significative n'est exercée par la pression de ces gaz sur les parois des diverses enceintes, contrairement  
35 à la poussée verticale d'Archimède qui s'exerçait sur la paroi de la barrière secondaire 6, quand, selon l'art antérieur,

l'enceinte secondaire 8 contenait un liquide au lieu d'un gaz.

Il convient d'observer que la présence de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) peut être remplacée par celle de tout gaz présentant, comme le dioxyde de carbone, la propriété physique de pouvoir se SUBLIMER, c'est-à-dire de passer directement de l'état gazeux à l'état solide dans les conditions suivantes :

- état gazeux, à la pression régnant dans l'enceinte secondaire 8 (1,01 à 1,02 atmosphère) et à la température moyenne dans cette enceinte secondaire, supérieure naturellement au point de sublimation du gaz en question ( $-80^\circ \text{C}$  pour le dioxyde de carbone) ;

- état solide, toujours à la pression de l'enceinte secondaire 8, mais à une température inférieure au point de sublimation, et, en particulier à la température du méthane liquéfié ( $-160^\circ \text{C}$ ).

Par ailleurs, si la présence du dioxyde de carbone ou d'un gaz équivalent du point de vue ci-dessus est indispensable dans l'enceinte secondaire 8, cette présence peut être accompagnée de celle d'un autre gaz, bien entendu sous la même pression, tel que, par exemple de l'azote gazeux.

Les alimentations en méthane liquéfié et en gaz sont assurées par les moyens décrits ci-après.

Ainsi, un conduit 10 plonge jusqu'au fond de l'enceinte principale 9 et est relié à un distributeur 11 à trois positions, auquel sont, par ailleurs, reliés deux autres conduits 12 et 13, l'un, 12, éventuellement raccordé à une station de stockage d'un gisement de méthane, avant chargement du réservoir, l'autre, 13, raccordé à une pompe 14 de déchargement du réservoir.

Les trois positions du distributeur 11 correspondent :

- la première position, à la mise en communication des conduits 10 et 12, donc au chargement du réservoir, et, à l'obturation du conduit 13 ;

- la deuxième position, à l'obturation des trois conduits 10, 12, 13 ; et,

- la troisième position, à la mise en communication des conduits 10 et 13, donc au déchargement du réservoir, et, à l'obturation du conduit 12.

Un conduit 15 relie l'enceinte primaire 7 à un distributeur 16 à trois positions, cependant qu'une source d'azote gazeux comprimé 17 est reliée audit distributeur 16 par un conduit 18, et, qu'un conduit de décharge à l'atmosphère 19 est raccordé à ce distributeur.

Les trois positions du distributeur 16 correspondent :

- la première position, à la mise en communication des conduits 15 et 18, à l'admission d'azote gazeux dans l'enceinte primaire 7, et, à l'obturation du conduit 19 ;
- la deuxième position, à l'obturation des trois conduits 15, 18 et 19 ; et,
- la troisième position, à la mise en communication des conduits 15 et 19, à la mise à l'atmosphère de l'enceinte primaire 7, et, à l'obturation du conduit 18.

Un conduit 20 relie l'enceinte secondaire 8 à un distributeur 21 à trois positions, cependant qu'une source de dioxyde de carbone comprimé 22 est reliée au distributeur 21 par un conduit 23, et, qu'un conduit de décharge à l'atmosphère 24 est raccordé à ce distributeur.

Les trois positions du distributeur 21 correspondent :

- la première position, à la mise en communication des conduits 20 et 23, à l'admission de dioxyde de carbone dans l'enceinte secondaire 8, et, à l'obturation du conduit 24 ;
- la deuxième position, à l'obturation des trois conduits 20, 23 et 24 ; et,
- la troisième position, à la mise en communication des conduits 20 et 24, à la mise à l'atmosphère de l'enceinte secondaire 8, et, à l'obturation du conduit 23.

De plus, on note :

- le raccordement d'un manomètre 25 à l'enceinte secondaire 8 au moyen d'un conduit 26 ;
- le raccordement d'un conduit 27 à l'enceinte primaire 7, un clapet de décharge taré 28 étant disposé sur ce conduit 27, afin d'éviter les surpressions dans ladite enceinte primaire ;
- le raccordement d'un conduit 29 à l'enceinte secondaire 8, un clapet de décharge taré 30 étant disposé sur ce

conduit 29, afin d'éviter les surpressions dans ladite enceinte secondaire ;

- la présence d'une mince couche de givre de dioxyde de carbone 31 sur la totalité de la face 32 de la barrière secondaire 6, qui délimite l'enceinte secondaire 8.

Une variante de réalisation est représentée sur la figure 4. En complément des dispositions qui viennent d'être décrites, et qui sont reprises, on note qu'un conduit 33 relie l'enceinte secondaire 8 à un distributeur 34 à trois positions, un débitmètre 35 étant disposé sur ce conduit. Une source d'azote comprimé 36 est reliée au distributeur 34 par un conduit 37, un conduit 38 de décharge à l'atmosphère étant raccordé à ce distributeur. Il convient de noter que le distributeur 34 est muni d'une commande volontaire 39 de réglage de sa position, mais également d'un ressort de rappel 40 et d'un vérin de réglage automatique 41, qui est relié au conduit 33. En absence d'action sur la commande volontaire 39, les effets antagonistes combinés du ressort 40 et de la pression normale s'exerçant sur le vérin 41, le distributeur 34 est maintenu dans sa deuxième position. Si, par contre, une baisse anormale de pression se produit dans l'enceinte secondaire 8, l'effet du ressort devient prépondérant et place le distributeur 34 dans sa première position.

Les trois positions du distributeur 34 correspondent :

- la première position, à la mise en communication des conduits 33 et 37, donc à l'alimentation de l'enceinte secondaire 8 en azote sous pression, et, à l'obturation du conduit 38 ;

- la deuxième position, à l'obturation des trois conduits 33, 37 et 38 ; et,

- la troisième position, à la mise en communication des conduits 33 et 38, donc à la mise à l'atmosphère de l'enceinte secondaire 8, et, à l'obturation du conduit 37.

La configuration de la figure 2 est celle dans laquelle la barrière primaire 5 a subi un dommage léger, tel qu'une fissure 44, qui laisse suinter du méthane liquéfié dans l'enceinte primaire 7. Le méthane liquéfié s'accumule au fond de cette enceinte primaire 7, jusqu'à un niveau 45. La température de la

partie de la barrière secondaire mouillée par le méthane s'abaisse à environ  $-160^{\circ}$  C, et, au contact de cette partie, une couche épaisse 42 de dioxyde de carbone vient se solidifier par sublimation.

5 Les avaries du réservoir peuvent être plus graves, de sorte qu'on parvient à la configuration de la figure 3. La fissure 46 dans la barrière primaire 5 laisse s'écouler une quantité importante de méthane liquéfié dans l'enceinte secondaire jusqu'à un niveau 47. Une quantité plus importante de dioxyde  
10 de carbone vient se solidifier, en une couche très épaisse 43, de manière analogue à la couche précédente 42, mais en imprégnant une grande partie du matériau thermiquement isolant.

Le fonctionnement des dispositions qui viennent d'être décrites et leurs avantages vont maintenant être vus.

15 De manière classique, il a fallu assurer une pressurisation légère et graduelle des enceintes primaire 7 et secondaire 8 par rapport à l'enceinte principale 9. L'originalité a consisté à assurer la pressurisation de l'enceinte secondaire 8 avec du dioxyde de carbone normalement à l'état gazeux.

20 Il se peut que, par endroits, la barrière secondaire 6 ait une température, après un certain temps, inférieure au point de sublimation du dioxyde de carbone, sans descendre pour autant jusqu'à  $-160^{\circ}$  C, température du méthane liquéfié. Alors, en ces endroits, se dépose une mince couche 31 de dioxyde de  
25 carbone à l'état solide, qui, parfait, par ailleurs, l'isolation thermique.

Le distributeur 21 et la source 22 permettent l'alimentation de l'enceinte secondaire 8 en dioxyde de carbone à l'état gazeux.

30 En cas d'avarie, la température de la partie de la barrière secondaire 8 mouillée par le méthane liquéfié descend jusqu'à  $-160^{\circ}$  C, de sorte qu'elle se recouvre d'une couche de dioxyde de carbone solidifié 42 ou 43, plus ou moins importante, et suffisamment importante pour que le complément d'isolation  
35 thermique procuré par cette couche permette à la température dans l'enceinte secondaire, à la limite et en dehors de la couche 42 ou 43, de redevenir supérieure au point de sublimation du

dioxyde de carbone. En outre, la couche 42, 43 obture les fissures éventuelles de la barrière secondaire 8.

Ainsi, la double coque 4 a-t-elle été protégée des très basses températures qui auraient rendu fragile l'acier la constituant.

Il est, en outre, bon de pouvoir détecter l'apparition ou l'existence d'une fissure 44, 46. Un premier moyen de détection est constitué par le manomètre 25. Au moment où se forme la couche solide 42, 43, un vide relatif tend à s'établir à l'intérieur de l'enceinte secondaire 8, vide précisément détecté par la surveillance des indications du manomètre 25.

Dans le cas de la configuration de la figure 3, et peut-être même dans celle de la figure 2, il est nécessaire de rétablir la pressurisation de l'enceinte secondaire 8, momentanément annulée par la solidification d'une partie du dioxyde de carbone. Le rétablissement de la pressurisation peut être réalisé de deux manières. Bien entendu, il est possible d'introduire à l'intérieur de l'enceinte secondaire 8 une nouvelle quantité de dioxyde de carbone (source 22). mais, il peut arriver que cette source soit épuisée (bouteilles de dioxyde de carbone vidées, par exemple), et qu'en outre, la présence d'un complément de dioxyde de carbone ne soit pas indispensable pour boucher les fissures. Dans ce cas, il est possible de rétablir la pressurisation par injection, dans l'enceinte secondaire 8, d'un autre gaz comprimé tel que l'azote comprimé de la source 36.

Cette nouvelle pressurisation peut, en outre, être réalisée automatiquement par le distributeur 34. En effet, si un vide partiel s'établit dans l'enceinte secondaire 8, le vérin 41 ne maintient plus ce distributeur dans sa deuxième position, le ressort 40 plaçant alors le distributeur dans sa première position.

A noter que l'observation du débitmètre 35 permet de détecter la valeur du débit éventuel de gaz vers l'enceinte secondaire 8, et, par suite, de détecter l'existence de fissures 44, 46.

Au moment du réchauffage de l'enceinte principale 9, pour réparations et visites périodiques, il convient naturellement de veiller à ce que le passage inverse de l'état solide à l'état gazeux du dioxyde de carbone ne provoque pas des surpressions dangereuses pour les barrières primaire 5 et secondaire 6. Les clapets de décharge tarés 28 et 30 permettent d'éviter de telles surpressions.

Ainsi, avec les nouvelles dispositions préconisées, on constate :

- 10 - la détection aisée des avaries de la barrière primaire 5 ;
- le renforcement de l'isolation thermique et de l'imperméabilité des barrières primaire 5 et secondaire 6 ;
- une auto-cicatrisation d'une barrière secondaire
- 15 6 endommagée, ou simplement imparfaite.

Il est important de mentionner la caractéristique remarquable suivante : les goussets et éléments de fixation des barrière primaire 5 et secondaire 6 constituent, d'une part, les zones faibles desdites barrières, d'autre part, des ponts thermiques. En raison de cette dernière caractéristique, un dépôt de givre de dioxyde de carbone solide se dépose sur ces éléments dès le temps du service normal du réservoir. Ce givre assure donc déjà, d'une part, un complément d'isolation thermique au niveau des goussets et analogues, d'autre part, un complément d'étanchéité autour de ces éléments de fixation, et donc, dans

20 les zones les plus faibles des barrières primaire et secondaire, ceci, dès le temps du service normal. En cas d'avarie, le remède réparateur est déjà en place, au moins partiellement.

L'invention n'est pas limitée aux réalisations décrites, mais en couvre au contraire toutes les variantes qui pourraient leur être apportées sans sortir de leur cadre, ni de leur esprit.

30

RE V E N D I C A T I O N S

1. Réservoir de gaz naturel liquéfié, notamment de méthane liquéfié, constitué au moins par :

- une paroi principale (4) étanche et résistante, qui délimite l'enceinte externe du réservoir,

5 - une paroi interne étanche, dite barrière primaire (5), qui est disposée à l'intérieur de l'enceinte externe et à une distance (D5/4) non nulle de la paroi principale (4), et qui délimite l'enceinte principale (9) du réservoir,

10 - une paroi intermédiaire étanche, dite barrière secondaire (6), qui est disposée dans l'espace compris entre lesdites paroi principale (4) et barrière primaire (5), à une distance non nulle (D6/4 et D6/5) de chacune d'elles, et qui délimite, d'une part, entre la barrière primaire et elle-même, une enceinte primaire (7), d'autre part, entre la paroi principale  
15 et elle-même, une enceinte secondaire (8), et,

- un fluide d'étanchéité (22), qui est contenu à l'intérieur de l'enceinte secondaire et dont le point (température) de congélation est, d'une part, inférieur à la température régnant en service dans l'enceinte secondaire, d'autre part, supérieur à la température du gaz naturel liquéfié contenu dans  
20 l'enceinte principale,

caractérisé en ce que ce fluide d'étanchéité comprend au moins un corps (22) qui, sous une pression déterminée au moins égale à celle du gaz naturel liquéfié contenu dans l'enceinte principale, a un point (température) de SUBLIMATION, d'une part, inférieur à la température régnant en service dans l'enceinte secondaire, d'autre part, supérieur à la température du gaz naturel liquéfié contenu dans l'enceinte principale, cependant que la pression régnant dans l'enceinte secondaire (8) est, en outre,  
25 effectivement maintenue égale à ladite pression déterminée.

30 2. Réservoir selon la revendication 1, destiné à contenir du méthane liquéfié (9), sous pression atmosphérique, caractérisé en ce que ledit corps (22) est du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), dont la température de sublimation à ladite pression déterminée est de l'ordre de -80° C.  
35

3. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, de manière connue en soi, chacune des enceintes primaire (7) et secondaire (8) est emplie d'un matériau thermiquement isolant.

5 4. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il est muni d'un manomètre (25) de surveillance de la pression dans l'enceinte secondaire (8), qui est relié (26) à cette enceinte secondaire.

10 5. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'enceinte secondaire (8) est raccordée à une alimentation sélective (22, 21 et/ou 36, 34) en un gaz sous pression.

15 6. Réservoir selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'un débitmètre (35) est disposé sur la liaison (33) reliant l'enceinte secondaire (8) à l'alimentation sélective (36, 34) en un gaz sous pression.

20 7. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'une au moins des enceintes primaire (7) et secondaire (8) est munie d'un clapet de décharge taré (28, 30).



