



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
22.09.2021 Bulletin 2021/38

(51) Int Cl.:
F17C 7/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21163077.7**

(22) Date de dépôt: **17.03.2021**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **19.03.2020 FR 2002682**

(71) Demandeurs:
• **L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**
75007 Paris (FR)
Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
• **Air Liquide France Industrie**
75007 Paris (FR)
Etats contractants désignés:
FR

(72) Inventeurs:
• **TAMMAR, Moez**
92227 Bagneux (FR)
• **REYMOND, Christian**
78350 Les Loges-En-Josas (FR)

(74) Mandataire: **Air Liquide**
L'Air Liquide S.A.
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **SYSTÈME DE CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE DU CO₂ EN SORTIE DE VAPORISATION**

(57) L'invention propose un équipement de vaporisation de fluides cryogéniques liquides, comprenant un échangeur thermique (4), apte à permettre un échange thermique entre le fluide cryogénique liquide (1, 2) et de l'eau (ou tout autre fluide d'échange tel huile, eau glycolée ...etc.), afin de réaliser ladite vaporisation, se caractérisant en ce qu'il comprend un moyen d'injection (5) d'un gaz liquide dans le gaz produit en sortie de l'échangeur de vaporisation, pour abaisser la température de ce gaz produit dans une gamme donnée.

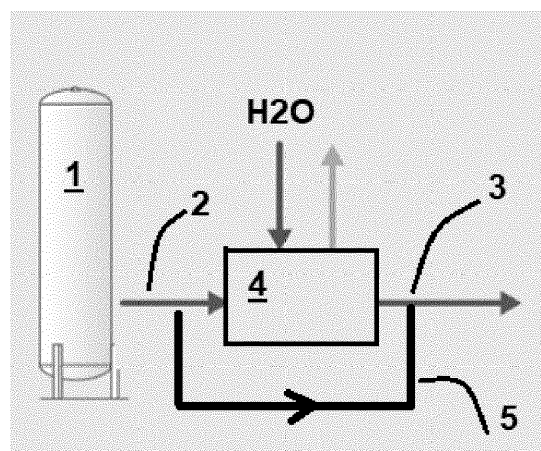


Figure 2

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des équipements de vaporisation du CO₂ liquide, et s'intéresse plus particulièrement aux possibilités de contrôler sa température après sa vaporisation et sa transformation à l'état gazeux.

[0002] On sait que le CO₂ gazeux est utilisé pour un grand nombre d'applications industrielles parmi lesquelles on trouve des applications en alimentaire et notamment l'enrichissement des serres au CO₂, l'anesthésie de volailles et des porcs au CO₂, la carbonatation des boissons, le traitement des eaux etc... etc....

[0003] Typiquement, on sait que les fabricants de boissons ne peuvent pas utiliser du CO₂ trop « chaud », le CO₂ est généralement injecté dans l'eau à une température voisine de 2°C. Et l'on sait qu'en cas de CO₂ trop « chaud » la qualité de carbonatation ne sera pas optimale voir même non acceptable.

[0004] On sait alors que différentes solutions techniques sont utilisées pour réaliser une telle vaporisation du CO₂ liquide, et l'on connaît notamment des équipements mettant en œuvre un échange thermique entre le CO₂ liquide et de l'eau chaude (ou tout autre fluide chaud tel huile, vapeur ...etc.). On considérera dans ce qui suit pour des raisons de simplicité les échangeurs CO₂/eau. Un tel équipement nécessite un apport d'énergie en continue pendant la vaporisation du gaz.

[0005] Reste que de tels équipements font apparaître les problématiques suivantes, quand on réalise un échange entre du CO₂ liquide avec un fluide chaud, à une température généralement supérieure à 30°C :

- l'échangeur utilisé est dimensionné pour éviter que l'eau ne puisse congeler à l'intérieur de l'échangeur, donnant lieu ainsi à une limite basse de dimensionnement. En effet, dans un tel équipement les échangeurs de chaleurs permettent l'échange entre le CO₂ liquide à -20°C et l'eau à une température supérieure à 10°C. On va donc dimensionner l'échangeur pour le maximum de débit de CO₂ et une température minimale d'eau à 10-15°C (ou moins). Par la suite, pour le même débit maximum de CO₂ est si la température de l'eau est supérieure à 15°C, il n'y aura pas de risque de voir l'échangeur bouché par la congélation de l'eau pendant l'échange. En revanche, le CO₂ en sortie devient plus chaud, dès que la température de l'eau augmente.
- selon le débit de gaz (CO₂) à produire, et la consommation du site utilisateur en aval, pour des températures d'eau dépassant certaines limites (30°C dans certains cas), la température du CO₂ peut suivre la température d'entrée d'eau, qui peut atteindre jusqu'à 90°C (voire plus si c'est de la vapeur). En effet, l'eau est traditionnellement fournie par le site utilisateur lui-même, c'est l'eau que l'on qualifie la plupart du temps « d'eau de process », c'est l'eau que le site utilise dans son procédé de production

avec une température spécifique. Le site dépense de l'énergie pour refroidir l'eau, afin de pouvoir l'utiliser dans son procédé (refroidissement des machines, compresseurs, ...etc.). L'équipement de vaporisation va refroidir cette eau, en vaporisant le CO₂, qui va être consommé par le site pour une application donnée, une carbonatation par exemple (double gain d'énergie).

- on peut alors observer une surchauffe du CO₂ produit, dont la température peut alors poser des problèmes d'application chez les sites utilisateurs, dès qu'elle dépasse 15°C dans certains cas.
- tous les systèmes actuels de vaporisation du CO₂ (notamment celui évoqué plus haut, d'échange thermique avec de l'eau), ne permettent pas d'ajuster, et notamment de réguler la température du gaz, par exemple du CO₂, obtenu en sortie d'équipement.

[0006] Un des objectifs de la présente invention est alors de proposer une solution aux problématiques évoquées ci-dessus.

[0007] Comme on le verra plus en détails dans ce qui suit, la présente invention propose d'injecter un gaz liquide dans le gaz obtenu en sortie de l'équipement de vaporisation, équipement de type mettant en œuvre un échangeur thermique cryogène liquide/eau. On ajoutera préférentiellement dans le gaz obtenu en sortie de vaporiseur le même gaz liquide que celui qui doit être vaporisé (donc ici du CO₂ liquide dans le CO₂ gazeux de sortie pour un vaporiseur de CO₂ liquide°).

Cette injection peut être faite par une régulation automatique pour ajuster finement la température de sortie du gaz, elle peut également être effectuée par l'adoption d'un réglage fixe.

Il s'agit du dosage entre CO₂ gazeux, après vaporisation, et CO₂ liquide. On pourrait le faire, automatiquement, à titre d'exemple, par une vanne progressive sur l'alimentation de CO₂ liquide, pour assurer un bon dosage et contrôler la température définitive de CO₂.

On peut également le faire manuellement, par exemple par un orifice calibré sur l'arrivée de CO₂ liquide, si on veut limiter uniquement la température du CO₂ gazeux.

[0008] La régulation est d'autant plus fine, car il y a une auto adaptation naturelle : plus on a de débit dans l'échangeur plus la quantité de liquide pouvant être injectée en sortie est importante.

[0009] Il est possible de réguler la température du CO₂, y compris au point d'utilisation, pour tenir compte des effets de la détente, de la température ambiante, avec une mesure de la température au point d'utilisation.

[0010] Et comme il apparaîtra clairement à l'homme du métier, le CO₂ du fait de ses propriétés toutes particulières (du fait de ses phases liquide - gaz - solide), pose des problèmes techniques très spécifiques, et on s'attache selon la présente invention à une mise en œuvre permettant de garantir une meilleure homogénéisation entre le CO₂ liquide et le CO₂ gazeux après l'injection du CO₂ liquide dans le CO₂ gazeux.

[0011] Et pour cela, on propose de mettre en place ce que l'on peut appeler une « épingle » à la sortie de l'échangeur. L'injection de CO₂ Liquide est faite au début de l'épingle. La première portion de cette épingle est montée avec une légère pente ascendante, quelques degrés suffisent (typiquement inférieure ou égale à 10 degrés), qui oblige les quelques gouttes de CO₂ liquide qui seraient non vaporisées en sortie d'échangeur à revenir vers l'échangeur. Ceci permet de s'assurer que le CO₂ liquide est totalement vaporisé, en offrant une meilleure régulation de la température du CO₂ gazeux.

[0012] Comme on le verra plus en détails dans ce qui suit, la présente invention offre par ailleurs la possibilité de détecter la présence de liquide en sortie, avec ainsi une garantie d'absence de gouttelettes de CO₂ liquide non vaporisées.

[0013] La Figure 1 annexée fournit une vue schématique partielle d'un équipement de vaporisation traditionnel mettant en œuvre un échangeur CO₂ liquide/eau.

[0014] On reconnaît sur la figure 1 les éléments d'installation suivants :

1. Stockage de CO₂ liquide
2. CO₂ liquide
3. CO₂ gaz
4. Echangeur CO₂/eau

[0015] La Figure 2 annexée fournit une vue schématique partielle d'un mode de mise en œuvre de l'invention, dans un équipement de vaporisation mettant en œuvre un échangeur CO₂ liquide/eau, avec une injection dans le CO₂ gazeux produit par l'équipement, d'un cryogène liquide (ici du CO₂ liquide), où la référence 5 représente l'injection dosée de CO₂ liquide dans le gaz de sortie.

[0016] Selon un des modes de mise en œuvre de l'invention, le site utilisateur possède une source de vapeur d'eau qu'il souhaite valoriser et l'on utilise alors cette source de vapeur pour vaporiser le CO₂, cela selon l'une des mises en œuvre suivante :

- en injection directe dans l'échangeur 4 de la figure 1 annexée ;
- ou bien à l'aide d'un échangeur additionnel, en ajoutant une boucle d'échange eau/vapeur comme illustré dans la figure 3 annexée. L'eau circule en boucle fermée, elle est chauffée par de la vapeur, puis refroidie par le CO₂. On dispose pour cela d'une réserve d'eau adjacente, typiquement de quelques dizaines de litres, voire une centaine de litres (en quelque sorte s'apparentant à la réserve d'eau de refroidissement d'une voiture)

[0017] On reconnaît sur la figure 3 les éléments d'installation suivants :

1. Stockage de CO₂ liquide
2. CO₂ liquide
3. CO₂ gaz

4. Echangeur CO₂/eau
5. Boucle d'eau en circuit fermé
6. Arrivée vapeur
7. Echangeur eau/vapeur

[0018] Les avantages de la présente proposition technique peuvent être résumés ainsi :

- le refroidissement du gaz et l'ajustement de sa température en sortie de l'équipement de vaporisation.
- une meilleure utilisation du gaz par le site utilisateur (puisque typiquement certains sites utilisateurs, certains procédés, seraient fortement perturbés par l'arrivée d'un d'un CO₂ trop chaud, et donc dans l'impossibilité de produire).
- une meilleure stabilisation du procédé du site utilisateur, notamment pour les applications de carbonatation des boissons.

[0019] L'invention concerne alors une solution de contrôle de la température du CO₂ gazeux produit en sortie d'un équipement de vaporisation du CO₂ liquide, équipement comprenant un échangeur thermique, apte à permettre un échange thermique entre le fluide cryogénique liquide et de l'eau chaude (ou tout autre fluide d'échange tel huile, la vapeur ...etc....), afin de contrôler la température du gaz, se caractérisant en ce qu'elle comprend un moyen d'injection d'un gaz liquide dans le gaz produit en sortie de l'échangeur de vaporisation, pour abaisser la température de ce gaz produit dans une gamme donnée.

[0020] L'invention pourra par ailleurs mettre en œuvre l'un ou plusieurs des modes de réalisation suivants :

- le fluide d'échange est une source de vapeur d'eau, vapeur d'eau injectée directement dans le dit échangeur thermique principal pour réaliser ladite vaporisation.
- le fluide d'échange est une source de vapeur d'eau, et l'on procède à la mise en œuvre des mesures suivantes :
 - on dispose d'un échangeur additionnel;
 - on dispose d'une réserve d'eau ;
 - on dispose d'une boucle comportant ledit échangeur additionnel et ledit échangeur thermique principal, boucle où l'eau peut circuler en circuit fermé et se réchauffer en échangeant thermiquement avec la vapeur, avant d'être injectée dans l'échangeur principal pour réaliser ladite vaporisation.
- le gaz liquide injecté dans le gaz produit en sortie de l'échangeur de vaporisation est le même gaz liquide que celui qui doit être vaporisé.

- la canalisation de sortie de l'échangeur, dans laquelle est réalisée l'injection de liquide cryogénique, a la forme d'un épingle, l'injection de liquide cryogénique étant effectuée au début de l'épingle, épingle qui est montée avec une pente, obligeant les quelques gouttes de CO₂ liquide qui seraient non vaporisées en sortie d'échangeur à revenir vers l'échangeur, permettant ainsi de s'assurer que le CO₂ liquide est totalement vaporisé, en offrant ainsi une meilleure régulation de la température du CO₂ gazeux.

[0021] La Figure 4 annexée illustre un exemple de mise en œuvre d'une telle structure d'épingle. On reconnaît sur la figure 4 les éléments et fonctionnalités suivants :

- en sortie d'échangeur 10 le gaz aborde l'épingle présentant une première portion légèrement pentue, de quelques degrés ascendants, l'injection de CO₂ liquide 12 est réalisée en début d'épingle.
- après un coude, et une portion de canalisation verticale ou sensiblement verticale, le gaz aborde une seconde portion de canalisation de l'épingle, également pentue, pour se diriger ensuite (11) vers le poste utilisateur de ce gaz ainsi refroidi.
- on note la présence en fin de première portion pentue d'un point d'accumulation 13 muni d'une sonde de température.
En effet un tel système permet le comportement suivant : s'il reste peu ou prou de gouttelettes dans le gaz abordant la pente, du fait du changement de direction, du fait de leur inertie, ces gouttelettes vont percuter la paroi, et s'il y en a peu, elles se vaporiseront, tandis s'il y en avait beaucoup, elles ruisselleront le long de la paroi, s'accumuleront en point bas (13) et la sonde de température judicieusement positionnée permettra de détecter la présence de liquide.
- comme illustré dans le mode de réalisation de la figure 2, on met en place un circuit de bypass du CO₂ liquide, disposé en parallèle sur l'échangeur, et dans lequel le CO₂ liquide est transporté de l'entrée vers la sortie (pour être injecté dans le gaz issu de l'échangeur), uniquement par la différence de pression créée par le passage du fluide (LCO₂ puis GCO₂). De ce fait il n'y a pas besoin de pompe ou de dispositifs supplémentaires. Cette différence de pression est proportionnelle au fluide traversant l'échangeur, cette caractéristique est exploitée pour garantir la sécurité du système : en l'absence de gaz chaud, inutile de le refroidir, éventuellement de trop le refroidir et de créer une présence de liquide après l'échangeur, cette situation ne peut se produire car en l'absence de gaz chaud, la différence de pression sur l'échangeur est nulle et il n'y a donc pas de CO₂ liquide injecté.

[0022] On obtient ainsi un système de sécurité « intrinsèque ».

[0023] Expliquons mieux ce phénomène : dans l'échangeur, le CO₂ liquide traverse des plaques, ce qui est une forme particulière de circulation mais le phénomène physique est le même, faire circuler du fluide dans une conduite génère des pertes de charge (dus essentiellement au frottement du liquide sur les parois).

[0024] Côté liquide il y en a peu, mais dès que le liquide se vaporise, on a l'expansion du CO₂ donc des vitesses de fluide plus importantes et donc de la perte de charge.

[0025] Cette perte de charge sur le flux principal est une différence de pression: dans la mesure où dans le bypass on ne détourne que du liquide, les pertes de charge restent faibles ce qui permet avec une faible différence de pression amont/aval de générer un débit de liquide suffisant dans le bypass.

20 Revendications

1. Equipement de vaporisation de fluides cryogéniques liquides, comprenant un échangeur thermique principal (4), apte à permettre un échange thermique entre le fluide cryogénique liquide (1, 2) et de l'eau ou tout autre fluide d'échange tel huile ou encore eau glycolée, afin de réaliser ladite vaporisation, **se caractérisant en ce qu'il** comprend un moyen (5) d'injection d'un gaz liquide dans le gaz produit en sortie de l'échangeur de vaporisation, pour abaisser la température de ce gaz produit dans une gamme donnée.
2. Equipement selon la revendication 1, **se caractérisant en ce que** le fluide d'échange est une source de vapeur d'eau, vapeur d'eau injectée directement dans le dit échangeur thermique principal (4) pour réaliser ladite vaporisation.
3. Equipement selon la revendication 1, **se caractérisant en ce que** le fluide d'échange est une source de vapeur d'eau (6), et **en ce que** l'on procède à la mise en œuvre des mesures suivantes :
 - on dispose d'un échangeur additionnel (7) ;
 - on dispose d'une réserve d'eau ;
 - on dispose d'une boucle (5) comportant ledit échangeur additionnel et ledit échangeur thermique principal, boucle où l'eau peut circuler en circuit fermé et se réchauffer en échangeant thermiquement avec la vapeur, avant d'être injectée dans l'échangeur principal pour réaliser ladite vaporisation.
4. Equipement selon l'une des revendication 1 à 3, **se caractérisant en ce que** le gaz liquide injecté dans le gaz produit en sortie de l'échangeur de vaporisation est le même gaz liquide que celui qui doit être

vaporisé.

valeur de température fournie par la sonde.

5. Equipement selon l'une des revendications précédentes, **se caractérisant par** la mise en œuvre des mesures suivantes : 5
 - l'équipement est muni d'une canalisation de sortie de l'échangeur, dans laquelle est réalisée l'injection de gaz liquide ;
 - cette canalisation de sortie a la forme d'une épingle, l'injection de gaz liquide étant effectuée au début de l'épingle, épingle qui est montée avec une première portion pentue, afin d'obliger les éventuelles gouttes de fluide liquide qui seraient non vaporisées en sortie d'échangeur à revenir vers l'échangeur, et ainsi permettre de s'assurer que le liquide est totalement vaporisé. 10 15
6. Equipement selon l'une des revendications précédentes, **se caractérisant en ce que** l'équipement est muni d'une canalisation de sortie de l'échangeur, dans laquelle est réalisée l'injection de gaz liquide, et **en ce que** la canalisation comporte une première portion pentue munie en son extrémité d'un point d'accumulation, point d'accumulation qui est lui-même muni d'une sonde de température. 20 25
7. Procédé de vaporisation de fluides cryogéniques liquides, mettant en œuvre pour réaliser la vaporisation un échange thermique entre le fluide cryogénique liquide et de l'eau ou tout autre fluide d'échange tel huile ou encore eau glycolée, afin de réaliser ladite vaporisation, **se caractérisant en ce que** l'on injecte un gaz liquide dans le gaz produit en sortie de l'échangeur de vaporisation, afin d'abaisser la température de ce gaz produit dans une gamme donnée, avant de diriger ce gaz ainsi refroidi vers un poste utilisateur de ce gaz, et **se caractérisant en ce que** l'on détecte la présence éventuelle de liquide dans le gaz ainsi refroidi, avant son arrivée dans le poste utilisateur, de la manière suivante : 30 35 40
 - on dispose d'une canalisation de sortie de l'échangeur thermique, dans laquelle on réalise l'injection de gaz liquide ; 45
 - cette canalisation de sortie a la forme d'une épingle, l'injection de gaz liquide étant effectuée au début de l'épingle, épingle qui est montée avec une première portion pentue, afin d'obliger les éventuelles gouttes de fluide liquide qui seraient non vaporisées en sortie d'échangeur à revenir vers l'échangeur, et ainsi permettre de s'assurer que le liquide est totalement vaporisé ;
 - ladite première portion pentue est munie en son extrémité d'un point d'accumulation, point d'accumulation qui est lui-même muni d'une sonde de température, et l'on détecte la présence éventuelle de liquide dans le gaz selon la 50 55

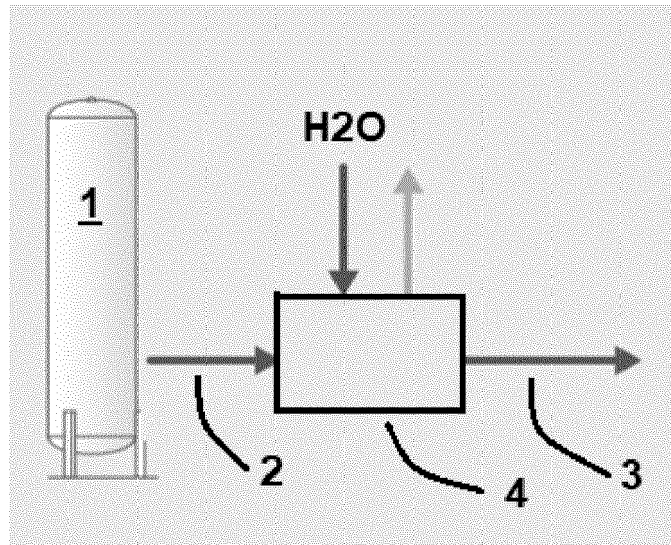


Figure 1

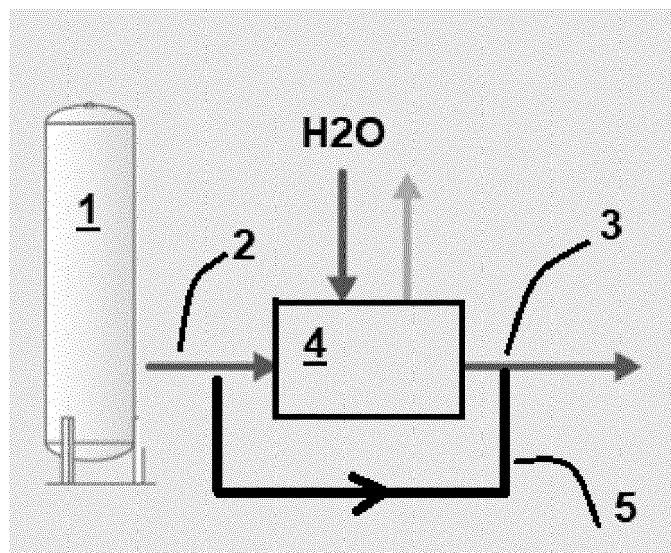


Figure 2

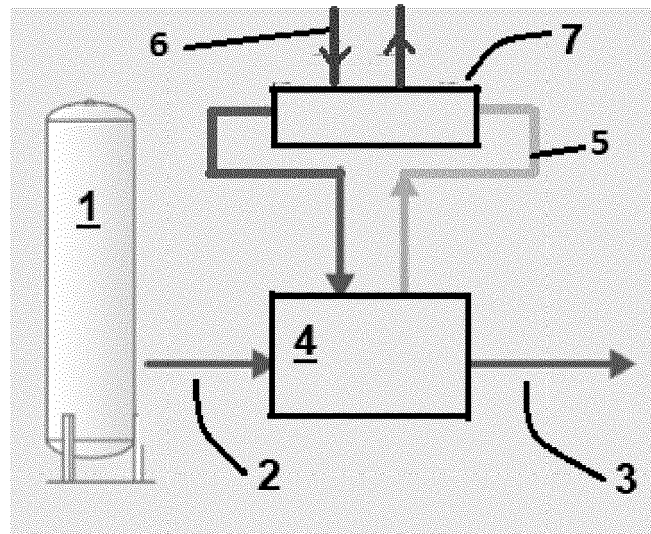


Figure 3

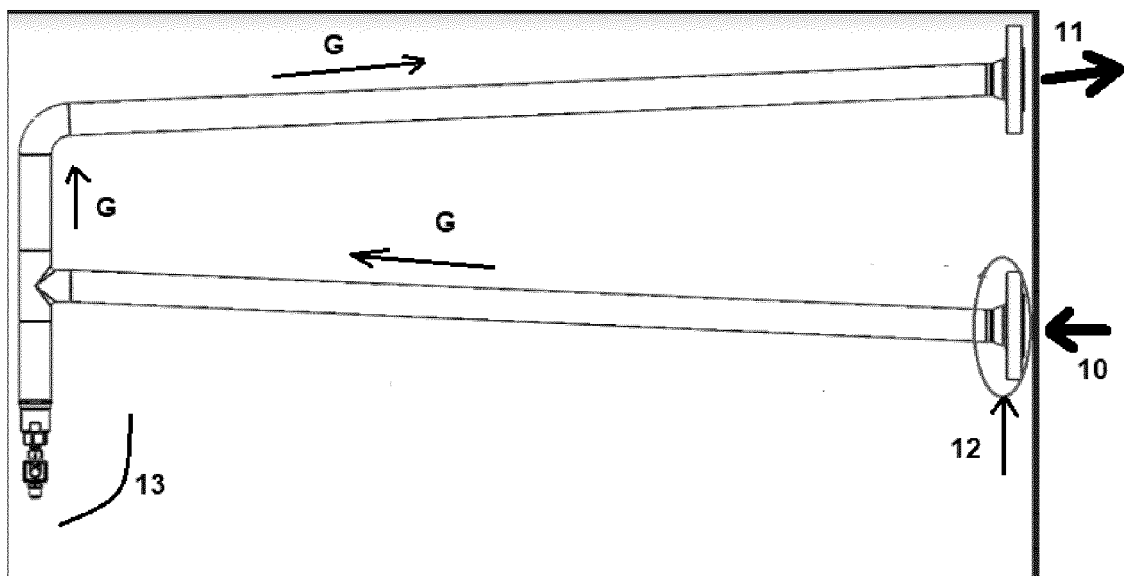


Fig. 4



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 16 3077

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2007/095077 A1 (HSU LIN CHAIO [US]) 3 mai 2007 (2007-05-03)	1-4	INV. F17C7/04
A	* alinéa [0010]; revendication 1; figure 1 *	5-7	

X	DE 10 2011 109824 A1 (LINDE AG [DE]) 14 février 2013 (2013-02-14)	1-4	
A	* alinéas [0016] - [0018]; figure 1 *	5-7	

X	US 2019/137041 A1 (REESE WILFRIED-HENNING [DE] ET AL) 9 mai 2019 (2019-05-09)	1-4	
A	* alinéa [0030]; figure 2 *	5-7	

X	US 2006/086100 A1 (TAUBE JOEL A [US]) 27 avril 2006 (2006-04-27)	1-4	
A	* alinéas [0011], [0012], [0014]; figure 1 *	5-7	

A	FR 2 960 952 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 9 décembre 2011 (2011-12-09)	1-5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
* le document en entier *			
-----			F17C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 juillet 2021	Examineur Ott, Thomas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 21 16 3077

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.
02-07-2021

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007095077 A1	03-05-2007	US 2007095077 A1 US 2009094993 A1 WO 2007055762 A2	03-05-2007 16-04-2009 18-05-2007
DE 102011109824 A1	14-02-2013	DE 102011109824 A1 WO 2013020665 A1	14-02-2013 14-02-2013
US 2019137041 A1	09-05-2019	CN 109073157 A DE 102016005220 A1 EP 3449172 A1 JP 2019516047 A KR 20180138213 A US 2019137041 A1 WO 2017186337 A1	21-12-2018 02-11-2017 06-03-2019 13-06-2019 28-12-2018 09-05-2019 02-11-2017
US 2006086100 A1	27-04-2006	DE 112005002548 T5 GB 2432652 A JP 5634658 B2 JP 2008516754 A US 2006086100 A1 US 2007130964 A1 WO 2006044629 A2	18-09-2008 30-05-2007 03-12-2014 22-05-2008 27-04-2006 14-06-2007 27-04-2006
FR 2960952 A1	09-12-2011	DK 2577191 T3 EP 2577191 A1 ES 2532206 T3 FR 2960952 A1 PT 2577191 E US 2013081789 A1 WO 2011151548 A1	09-03-2015 10-04-2013 25-03-2015 09-12-2011 11-03-2015 04-04-2013 08-12-2011

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82