



(43) Date de la publication internationale  
4 juin 2015 (04.06.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2015/078972 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
*G01M 3/22* (2006.01) *G01N 1/22* (2006.01)  
*F17C 13/12* (2006.01)

**PRUNIER, Raphaël**; 14 rue Charpentier, F-92340 Bourg-la-reine (FR). **BIEDERMAN, Eric**; 10 rue Franklin Roosevelt, Cité Jena Rostand, F-71230 Saint-vallier (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2014/075822

(74) Mandataire : **THIBAUD, Jean-Baptiste**; Loyer & Abello, 9 Rue Anatole De La Forge, F-75017 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :  
27 novembre 2014 (27.11.2014)

(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 :  
1361899 29 novembre 2013 (29.11.2013) FR

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

(72) Inventeurs : **SPITTAEL, Laurent**; 26 rue Marquet, F-78960 Voisins Le Bretonneux (FR). **DELETRE, Bruno**; 18 rue Saint Médéric, F-78000 Versailles (FR). **LOMBARD, Fabrice**; 53 avenue Salvador Allende, F-78190 Trappes (FR). **HAQUIN, Nicolas**; 3 quai de Stalingrad, F-92100 Boulogne Billancourt (FR). **DIOUF, Abdoulaye**; 4 avenue de la Providence, F-92160 Antony (FR). **BEAUVAIS, David**; 23 rue d'Essling, F-92400 Courbevoie (FR).

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : MONITORING OF A SEALED AND THERMALLY INSULATED VAT

(54) Titre : SURVEILLANCE D'UNE CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE

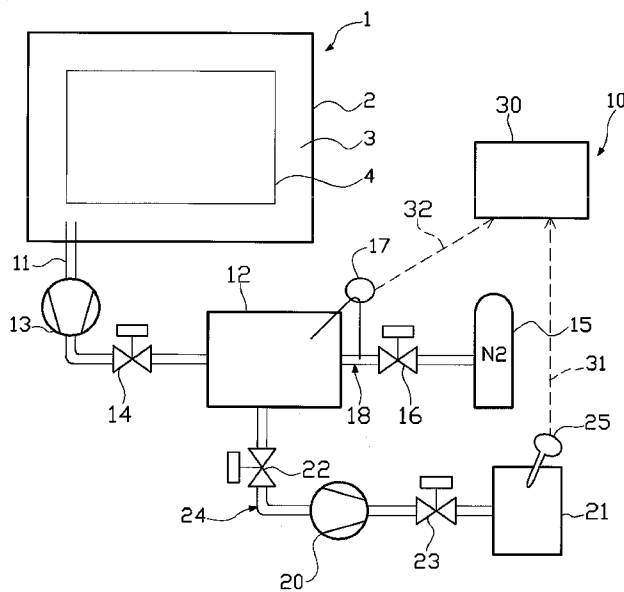


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a method for monitoring a sealed and thermally insulated vat (1) intended to hold a fuel gas that is liquefied at low temperature, in which a wall of the vat comprises a thermally insulated barrier (3) arranged between the sealing membrane and the bearing wall, the thermally insulated barrier comprising solid insulation materials and a gas phase maintained at a negative relative pressure, the method comprising: obtaining a diluted gas sample by collecting a sample of the gaseous phase at the negative relative pressure in the thermally insulated barrier through a collection tube (11) and by the addition of a controlled quantity of an inert gas to the gaseous phase to be collected or that has been collected, raising the pressure of the diluted gas sample to an operating pressure of a gas analyzer (25), and measuring a concentration of the fuel gas in the diluted gas sample with the gas analyzer.

(57) Abrégé : Procédé de surveillance d'une cuve étanche et thermiquement isolante (1) destinée à contenir un gaz combustible liquéfié à basse température, dans lequel une paroi de la cuve comporte une barrière thermiquement isolante (3) disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière thermiquement isolante comportant des matières solides isolantes et une

[Suite sur la page suivante]

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

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

**Publiée :**

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

---

phase gazeuse maintenue sous une pression relative négative, le procédé comportant : obtenir un échantillon de gaz dilué par prélèvement d'un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans la barrière thermiquement isolante à travers une canalisation de prélèvement (11) et par ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée, élever la pression de l'échantillon de gaz dilué jusqu'à une pression de fonctionnement d'un analyseur de gaz (25), et mesurer une concentration du gaz combustible dans l'échantillon de gaz dilué avec l'analyseur de gaz.

## **SURVEILLANCE D'UNE CUVE ETANCHE ET THERMIQUEMENT ISOLANTE**

### **Domaine technique**

L'invention se rapporte au domaine de la surveillance des cuves étanches et thermiquement isolantes destinées à contenir un gaz combustible liquéfié à basse température, en particulier dans le cas d'une cuve à membrane dans laquelle une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse, la structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité en contact avec le gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve et une barrière thermiquement isolante disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse, et dans laquelle la barrière thermiquement isolante comporte des matières solides isolantes et une phase gazeuse maintenue sous une pression relative négative par un dispositif d'aspiration connecté à la barrière thermiquement isolante.

### **Arrière-plan technologique**

Des cuves étanches et thermiquement isolantes peuvent être utilisées pour stocker et/ou transporter des gaz combustibles liquéfiés à basse température, par exemple un gaz à forte teneur en méthane dénommé couramment Gaz Naturel Liquéfié (GNL) dont le point d'ébullition est à environ  $-162^{\circ}\text{C}$  à pression atmosphérique.

Dans la technologie des cuves à membrane, une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse et comprenant au moins une membrane d'étanchéité et au moins une barrière thermiquement isolante disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse. La ou chaque barrière thermiquement isolante comporte des matières solides isolantes formant une surface de support pour la ou chaque membrane d'étanchéité.

Afin d'augmenter le pouvoir isolant de la ou chaque barrière thermiquement isolante, on a proposé dans la publication FR-A-2535831 de maintenir la phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante secondaire sous une pression absolue inférieure à la pression atmosphérique ambiante, c'est-à-dire une pression relative négative.

Par ailleurs, l'exploitation d'une telle cuve de gaz liquéfié combustible suppose de garantir des conditions de sécurité strictes, et notamment de détecter les éventuels défauts d'étanchéité d'une membrane aussi efficacement possible.

Ainsi, certaines réglementations exigent d'analyser le contenu des espaces d'isolation au moins toutes les 30 minutes.

Le document FR2317649 divulgue un procédé pour contrôler les variations de porosité des membranes d'étanchéité primaire et secondaire disposées de part et d'autre d'un espace intermédiaire. La barrière d'isolation thermique secondaire est remplie d'un mélange d'azote et d'argon. L'espace intermédiaire entre les deux membranes d'étanchéité est balayé au moyen d'un courant d'azote et les teneurs en méthane et en argon sont analysées dans le courant d'azote de sorte à détecter des fuites de la membrane d'étanchéité primaire ou de la membrane d'étanchéité secondaire. L'espace intermédiaire est maintenu en dépression de sorte à favoriser la migration du gaz à travers les membranes d'étanchéité.

### Résumé

Une idée à la base de l'invention est de fournir des procédés et dispositifs de surveillance adaptés pour détecter de manière efficace la présence du gaz combustible dans la barrière thermiquement isolante, y compris lorsque la phase gazeuse est maintenue sous une pression relative négative.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un procédé de surveillance d'une cuve étanche et thermiquement isolante destinée à contenir un gaz combustible liquéfié à basse température, dans lequel une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse, la structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité en contact avec le gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve et une barrière thermiquement isolante disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière thermiquement isolante comportant des matières solides isolantes et une phase gazeuse maintenue sous une pression relative négative, le procédé comportant : obtenir un échantillon de gaz dilué par prélèvement d'un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans la barrière thermiquement isolante à travers une canalisation de prélèvement débouchant à l'extérieur de la paroi de cuve et par ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée, comprimer, c'est à dire élever la pression de, l'échantillon de gaz dilué jusqu'à une pression de fonctionnement d'un analyseur de gaz, et

mesurer une concentration du gaz combustible dans l'échantillon de gaz dilué avec l'analyseur de gaz.

Selon des modes de réalisation, un tel procédé de surveillance peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

- 5            Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre :  
déterminer une concentration du gaz combustible dans la phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante en fonction de la concentration mesurée et de la quantité de gaz inerte ajoutée à la phase gazeuse.

Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comporte :

- 10 - déterminer un taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée en fonction de mesures de la pression et de la température de la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée avant et après l'ajout de la quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse ; et  
15 - déterminer une concentration du gaz combustible dans la phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante en fonction de la concentration mesurée et du taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte.

Le gaz combustible peut être constitué de Gaz Naturel Liquéfié, de Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL), d'éthylène ou autre.

- 20            L'utilisation d'un gaz inerte permet d'augmenter la quantité de matière dans l'échantillon à analyser sans risquer de produire de mélange explosif. Par exemple, le gaz inerte peut être choisi dans le groupe constitué du diazote, de l'hélium, de l'argon et de leurs mélanges.

- 25            Selon des modes de réalisation, la pression relative négative correspond à une pression absolue inférieure à 10 kPa, de préférence inférieure à 1 kPa.

Selon des modes de réalisation, la pression de fonctionnement de l'analyseur de gaz est comprise entre 80 kPa et 120 kPa, de préférence entre 86 kPa et 108 kPa. Avec ces pressions de fonctionnement, il est possible d'utiliser des analyseurs de gaz relativement peu coûteux et facilement disponibles.

- 30            La mesure de concentration du gaz combustible peut être réalisée selon diverses techniques de détection connues. Par exemple, l'analyseur de gaz peut comporter un détecteur de gaz combustible choisi dans le groupe constitué des

détecteurs à infrarouge, notamment ceux fonctionnant par mesure d'absorbance et/ou de transmittance, et des détecteurs à cellule électrochimique.

Deux méthodes peuvent être employées pour diluer la phase gazeuse à basse pression présente dans la barrière isolante. Une première méthode consiste à mélanger le gaz inerte à la phase gazeuse en amont du prélèvement de l'échantillon, à savoir dans la barrière isolante. Une deuxième méthode consiste à mélanger le gaz inerte à la phase gazeuse en aval du prélèvement de l'échantillon, à savoir dans le dispositif de surveillance. Ces deux méthodes peuvent être combinées.

- 10 Selon un mode de réalisation correspondant à la première méthode susmentionnée, l'étape d'obtenir l'échantillon de gaz dilué comporte :
- ajouter une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse dans la barrière thermiquement isolante pour augmenter la pression relative de la phase gazeuse dans la barrière thermiquement isolante depuis une première valeur négative
- 15 jusqu'à une deuxième valeur négative, et
- prélever un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative égale deuxième valeur négative dans la barrière thermiquement isolante à travers la canalisation de prélèvement débouchant à l'extérieur de la paroi de cuve pour obtenir l'échantillon de gaz dilué, et
- 20 diminuer la pression relative de la phase gazeuse dans la barrière thermiquement isolante depuis la deuxième valeur négative jusqu'à la première valeur négative après avoir prélevé l'échantillon de la phase gazeuse.

Selon des modes de réalisation, la première valeur négative est inférieure à 1 kPa, de préférence inférieure ou égale à 0.1 kPa, et la deuxième valeur négative

25 est supérieure ou égale à 1 kPa.

Selon un mode de réalisation correspondant à la deuxième méthode susmentionnée, l'étape d'obtenir l'échantillon de gaz dilué comporte :

prélever un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans la barrière thermiquement isolante à travers la canalisation de prélèvement débouchant à l'extérieur de la paroi de cuve, et

30 ajouter une quantité contrôlée de gaz inerte à l'échantillon de phase gazeuse prélevé.

Dans ce cas, les étapes de prélever, diluer et comprimer l'échantillon peuvent être effectuées conjointement au moyen d'un dispositif d'aspiration par effet Venturi, le dispositif d'aspiration par effet Venturi comportant :

- une conduite principale présentant une entrée reliée à une source du gaz inerte
- 5 sous pression et une sortie reliée à une enceinte de mesure ou à une enceinte intermédiaire, et
- une conduite d'aspiration présentant un côté amont relié à la canalisation de prélèvement et un côté aval débouchant latéralement dans un convergent-divergent de la conduite principale de manière qu'un flux de gaz inerte dans la conduite
- 10 principale produise une dépression dans la conduite d'aspiration.

Selon un mode de réalisation l'étape de prélever l'échantillon comporte : pomper l'échantillon de phase gazeuse à travers la canalisation de prélèvement vers une enceinte intermédiaire, et isoler l'enceinte intermédiaire de la barrière thermiquement isolante.

- 15 Selon un autre mode de réalisation correspondant à la deuxième méthode susmentionnée, la quantité contrôlée de gaz inerte est ajoutée dans l'enceinte intermédiaire, l'étape de comprimer l'échantillon de gaz dilué comportant : pomper l'échantillon de gaz dilué depuis l'enceinte intermédiaire vers une enceinte de mesure couplée à l'analyseur de gaz.

- 20 Dans des modes de réalisation, l'étape de comprimer l'échantillon de gaz dilué, c'est-à-dire d'élever la pression de l'échantillon de gaz, peut comporter : stocker l'échantillon de phase gazeuse prélevé dans une enceinte intermédiaire reliée à la canalisation de prélèvement, et
- déplacer une paroi mobile dans l'enceinte intermédiaire pour confiner l'échantillon
- 25 de gaz dilué dans une enceinte de mesure de plus petite capacité que l'enceinte intermédiaire.

Par exemple, l'enceinte de mesure est constituée d'une portion d'extrémité de l'enceinte intermédiaire ou d'une enceinte de plus petite taille reliée à l'enceinte intermédiaire.

- 30 Selon un mode de réalisation, les étapes de diluer et comprimer l'échantillon sont effectuées au moyen d'un dispositif d'aspiration par effet Venturi, le dispositif d'aspiration par effet Venturi comportant : une conduite principale présentant une entrée reliée à une source du gaz inerte

- sous pression et une sortie reliée à une enceinte de mesure, et  
une conduite d'aspiration présentant un côté amont relié à l'enceinte intermédiaire  
et un côté aval débouchant latéralement dans un convergent-divergent de la  
conduite principale de manière qu'un flux de gaz inerte dans la conduite principale  
5 produise une dépression dans la conduite d'aspiration.

- Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un dispositif de  
surveillance convenant pour une cuve étanche et thermiquement isolante destinée à  
contenir un gaz combustible liquéfié à basse température, dans laquelle une paroi  
de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse, la  
10 structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité en contact avec le  
gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve et une barrière thermiquement  
isolante disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière  
thermiquement isolante comportant des matières solides isolantes et une phase  
gazeuse maintenue sous une pression relative négative,  
15 le dispositif de surveillance comportant :  
une canalisation de prélèvement reliant la barrière thermiquement isolante à  
l'extérieur de la paroi de cuve, ladite canalisation de prélèvement étant équipée  
d'une vanne d'isolement ;  
une enceinte intermédiaire reliée à la barrière thermiquement isolante par la  
20 canalisation de prélèvement ;  
une enceinte de mesure reliée à l'enceinte intermédiaire ,  
un analyseur de gaz couplé à l'enceinte de mesure pour mesurer une concentration  
du gaz combustible dans l'enceinte de mesure,  
un dispositif de pompage connecté à la canalisation de prélèvement et apte à  
25 prélever un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans  
la barrière thermiquement isolante et à transférer l'échantillon de la phase gazeuse  
vers l'enceinte de mesure,  
un réservoir de gaz inerte relié à l'enceinte intermédiaire et agencé pour ajouter  
dans l'enceinte intermédiaire une quantité de gaz inerte à la phase gazeuse ayant  
30 été prélevée, et  
un dispositif de mesure pour mesurer la quantité de gaz inerte ajoutée à la phase  
gazeuse.

Selon des modes de réalisation, un tel dispositif de surveillance peut  
comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.



Selon un mode de réalisation, l'enceinte de mesure est reliée directement ou indirectement à la canalisation de prélèvement par l'intermédiaire d'une vanne d'isolement.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comporte en outre un système  
5 de traitement de données apte à déterminer une concentration du gaz combustible dans la phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante en fonction de la concentration mesurée par l'analyseur de gaz et de la quantité de gaz inerte ajoutée à la phase gazeuse.

Selon un mode de réalisation, le système de traitement de données est  
10 apte à déterminer un taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevé en fonction de mesures de la pression et de la température de la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée avant et après l'ajout de la quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse et à déterminer une concentration du gaz combustible dans la  
15 phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante en fonction de la concentration mesurée par l'analyseur de gaz et du taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte.

Le dispositif de pompage peut être réalisé de diverses manières. Selon un mode de réalisation, le dispositif de pompage comporte une pompe à vide, par  
20 exemple de type Roots ou autre.

Le dispositif de pompage peut être dédié au dispositif de surveillance ou, à des fins d'économie, le dispositif de pompage peut être mutualisé entre le dispositif de surveillance et un dispositif de régulation de pression de la barrière isolante servant à maintenir en permanence la pression relative négative dans la barrière  
25 isolante.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de pompage comporte un dispositif d'aspiration par effet Venturi, le dispositif d'aspiration par effet Venturi comportant :  
une conduite principale présentant une entrée reliée au réservoir de gaz inerte et  
30 une sortie reliée à l'enceinte de mesure, et  
une conduite d'aspiration présentant un côté amont relié à la canalisation de prélèvement par l'intermédiaire de l'enceinte intermédiaire et un côté aval débouchant latéralement dans un convergent-divergent de la conduite principale de

manière qu'un flux de gaz inerte dans la conduite principale produise une dépression dans la conduite d'aspiration.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi une cuve étanche et thermiquement isolante destinée à contenir un gaz combustible liquéfié à basse  
5 température et équipée d'un dispositif de surveillance précité, dans laquelle une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse, la structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité primaire en contact avec le gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire disposée entre la membrane  
10 d'étanchéité primaire et la paroi porteuse, une barrière thermiquement isolante primaire disposée entre la membrane d'étanchéité primaire et la membrane d'étanchéité secondaire, et une barrière thermiquement isolante secondaire disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la paroi porteuse, et dans laquelle une ou chaque barrière thermiquement isolante comporte des matières  
15 solides isolantes et une phase gazeuse maintenue sous une pression relative négative, le dispositif de surveillance comportant une première conduite de prélèvement débouchant dans la barrière thermiquement isolante primaire et une deuxième conduite de prélèvement débouchant dans la barrière thermiquement isolante secondaire.

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

25 Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un produit liquide froid comporte une double coque et une cuve précitée disposée dans la double coque.

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

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant le navire précité, des

canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

- 5 Certains aspects de l'invention partent de l'idée de faciliter l'analyse d'une phase gazeuse disponible sous une faible pression, et par conséquent en petite quantité, en limitant les coûts des moyens de prélèvement et/ou des moyens d'analyse.

### **Brève description des figures**

- 10 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.

- 15 • La figure 1 est une représentation schématique d'une cuve à membrane et d'un dispositif de surveillance de cette cuve.
- La figure 2 est une représentation schématique d'une enceinte de mesure utilisable dans le dispositif de surveillance de la figure 1.
- La figure 3 est une représentation analogue à la figure 1 montrant un dispositif de surveillance de la cuve selon un autre mode de réalisation.
- 20 • La figure 4 est une représentation agrandie en coupe de la zone IV de la figure 4.
- La figure 5 est une représentation analogue à la figure 1 montrant un dispositif de surveillance de la cuve selon un autre mode de réalisation.
- 25 • La figure 6 est un diagramme temporel montrant une variation de pression qui peut être réalisée dans la barrière isolante de la cuve de la figure 5.
- La figure 7 est une vue d'artiste schématique représentant une cuve
- 30 de navire méthanier écorchée pouvant être équipée d'un dispositif

de surveillance et un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

### Description détaillée de modes de réalisation

En référence à la figure 1, une cuve à membrane 1 est représentée très schématiquement en section. Elle comporte une structure porteuse 2 définissant une cavité dans laquelle la cuve est construite, une barrière isolante 3 comportant des éléments isolants fixés sur les surfaces intérieures de la structure porteuse 2, et une membrane 4 étanche au liquide et au gaz, par exemple en tôle métallique, recouvrant toute la surface intérieure de la cuve.

10 Selon un mode de réalisation représenté sur la figure 5, une membrane étanche secondaire peut être interposée entre la structure porteuse 2 et la membrane étanche 4, de manière à séparer deux barrières isolantes de part et d'autre de la membrane étanche secondaire. Cette disposition n'est pas représentée sur la figure 1.

15 La structure porteuse 2 est également réalisée de manière sensiblement étanche au gaz. Ainsi, la barrière isolante 3 est agencée dans un espace d'isolation qui est isolé de la pression ambiante par la membrane étanche 4 et par la structure porteuse 2. Des dispositifs de régulation de pression non représentés peuvent être employés pour maintenir une faible pression de gaz dans l'espace d'isolation, par exemple de l'ordre de 0,1 à 1 kPa, de manière à abaisser encore la conductivité thermique de la barrière isolante 3.

20 Un dispositif de surveillance peut être employé pour réaliser la surveillance de la composition de la phase gazeuse dans l'espace d'isolation, afin de détecter une éventuelle fuite dans la membrane étanche 4. La surveillance de l'unique espace isolation 3 qui va être décrite ci-après peut être réalisée de la même manière dans chacun des espaces d'isolation dans le cas d'une cuve ayant plusieurs membranes successives.

Pour cela, le dispositif de surveillance 10 de la figure 1 comporte une canalisation de prélèvement 11 qui traverse la structure porteuse 2 et qui débouche dans la barrière isolante 3 pour pouvoir aspirer un échantillon de la phase gazeuse à cet endroit. De multiples canalisations de prélèvement non représentées peuvent être agencées de la même manière à différents emplacements de la cuve pour

pouvoir échantillonner de la phase gazeuse dans plusieurs zones correspondantes de la barrière isolante 3.

La canalisation de prélèvement 11 relie la barrière isolante 3 à une enceinte intermédiaire 12 par l'intermédiaire d'une pompe à vide 13 et d'une vanne d'isolement 14. Une conduite de liaison 18 relie par ailleurs un réservoir de diazote sous pression 15 à l'enceinte intermédiaire 12 par l'intermédiaire d'une vanne d'isolement 16. Un système de capteurs 17 est prévu pour pouvoir mesurer une quantité de diazote introduite depuis le réservoir de diazote sous pression 15 dans l'enceinte intermédiaire 12. Des capteurs utilisables pour cela sont par exemple un débitmètre couplé à la conduite de liaison 18 et/ou des capteurs de température et de pression couplés à l'enceinte intermédiaire 12.

L'enceinte intermédiaire 12 peut être exploitée de la manière suivante :

- Un échantillon de la phase gazeuse présente dans la barrière isolante 3 est transféré par la pompe à vide 13 dans l'enceinte intermédiaire 12. L'échantillon peut être une très petite quantité de la phase gazeuse, en fonction de la puissance de la pompe à vide 13 et/ou du temps disponible pour effectuer le prélèvement.
- La vanne 14 est fermée pour isoler l'enceinte intermédiaire 12.
- Une quantité déterminée de diazote est ajoutée depuis le réservoir 15 dans l'enceinte intermédiaire 12 au moyen de la vanne 16. Par exemple, la quantité de diazote peut être mesurée par l'intermédiaire des mesures de la pression et de la température dans l'enceinte intermédiaire 12 avant et après l'ajout de diazote. L'ajout de diazote dans l'enceinte 12 permet de diluer l'échantillon pour à la fois obtenir une quantité de matière plus importante à analyser et relever quelque peu la pression de la phase gazeuse à analyser.

La pression dans l'enceinte intermédiaire 12 est alors supérieure à celle régnant dans la barrière isolante 3. Elle est par exemple de l'ordre de 1 à 10 kPa. Cela n'est pas forcément suffisant pour pouvoir réaliser facilement une analyse chimique, étant donné que les analyseurs de gaz les plus courants fonctionnent à des pressions proches de la pression atmosphérique. Il est donc possible, soit de réaliser l'analyse du gaz dilué directement dans l'enceinte intermédiaire 12, soit

d'effectuer auparavant une compression supplémentaire du gaz dilué pour pouvoir utiliser un appareil d'analyse de gaz plus rapide et/ou moins coûteux.

Pour réaliser cette compression supplémentaire, on a représenté sur la figure 1 une conduite de liaison 24 reliant l'enceinte intermédiaire 12 à une enceinte de mesure 21 de plus petite taille par l'intermédiaire d'une deuxième pompe 20 et de deux vannes d'isolement 22 et 23. La conduite de liaison 24 peut être exploitée de la manière suivante :

- Après l'ajout de diazote dans l'enceinte intermédiaire 12, les vannes 14 et 16 restent fermées et les vannes 22 et 23 sont ouvertes et la pompe 20 est activée pour comprimer et transférer le gaz dilué depuis l'enceinte intermédiaire 12 à l'enceinte de mesure 21.
- Lorsque la pression dans l'enceinte de mesure 21 atteint une valeur suffisante pour le fonctionnement de l'analyseur de gaz 25, la vanne 23 est fermée et la concentration de méthane dans le gaz dilué est mesurée avec l'analyseur de gaz 25.

Des analyseurs de gaz 25 permettant de mesurer une concentration de méthane sont par exemple disponibles auprès de la société suédoise Consilium AB.

Un système de traitement de données 30 peut alors être utilisé pour calculer la concentration de méthane dans la barrière isolante 3 avant dilution, à partir des signaux de mesures fournis par l'analyseur de gaz 25, représentés schématiquement par la flèche 31, et des signaux de mesures fournis par le système de capteurs 17, représentés schématiquement par la flèche 32.

La concentration de méthane dans la barrière isolante peut notamment être calculée sur la base de l'équation suivante :

$$[C(CH_4)]_{\text{barrière isolante}} = \frac{[C(CH_4)]_{\text{mesurée}}}{\vartheta} \quad \text{avec :}$$

- $[C(CH_4)]_{\text{barrière isolante}}$  : la concentration de méthane dans la barrière isolante avant dilution ;
- $\vartheta$  : le taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse ayant été prélevée ; et
- $[C(CH_4)]_{\text{mesurée}}$  : la concentration de méthane mesurée par l'analyseur de gaz 25.

Le taux de dilution  $\vartheta$  est calculé au moyen des signaux de mesures fournis par le système de capteurs 17 et délivrant des mesures de la pression et de la température dans l'enceinte intermédiaire 12 avant et après l'ajout de diazote.

Selon un mode de réalisation, le taux de dilution  $\vartheta$  peut être calculé au  
5 moyen de la formule suivante :

$$\vartheta = \frac{P_{\text{Avant dilution}}}{P_{\text{Après dilution}}} \quad \text{avec :}$$

$P_{\text{Avant dilution}}$  : la pression (en Pa) à l'intérieur de l'enceinte intermédiaire avant dilution ; et

$P_{\text{Après dilution}}$  : la pression (en Pa) à l'intérieur de l'enceinte intermédiaire après dilution  
10 par ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte.

Selon un autre mode de réalisation, le taux de dilution  $\vartheta$  peut être calculé en tenant compte de la température de la phase gazeuse ayant été prélevée avant et après l'ajout de gaz inerte à la phase gazeuse, au moyen de la formule suivante :

$$\vartheta = \frac{P_{\text{Avant dilution}} \times T_{\text{Après dilution}}}{P_{\text{Après dilution}} \times T_{\text{Avant dilution}}} \quad \text{avec :}$$

15  $P_{\text{Avant dilution}}$  : la pression (en Pa) à l'intérieur de l'enceinte intermédiaire avant dilution ;

$P_{\text{Après dilution}}$  : la pression (en Pa) à l'intérieur de l'enceinte intermédiaire après dilution par ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte ;

$T_{\text{Avant dilution}}$  : la température (en K) régnant à l'intérieur de l'enceinte intermédiaire  
20 avant dilution; et

$T_{\text{Après dilution}}$  : la température (en K) régnant à l'intérieur de l'enceinte intermédiaire après dilution.

Le système de traitement de données 30, par exemple un ordinateur programmé, peut remplir en outre une fonction d'alarme en émettant un signal  
25 d'alarme lorsque la concentration de méthane dans la barrière isolante 3 dépasse un seuil prédéterminé.

De la même manière, on peut rechercher les concentrations d'autres gaz, notamment d'oxygène, de vapeur d'eau, ou d'autres hydrocarbures dans la phase gazeuse prélevée. Des analyseurs de gaz correspondants sont disponibles sur le  
30 marché pour produire ces mesures. Les produits hydrocarbures sont en général détectables au moyen d'un analyseur à infrarouge.

Sur la figure 1, on a représenté deux pompes 13 et 20 situées l'une en amont et l'autre en aval de l'enceinte intermédiaire 12. Dans une variante, une seule des deux pompes 13 et 20 est prévue et sert à effectuer toutes les étapes, à savoir le prélèvement de l'échantillon initial, puis la compression de l'échantillon dilué.

- 5 L'une des pompes 13 et 20 peut remplir cumulativement la fonction de maintenir la pression de fonctionnement basse dans l'espace d'isolation 3. Pour cela, une conduite de rejet vers l'atmosphère et une vanne de contrôle correspondante doivent être prévues.

Dans une variante, une pompe supplémentaire non représentée est prévue  
10 sur la canalisation 18 pour transférer le diazote.

La figure 2 représente un autre mode de réalisation du dispositif de surveillance, dans lequel la compression supplémentaire du gaz dilué peut être effectuée directement dans l'enceinte intermédiaire. Les éléments analogues ou identiques à ceux de la figure 1 portent un chiffre de référence augmenté de 100 par  
15 rapport à la figure 1.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, l'enceinte de mesure 121 est attenante à une extrémité de l'enceinte intermédiaire 112 et un piston 120 est monté mobile de manière étanche dans l'enceinte intermédiaire 112 pour pouvoir repousser le gaz dilué contenu dans l'enceinte intermédiaire 112 vers l'enceinte de  
20 mesure 121. La vue de gauche représente le piston 120 au début de l'étape de compression et la vue de droite représente le piston 120 à la fin de l'étape de compression. Pour le reste, le fonctionnement est similaire au dispositif de surveillance de la figure 1.

Il existe différentes manières de provoquer l'aspiration de l'échantillon à  
25 analyser à travers la canalisation de prélèvement. Dans la mode de réalisation de la figure 3, on utilise un dispositif d'aspiration à effet Venturi, représenté de manière agrandie sur la figure 4, qui permet de réaliser simultanément l'aspiration d'une quantité de la phase gazeuse dans la barrière isolante et la dilution de cet échantillon dans une quantité de gaz inerte. Les éléments analogues ou identiques  
30 à ceux de la figure 1 portent un chiffre de référence augmenté de 200 par rapport à la figure 1.

Le dispositif d'aspiration à effet Venturi 220 comporte une conduite principale 35 ayant une géométrie convergente-divergente et présentant un côté



d'entrée relié par la conduite de liaison 218 au réservoir de diazote sous pression 215 et un côté de sortie relié par la conduite de liaison 224 à l'enceinte de mesure 221. Une vanne d'isolement 216 est prévue sur la conduite de liaison 218 pour contrôler la distribution de diazote à partir du réservoir 215. Un système de capteurs 5 217 est prévu pour mesurer la quantité de diazote introduite depuis le réservoir de diazote sous pression 215 dans la conduite principale 35. Une vanne d'isolement 223 est prévue sur la conduite de liaison 224 pour pouvoir fermer l'enceinte de mesure 221 pendant la durée de la mesure par l'analyseur de gaz 225.

Le fonctionnement est le suivant :

- 10 - Lorsque les vannes 216 et 223 sont ouvertes, un flux de diazote sous pression pénètre dans le côté entrée du convergent-divergent, comme indiqué par les flèches 37 et provoque par effet Venturi une dépression dans la canalisation latérale 36 du dispositif d'aspiration à effet Venturi 220 qui est reliée à la canalisation de prélèvement 211. Il s'ensuit 15 l'aspiration d'une quantité de la phase gazeuse contenue dans la barrière isolante 203, comme indiqué par la flèche 38. Le flux de phase gazeuse aspiré et le flux de diazote se mélangent dans le côté sortie du convergent-divergent, comme indiqué par les flèches 39 et s'écoulent vers l'enceinte de mesure 221 à travers la conduite de liaison 224.
- 20 - On procède ensuite à l'analyse de l'échantillon de gaz dilué obtenu dans l'enceinte de mesure 221, de la même manière que précédemment décrite.

De préférence, une vanne non représentée est également prévue sur la canalisation de prélèvement 211 que l'on ouvre seulement après avoir établi un flux 25 d'azote stable à une vitesse appropriée dans la conduite principale 35. Ceci permet d'éviter un reflux du diazote en direction de la barrière isolante 203 lors de la phase de démarrage du flux de diazote. On peut de la même manière fermer cette vanne à la fin du prélèvement avant d'interrompre le flux de diazote.

Le dispositif d'aspiration à effet Venturi 220 de la figure 4 peut aussi être 30 employé conjointement avec une enceinte intermédiaire située en amont de la canalisation latérale 36.

Dans un mode de réalisation correspondant non représenté, le dispositif de surveillance 210 de la figure 3 est connecté à l'enceinte intermédiaire 12 de la figure

1, de sorte que la canalisation latérale 36 du dispositif d'aspiration à effet Venturi 220 prend la place de la canalisation de liaison 24 de la figure 1. La fonction de la pompe 20 peut alors être réalisée par le dispositif d'aspiration à effet Venturi 220 qui remplace la pompe 20, et qui réalise en outre la dilution de l'échantillon dans le diazote. En conséquence, un ajout préalable de diazote dans l'enceinte intermédiaire 12 n'est pas indispensable dans ce cas et le réservoir 15 de la figure 1 peut être éventuellement supprimé.

Les modes de réalisation décrits ci-dessus réalisent un ajout de diazote dans l'échantillon de phase gazeuse prélevé dans la barrière isolante. En variante, un apport de diazote peut être réalisé dans la barrière isolante avant le prélèvement de l'échantillon à analyser.

Un mode de réalisation correspondant va maintenant être décrit en référence aux figures 5 et 6. Les éléments analogues ou identiques à ceux de la figure 1 portent un chiffre de référence augmenté de 300 par rapport à la figure 1.

La figure 5 met en évidence une cuve 301 à double membrane d'étanchéité, dans laquelle une membrane d'étanchéité secondaire 40 sépare la barrière isolante en une barrière isolante primaire disposée dans un espace d'isolation primaire 41 situé entre la membrane primaire 304 et la membrane secondaire 40 et une barrière isolante secondaire disposée dans un espace d'isolation secondaire 42 situé entre la membrane secondaire 40 et les parois porteuses 302.

On décrit premièrement un dispositif de surveillance 310 destiné à surveiller la composition de la phase gazeuse dans l'espace primaire 41.

La canalisation de prélèvement 311 débouche d'un côté dans l'espace primaire 41 et de l'autre côté dans un collecteur de gaz 46 et porte une vanne d'isolement 45. Le collecteur de gaz 46 est relié au côté aspiration d'une pompe à vide 320 qui permet ainsi d'aspirer un échantillon de la phase gazeuse présente dans l'espace primaire 41 lorsque la vanne 45 est ouverte. Le côté refoulement de la pompe à vide 320 est relié par la conduite de liaison 324 munie d'une vanne 323 à l'enceinte de mesure 321 équipée de l'analyseur de gaz 325. La vanne 323 permet de fermer l'enceinte de mesure 321 après prélèvement de l'échantillon à analyser et pendant la durée de la mesure.

Une conduite de dérivation 47 munie d'une vanne 48 s'embranchement sur la conduite de liaison 324 en amont de la vanne 323 et permet de diriger le flux de gaz refoulé par la pompe 320 vers d'autres installation que l'enceinte de mesure 321, notamment vers un mât de dégazage débouchant dans l'atmosphère ambiante ou tout autre système d'évacuation, éventuellement à travers un système de retraitement des gaz pour éviter une pollution. Cette disposition permet notamment de purger et mettre sous vide tout le circuit de prélèvement de gaz avant chaque prise d'échantillon, afin de rendre à la fois plus précise et plus rapide l'opération de prise d'échantillon et d'analyse. Cette disposition peut être prévue de la même manière dans les autres modes de réalisation décrits plus haut.

Une conduite d'évacuation 49 munie d'une vanne 50 peut être également prévue pour relier l'enceinte de mesure 321 au mât de dégazage ou autre système d'évacuation. Cette disposition permet de relâcher l'échantillon de gaz après analyse sans mobiliser la conduite de dérivation 47. Elle permet aussi d'effectuer un balayage de gaz à travers l'enceinte de mesure 321, par exemple avec un gaz inerte afin d'éviter l'accumulation de traces de gaz susceptibles de fausser les analyses successives.

Le dispositif de surveillance 310 peut être utilisé de la manière suivante :

- En supposant que le circuit de prélèvement de gaz a été initialement purgé et que les vannes 48 et 50 ont été fermées, la première étape est d'activer la pompe 320, à moins qu'elle fonctionne de manière continue, et d'ouvrir la vanne 45 et la vanne 323 pour provoquer l'aspiration d'une quantité de la phase gazeuse de l'espace primaire 41 dans l'enceinte de mesure 321.
- Lorsque la pression dans l'enceinte de mesure 321 atteint une valeur compatible avec le fonctionnement de l'analyseur de gaz 325, la vanne 323 est fermée et l'analyse du gaz prélevé est effectuée comme décrit précédemment.
- Après l'analyse, l'enceinte de mesure 321 est purgée en faisant le vide.

L'équipement d'analyse 51 comprenant la pompe à vide 320, l'analyseur de gaz 325, l'enceinte de mesure 321 et ses circuits annexes peut être réalisé sous la forme d'un appareil mobile portatif. Le collecteur de gaz 46 permet de mutualiser l'équipement d'analyse 51 pour plusieurs canalisations de prélèvement débouchant

dans différentes zones de l'espace primaire 41 et éventuellement de l'espace secondaire 42. La figure 5 montre ainsi deux canalisations de prélèvement débouchant dans différentes zones de l'espace primaire 41. Le prélèvement d'échantillon peut ainsi être réalisé successivement dans les différentes zones en ouvrant séquentiellement les différentes vannes 45.

La montée en pression dans l'enceinte de mesure 321 peut être très lente selon la puissance de la pompe à vide 320 et la pression de gaz régnant dans la barrière isolante 3. Pour limiter la durée du processus de prélèvement et d'analyse, il est possible de gérer la pression dans l'espace primaire 41 de manière à augmenter temporairement la pression à chaque fois qu'un échantillon à analyser doit être prélevé.

Pour cela, la figure 5 montre un dispositif d'injection comprenant un réservoir de diazote sous pression 315 une conduite d'injection primaire 55 munie d'une vanne 56 et reliant le réservoir de diazote 315 à l'espace primaire 41 et une conduite d'injection secondaire 57 munie d'une vanne 58 et reliant le réservoir de diazote 315 à l'espace secondaire 42.

La vanne 56 peut être commandée de manière à réguler la pression dans l'espace primaire de la manière illustrée sur la figure 6.

La figure 6 montre la pression de gaz 65 dans l'espace primaire en fonction du temps au cours d'un cycle de prélèvement d'un échantillon à analyser. En dehors de la période de prélèvement, la pression est maintenue à une pression basse P1, par exemple de l'ordre de 0,1 à 1 kPa, afin de maximiser l'isolation thermique.

Les moyens utilisés pour maintenir cette pression basse peuvent être un système non représenté complètement indépendant du dispositif de surveillance décrit ici. Par exemple, il s'agit de pompes à vide régulées par un automate ayant une consigne de pression et capable de démarrer les pompes lorsque cette consigne est franchie par le haut et d'arrêter les pompes lorsque cette consigne est franchie par le bas, de préférence avec une hystérèse pour améliorer la stabilité de l'ensemble.

Dans un mode de réalisation, ce maintien de pression basse peut être au contraire une deuxième fonction de la pompe à vide 320, afin de réaliser une économie de matériel.

Quelques instants avant le prélèvement effectif de l'échantillon, le cycle de prélèvement est débuté à l'instant  $t_0$  en désactivant les moyens utilisés pour maintenir la pression basse, ce qui provoque une première remontée de la pression, relativement lente, du fait des fuites naturelles de l'espace primaire 41, pendant la  
5 durée 60.

A l'instant  $t_1$ , la vanne 56 est ouverte pour provoquer une injection de diazote gazeux dans l'espace primaire 41. Cette injection est réalisée jusqu'à l'obtention d'une pression haute  $P_2$  à l'instant  $t_2$ . La vanne 56 est alors fermée. Puis une durée d'attente 61 est prévue jusqu'à l'instant  $t_3$  pour que la phase gazeuse  
10 s'homogénéise suffisamment par diffusion naturelle.

La pression  $P_2$  est une pression relative négative moins basse que  $P_1$ , par exemple de l'ordre de 0,5 à 10 kPa. Plus la pression  $P_2$  est élevée, plus la dépense énergétique nécessaire pour remettre l'espace primaire 41 à la pression  $P_1$  sera élevée.

15 A l'instant  $t_3$ , la pompe à vide 30 est activée et la vanne 45 et la vanne 323 sont ouvertes pour provoquer l'aspiration d'une quantité de la phase gazeuse de l'espace primaire 41 dans l'enceinte de mesure 321 pendant une phase de prise d'échantillon 62. La pression dans l'espace primaire 41 commence alors à diminuer.

A l'instant  $t_4$ , la vanne 323 est fermée et les moyens de maintien en  
20 pression sont réactivés pour faire baisser la pression dans l'espace primaire 41 jusqu'à la valeur de pression  $P_1$  et l'y maintenir jusqu'au prochain cycle de prélèvement. Ce cycle de prélèvement peut être réduit à une durée totale de quelques minutes.

En mesurant précisément la pression et la température dans l'espace  
25 primaire 41 au moyen du système de capteurs 317, il est possible de mesurer précisément le taux de dilution provoqué par l'ajout d'azote dans l'espace primaire 41, et donc de calculer a posteriori la concentration de gaz avant dilution. Le système de traitement de données 330 est employé pour cela. La mesure de température dans la cuve peut être effectuée par un système à fibres optiques ou  
30 autre.

La surveillance de l'espace secondaire 42 peut être réalisée de la même manière avec des moyens similaires à ceux décrits en référence à l'espace primaire 41. Pour cela un dispositif de surveillance de l'espace secondaire peut être réalisé

de manière indépendante du dispositif de surveillance de l'espace primaire, comme cela est esquissé au chiffre 410. En variante, certains moyens peuvent être mutualisés pour la surveillance des deux espaces 41 et 42. Par exemple, dans un mode de réalisation non représenté, l'équipement d'analyse 51 peut être mutualisé  
5 en reliant la canalisation de prélèvement 69 munie de la vanne 68 au collecteur 46.

Dans un mode de réalisation non représenté, l'enceinte de mesure 321 du dispositif de surveillance 310 peut être réalisée de manière similaire à l'enceinte intermédiaire 112 de la figure 2, de manière à effectuer une montée en pression du gaz dans l'enceinte de mesure 321 avant son analyse. Un ajout supplémentaire de  
10 diazote dans l'enceinte de mesure 321 est possible mais n'est pas obligatoire, de sorte que la canalisation 118 de la figure 2 peut être supprimée dans ce mode de réalisation. Cette enceinte de mesure intégrant le moyen de compression peut être utilisée en combinaison avec la pompe à vide 320 ou préférentiellement sans pompe à vide du tout, ce qui permet de réduire le coût du dispositif de surveillance.

15 Dans un mode de réalisation, tout ou partie du dispositif de surveillance, notamment la pompe à vide 320, est disposé à l'intérieur d'une double cloison transversale appelée cofferdam séparant deux cuves d'un navire méthanier. Cette disposition facilite la mutualisation de la pompe avec plusieurs points de prélèvement situés à différents emplacements de l'une ou des deux cuves. Dans un  
20 mode de réalisation, on prévoit huit points de prélèvement par cuve, de préférence reliés à un même collecteur de prélèvement.

Bien que la description ci-dessus fasse uniquement référence au diazote et au méthane, d'autres couples de gaz combustible et gaz inerte peuvent être employés de manière similaire. Le gaz utilisé pour diluer la phase gazeuse prélevé  
25 doit être choisi de manière à éviter toute réaction chimique dangereuse, notamment explosive et à éviter de perturber la mesure de concentration des espèces chimiques recherchées.

Les techniques décrites ci-dessus pour réaliser un dispositif de surveillance des espaces d'isolation peuvent être utilisées dans différents types de réservoirs,  
30 par exemple pour surveiller l'espace primaire et ou l'espace secondaire d'un réservoir de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

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

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

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

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

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

- 5 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 présence d'une pluralité de tels éléments ou étapes.
- 10 Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.



## REVENDICATIONS

1. Procédé de surveillance d'une cuve étanche et thermiquement isolante (1, 201, 301) destinée à contenir un gaz combustible liquéfié à basse température,
  - 5 dans lequel une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse, la structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité en contact avec le gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve et une barrière thermiquement isolante (3, 203, 41, 42) disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière thermiquement isolante comportant des
  - 10 matières solides isolantes et une phase gazeuse maintenue sous une pression relative négative, le procédé comportant :  
obtenir un échantillon de gaz dilué par prélèvement d'un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans la barrière thermiquement isolante à travers une canalisation de prélèvement (11, 111, 211, 311, 69) débouchant à
  - 15 l'extérieur de la paroi de cuve et par ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée,  
élever la pression de l'échantillon de gaz dilué jusqu'à une pression de fonctionnement d'un analyseur de gaz (25, 125, 225, 325), et  
mesurer une concentration du gaz combustible dans l'échantillon de gaz dilué avec
  - 20 l'analyseur de gaz.
2. Procédé selon la revendication 1, comportant en outre :
  - déterminer un taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse à prélever ou ayant été prélevée en fonction de mesures de la pression et de la température de la phase gazeuse à prélever ou ayant été
  - 25 prélevée avant et après l'ajout de la quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse ; et
  - déterminer une concentration du gaz combustible dans la phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante en fonction de la concentration mesurée et du taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte.
- 30 3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel le gaz combustible est constitué de méthane.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le gaz inerte est choisi dans le groupe constitué du diazote, de l'hélium, de l'argon et de leurs mélanges.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la  
5 pression relative négative correspond à une pression absolue inférieure à 10 kPa, de préférence inférieure à 1 kPa.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la pression de fonctionnement de l'analyseur de gaz (25, 125, 225, 325) est comprise entre 80kPa et 120kPa, de préférence entre 86 kPa et 108 kPa.
- 10 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'analyseur de gaz comporte un détecteur de gaz combustible choisi dans le groupe constitué des détecteurs à infrarouge et des détecteurs à cellule électrochimique.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape d'obtenir l'échantillon de gaz dilué comporte :
- 15 ajouter une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse dans la barrière thermiquement isolante pour augmenter la pression relative (65) de la phase gazeuse dans la barrière thermiquement isolante depuis une première valeur négative (P1) jusqu'à une deuxième valeur négative (P2), et  
prélever un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative égale à la  
20 deuxième valeur négative dans la barrière thermiquement isolante à travers la canalisation de prélèvement (11, 111, 211, 311, 69) débouchant à l'extérieur de la paroi de cuve pour obtenir l'échantillon de gaz dilué, et  
diminuer la pression relative (65) de la phase gazeuse dans la barrière thermiquement isolante depuis la deuxième valeur négative jusqu'à la première  
25 valeur négative après avoir prélevé l'échantillon de la phase gazeuse.
9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel première valeur négative est inférieure à 1 kPa, de préférence inférieure ou égale à 0.1 kPa, et la deuxième valeur négative est supérieure ou égale à 1 kPa.
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel l'étape d'élever  
30 la pression de l'échantillon de gaz dilué comporte :  
stocker l'échantillon de phase gazeuse prélevé dans une enceinte intermédiaire (112, 321) reliée à la canalisation de prélèvement, et  
déplacer une paroi mobile dans l'enceinte intermédiaire pour confiner l'échantillon

de gaz dilué dans une enceinte de mesure (121) de plus petite capacité que l'enceinte intermédiaire.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel l'étape d'obtenir l'échantillon de gaz dilué comporte :

- 5 prélever un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans la barrière thermiquement isolante à travers la canalisation de prélèvement débouchant à l'extérieur de la paroi de cuve, et  
ajouter une quantité contrôlée de gaz inerte à l'échantillon de phase gazeuse prélevé.

- 10 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel les étapes de prélever, diluer et comprimer l'échantillon sont effectuées au moyen d'un dispositif d'aspiration par effet Venturi (220), le dispositif d'aspiration par effet Venturi comportant :

- une conduite principale (35) présentant une entrée reliée à une source du gaz inerte  
15 sous pression et une sortie reliée à une enceinte de mesure ou à une enceinte intermédiaire, et  
une conduite d'aspiration (36) présentant un côté amont relié à la canalisation de prélèvement et un côté aval débouchant latéralement dans un convergent-divergent de la conduite principale de manière qu'un flux de gaz inerte dans la conduite  
20 principale produise une dépression dans la conduite d'aspiration.

13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel l'étape de prélever l'échantillon comporte :

- pomper l'échantillon de phase gazeuse à travers la canalisation de prélèvement (11, 111, 211, 311) vers une enceinte intermédiaire (12, 112, 221, 321), et  
25 isoler l'enceinte intermédiaire de la barrière thermiquement isolante.

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel la quantité contrôlée de gaz inerte est ajoutée dans l'enceinte intermédiaire (12, 112), l'étape de comprimer l'échantillon de gaz dilué comportant :

- pomper l'échantillon de gaz dilué depuis l'enceinte intermédiaire vers une enceinte  
30 de mesure (21, 121) couplée à l'analyseur de gaz.

15. Procédé selon la revendication 13, dans lequel les étapes de diluer et comprimer l'échantillon sont effectuées au moyen d'un dispositif d'aspiration par effet Venturi (220), le dispositif d'aspiration par effet Venturi

comportant :

une conduite principale (35) présentant une entrée reliée à une source du gaz inerte sous pression et une sortie reliée à une enceinte de mesure, et

- une conduite d'aspiration (36) présentant un côté amont relié à l'enceinte  
5 intermédiaire et un côté aval débouchant latéralement dans un convergent-divergent de la conduite principale de manière qu'un flux de gaz inerte dans la conduite principale produise une dépression dans la conduite d'aspiration.

16. Dispositif de surveillance (10, 210) convenant pour une cuve étanche et thermiquement isolante (1, 201) destinée à contenir un gaz combustible  
10 liquéfié à basse température, dans laquelle une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse, la structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité en contact avec le gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve et une barrière thermiquement isolante (3, 203) disposée entre la membrane d'étanchéité et la paroi porteuse, la barrière thermiquement  
15 isolante comportant des matières solides isolantes et une phase gazeuse maintenue sous une pression relative négative,

le dispositif de surveillance comportant :

- une canalisation de prélèvement (11, 111, 211) reliant la barrière thermiquement isolante à l'extérieur de la paroi de cuve, ladite canalisation de prélèvement (11,  
20 111, 211) étant équipée d'une vanne d'isolement (14);  
une enceinte intermédiaire (12, 112) reliée à la barrière thermiquement isolante par la canalisation de prélèvement ;

une enceinte de mesure (21, 121, 221) reliée à l'enceinte intermédiaire ,

- un analyseur de gaz (25, 125, 225) couplé à l'enceinte de mesure pour mesurer une  
25 concentration du gaz combustible dans l'enceinte de mesure,

un dispositif de pompage (20, 112, 220, 320) connecté à la canalisation de prélèvement et apte à prélever un échantillon de la phase gazeuse sous la pression relative négative dans la barrière thermiquement isolante et à transférer l'échantillon de la phase gazeuse vers l'enceinte de mesure (21, 121, 221),

- 30 un réservoir de gaz inerte (15, 215) relié à l'enceinte intermédiaire (12, 112) et agencé pour ajouter dans l'enceinte intermédiaire (12, 112) une quantité de gaz inerte à la phase gazeuse ayant été prélevée, et

un dispositif de mesure (17, 217, 317) pour mesurer la quantité de gaz inerte ajoutée à la phase gazeuse.

17. Dispositif selon la revendication 16, comportant en outre un système de traitement de données (30, 330) apte à déterminer un taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse ayant été prélevé en fonction de mesures de la pression et de la température de la phase gazeuse ayant été prélevée avant et après l'ajout de la quantité contrôlée de gaz inerte à la phase gazeuse et à déterminer une concentration du gaz combustible dans la phase gazeuse de la barrière thermiquement isolante en fonction de la concentration mesurée par l'analyseur de gaz et du taux de dilution provoqué par l'ajout d'une quantité contrôlée de gaz inerte.
18. Dispositif selon l'une des revendications 16 à 17, dans lequel le dispositif de pompage comporte une pompe à vide (20).
19. Dispositif selon l'une des revendications 16 à 18, dans lequel le dispositif de pompage comporte un dispositif d'aspiration par effet Venturi (220), le dispositif d'aspiration par effet Venturi comportant :
- une conduite principale (35) présentant une entrée reliée au réservoir de gaz inerte et une sortie reliée à l'enceinte de mesure, et
- une conduite d'aspiration (36) présentant un côté amont relié à la canalisation de prélèvement par l'intermédiaire de l'enceinte intermédiaire et un côté aval débouchant latéralement dans un convergent-divergent de la conduite principale de manière qu'un flux de gaz inerte dans la conduite principale produise une dépression dans la conduite d'aspiration.
20. Cuve étanche et thermiquement isolante (71) destinée à contenir un gaz combustible liquéfié à basse température et équipée d'un dispositif de surveillance (10, 210, 310, 410) selon l'une des revendications 16 à 19,
- dans laquelle une paroi de la cuve comporte une structure multicouche montée sur une paroi porteuse (302), la structure multicouche comprenant une membrane d'étanchéité primaire (304) en contact avec le gaz combustible liquéfié contenu dans la cuve, une membrane d'étanchéité secondaire (40) disposée entre la membrane d'étanchéité primaire et la paroi porteuse, une barrière thermiquement isolante primaire (41) disposée entre la membrane d'étanchéité primaire et la membrane d'étanchéité secondaire, et une barrière thermiquement isolante secondaire (42) disposée entre la membrane d'étanchéité secondaire et la paroi porteuse, et dans laquelle une ou chaque barrière thermiquement isolante comporte des matières solides isolantes et une phase gazeuse maintenue sous une pression

relative négative, le dispositif de surveillance comportant une première conduite de prélèvement (311) débouchant dans la barrière thermiquement isolante primaire et une deuxième conduite de prélèvement (69) débouchant dans la barrière thermiquement isolante secondaire.

5           21.       Navire (70) pour le transport d'un produit liquide froid, le navire comportant une double coque (72) et une cuve (71) selon la revendication 20 disposée dans la double coque.

          22.       Procédé de chargement ou déchargement d'un navire (70) selon la revendication 21, dans lequel on achemine un produit liquide froid à travers des  
10   canalisations isolées (73, 79, 76, 81) depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre (77) vers ou depuis la cuve du navire (71).

          23.       Système de transfert pour un produit liquide froid, le système comportant un navire (70) selon la revendication 21, des canalisations isolées (73, 79, 76, 81) agencées de manière à relier la cuve (71) installée dans la coque du  
15   navire à une installation de stockage flottante ou terrestre (77) et une pompe pour entraîner un flux de produit liquide froid à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

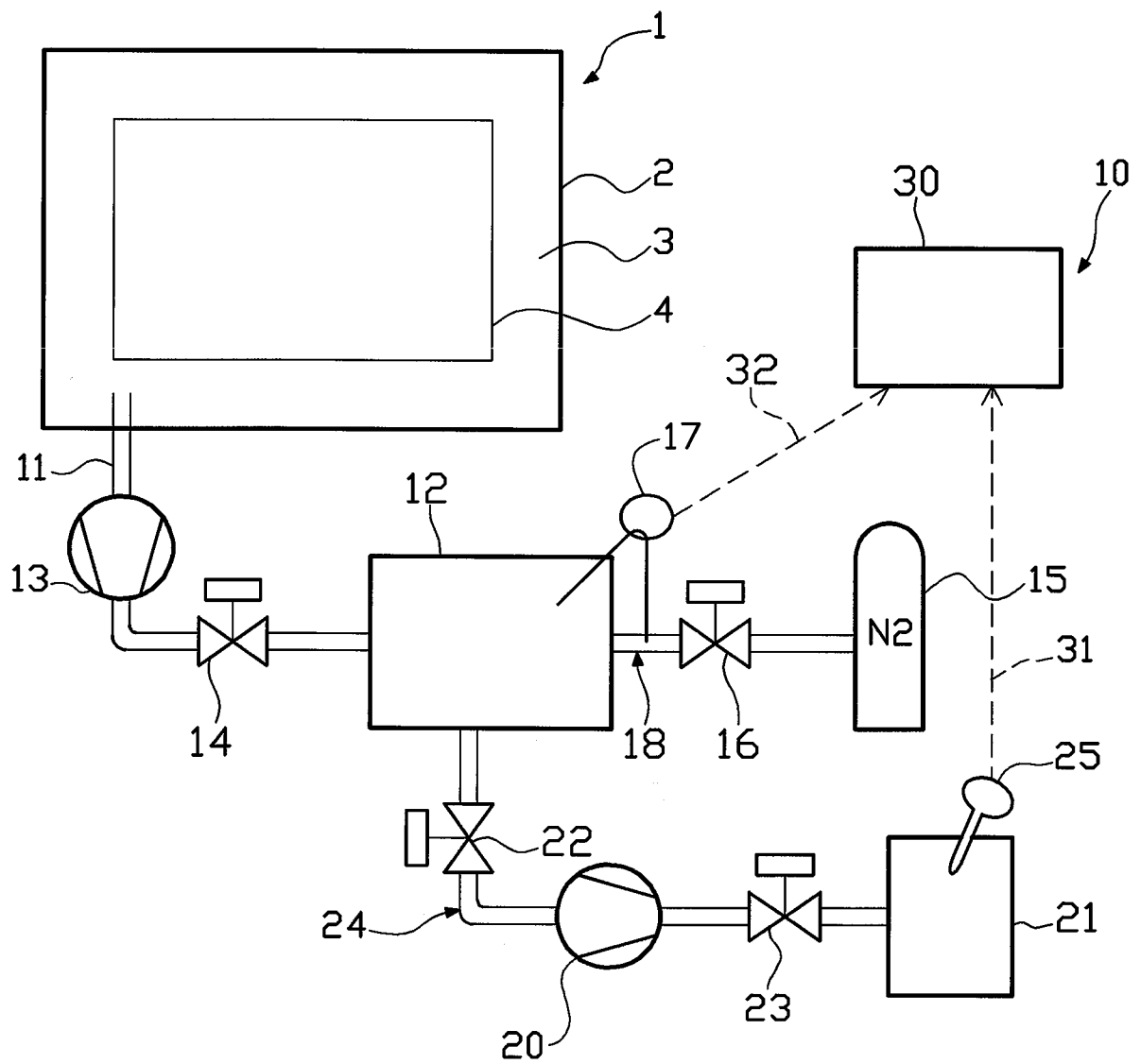
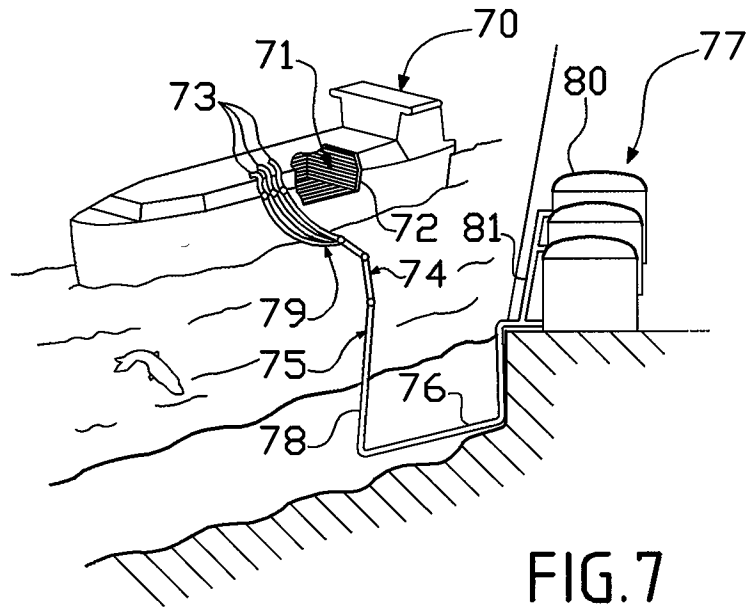
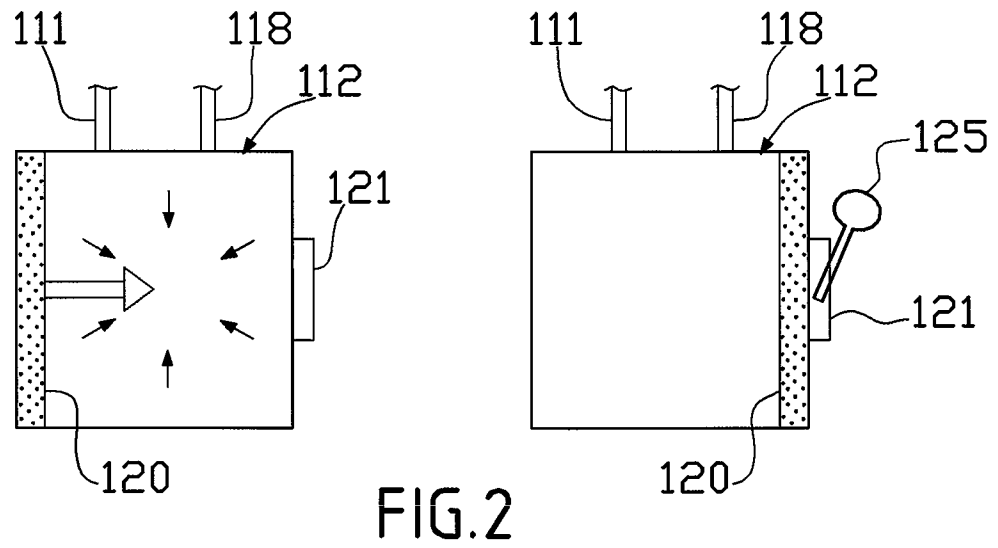


FIG.1





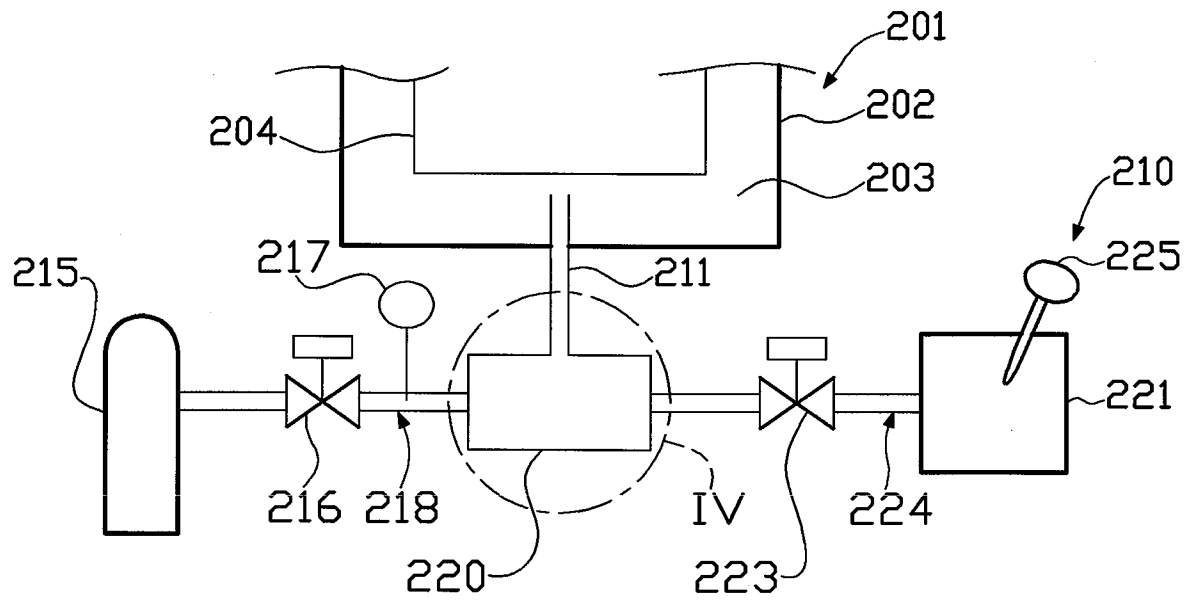


FIG.3

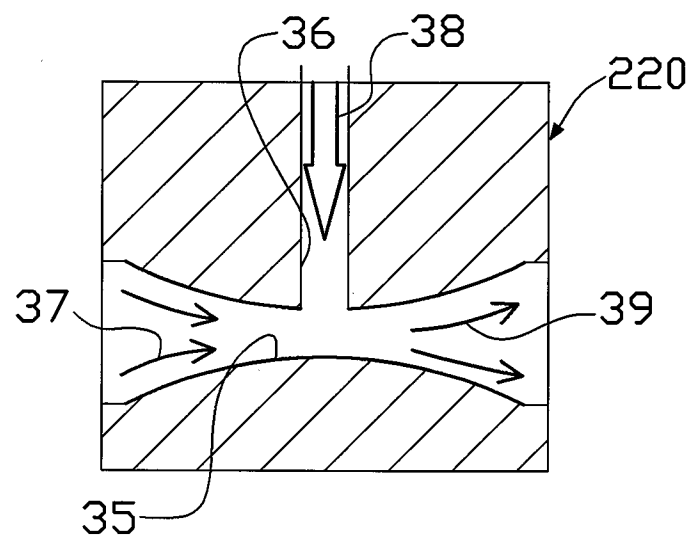


FIG.4

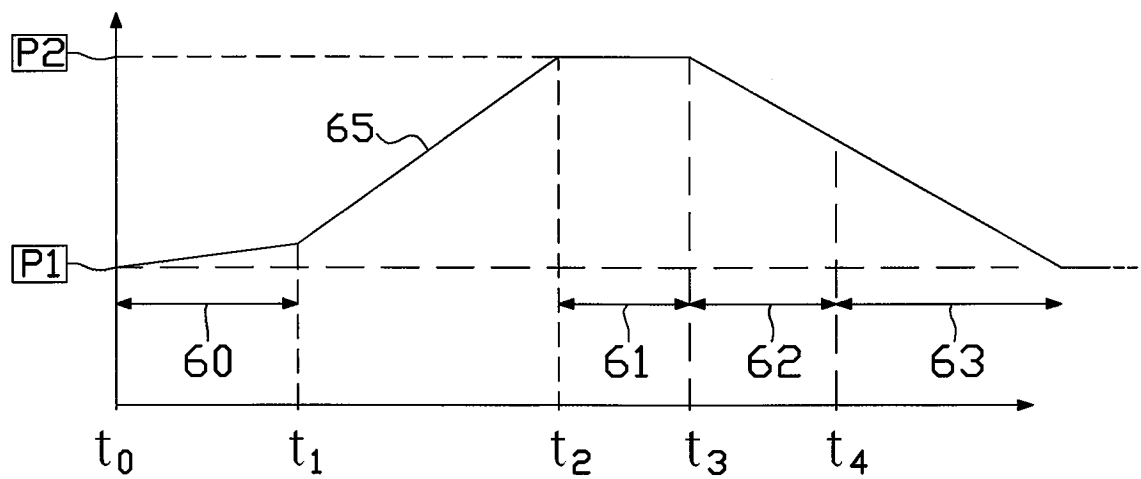


FIG. 6

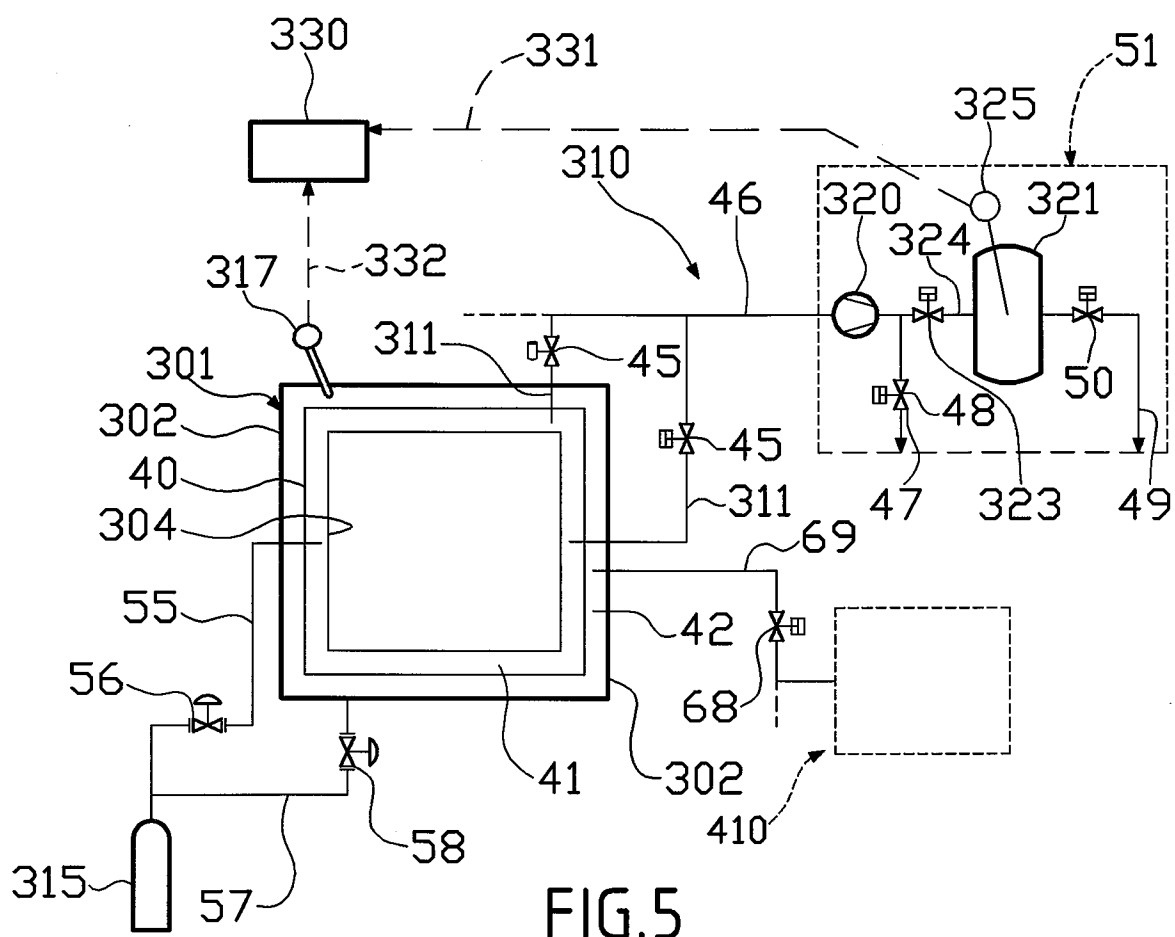


FIG. 5

**ANY REFERENCE TO FIGURE 10 SHALL BE CONSIDERED AS NON-EXISTENT**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/075822

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01M3/22 F17C13/12 G01N1/22  
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)

G01M F17C G01N

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.
Y	<p>FR 2 317 649 A1 (TECHNIGAZ [FR]) 4 February 1977 (1977-02-04) figure 1 page 1, line 1 - line 9 page 1, line 14 - line 17 page 2, line 27 - line 29 page 3, line 19 - line 28 page 3, line 31 - line 37 page 4, line 14 - line 19 page 4, line 35 - line 37 page 5, line 6 - line 21 page 6, line 5 - line 6 page 6, line 16 - line 25 page 6, line 31 - line 35 page 7, line 1 - line 8 ----- -/-</p>	1-23



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

2 February 2015

Date of mailing of the international search report

27/02/2015

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

Kaiser, Jean-Luc

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/075822

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009/193884 A1 (MOORE TROY [US] ET AL) 6 August 2009 (2009-08-06) figure 2 paragraph [0010] paragraph [0053] - paragraph [0054] paragraph [0065] -----	1-15
Y	US 6 427 543 B1 (TORRISON ERIC [US]) 6 August 2002 (2002-08-06) figures 1,2 column 1, line 5 - line 6 column 1, line 15 - line 17 column 3, line 16 - line 21 column 5, line 33 - line 42 column 5, line 50 - line 53 column 6, line 29 - line 33 column 7, line 35 - line 38 claim 9 -----	11-23
A	FR 2 535 831 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 11 May 1984 (1984-05-11) page 3, line 16 - line 30 page 8, line 6 - line 26 -----	1-23
A	FR 2 517 802 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 10 June 1983 (1983-06-10) page 3, line 15 - line 27 page 4, line 11 - line 15 page 4, line 25 - line 30 -----	1-23

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2014/075822

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:**

**1. Claims 1-23**

**Inventions in respect of which a search was carried out**

**1.1 Claims 1-15**

**Increasing the pressure of the gas sample.**

**1.2 Claims 16-23**

**Intermediate chamber and addition of an inert gas into said chamber.**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/075822

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2317649	A1	04-02-1977	NONE
US 2009193884	A1	06-08-2009	NONE
US 6427543	B1	06-08-2002	NONE
FR 2535831	A1	11-05-1984	NONE
FR 2517802	A1	10-06-1983	NONE



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/075822

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. G01M3/22 F17C13/12 G01N1/22 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01M F17C G01N		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 317 649 A1 (TECHNIGAZ [FR]) 4 février 1977 (1977-02-04) figure 1 page 1, ligne 1 - ligne 9 page 1, ligne 14 - ligne 17 page 2, ligne 27 - ligne 29 page 3, ligne 19 - ligne 28 page 3, ligne 31 - ligne 37 page 4, ligne 14 - ligne 19 page 4, ligne 35 - ligne 37 page 5, ligne 6 - ligne 21 page 6, ligne 5 - ligne 6 page 6, ligne 16 - ligne 25 page 6, ligne 31 - ligne 35 page 7, ligne 1 - ligne 8 ----- <div style="text-align: center;">-/-</div>	1-23
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents         </div> <div style="width: 45%;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe         </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="width: 50%;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
2 février 2015		27/02/2015
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Kaiser, Jean-Luc

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2009/193884 A1 (MOORE TROY [US] ET AL) 6 août 2009 (2009-08-06) figure 2 alinéa [0010] alinéa [0053] - alinéa [0054] alinéa [0065] -----	1-15
Y	US 6 427 543 B1 (TORRISON ERIC [US]) 6 août 2002 (2002-08-06) figures 1,2 colonne 1, ligne 5 - ligne 6 colonne 1, ligne 15 - ligne 17 colonne 3, ligne 16 - ligne 21 colonne 5, ligne 33 - ligne 42 colonne 5, ligne 50 - ligne 53 colonne 6, ligne 29 - ligne 33 colonne 7, ligne 35 - ligne 38 revendication 9 -----	11-23
A	FR 2 535 831 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 11 mai 1984 (1984-05-11) page 3, ligne 16 - ligne 30 page 8, ligne 6 - ligne 26 -----	1-23
A	FR 2 517 802 A1 (GAZ TRANSPORT [FR]) 10 juin 1983 (1983-06-10) page 3, ligne 15 - ligne 27 page 4, ligne 11 - ligne 15 page 4, ligne 25 - ligne 30 -----	1-23

**Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
  
2. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
  
3. ☐ Les revendications n<sup>os</sup> parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

**Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)**

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☒ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n<sup>os</sup> :
  
4. ☐ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n<sup>os</sup> :

- Remarque quant à la réserve**
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

**SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210**

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-23

Inventions recherchées

1.1. revendications: 1-15

Elever pression de l'échantillon de gaz

1.2. revendications: 16-23

Enceinte intermédiaire et ajout de gaz inerte dans cette enceinte.

---

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/075822

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2317649	A1	04-02-1977	AUCUN	
US 2009193884	A1	06-08-2009	AUCUN	
US 6427543	B1	06-08-2002	AUCUN	
FR 2535831	A1	11-05-1984	AUCUN	
FR 2517802	A1	10-06-1983	AUCUN	