

(19)



(11)

EP 4 036 457 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
03.08.2022 Bulletin 2022/31

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F17C 13/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21216028.7**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F17C 13/005; F17C 2201/0119; F17C 2201/035;
F17C 2201/054; F17C 2201/056; F17C 2223/0161;
F17C 2223/033; F17C 2223/041; F17C 2223/046;
F17C 2225/044; F17C 2227/0107;
F17C 2227/0393; F17C 2250/0626;
F17C 2260/025; F17C 2260/031

(22) Date de dépôt: **20.12.2021**

(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

(72) Inventeurs:
• **FAYER, Thomas**
38360 Sassenage (FR)
• **BRAVAIS, Patrick**
38360 Sassenage (FR)

(30) Priorité: **12.01.2021 FR 2100238**

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

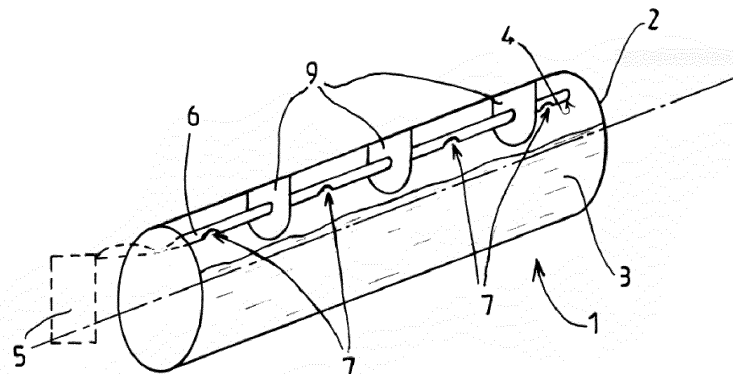
(71) Demandeur: **Air Liquide Societe Anonyme pour
l'Etude et
L'Exploitation des procedes Georges Claude**
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) DISPOSITIF DE STOCKAGE DE FLUIDE CRYOGÉNIQUE

(57) Dispositif de stockage de fluide cryogénique comprenant un réservoir (2) s'étendant selon une direction (A) longitudinale et destiné à contenir du gaz liquéfié (3) en équilibre avec une phase gazeuse, un dispositif (5, 6) de pressurisation du réservoir (2), le dispositif de pressurisation comprenant un générateur (5) de gaz sous pression et une rampe (6) d'injection du gaz sous pression s'étendant selon la direction longitudinale (A) dans la partie supérieure du réservoir (2), la rampe (6) d'injection comprenant une pluralité d'orifices (7) de sor-

tie de gaz espacés selon la direction (A) longitudinale, caractérisé en ce que l'un au moins parmi : l'espacement (D1, D2) entre les orifices (7), le diamètre (d0, d1, d2) des orifices (7), le nombre des orifices (7) est différent selon la direction (A) longitudinale entre une première extrémité d'entrée du gaz dans la rampe (6) et une seconde extrémité opposée de la rampe (6) et configuré pour homogénéiser les débits sortant des orifices (7) de la rampe (6) selon la direction (A) longitudinale.

[Fig. 1]

**EP 4 036 457 A1**

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif de stockage de fluide cryogénique.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de stockage de fluide cryogénique comprenant un réservoir s'étendant selon une direction longitudinale et destiné à contenir du gaz liquéfié en équilibre avec une phase gazeuse, un dispositif de pressurisation du réservoir, le dispositif de pressurisation comprenant un générateur de gaz sous pression et une rampe d'injection du gaz sous pression s'étendant selon la direction longitudinale dans la partie supérieure du réservoir, la rampe d'injection comprenant une pluralité d'orifices de sortie de gaz espacés selon la direction longitudinale.

[0003] Dans certaines applications, pour soutirer du liquide d'un réservoir cryogénique, le réservoir doit être préalablement pressurisé de façon à présenter une différence de pression suffisante pour le transfert. En outre cette pression doit également être maintenue lors du transfert.

[0004] Dans une solution connue, un réchauffeur atmosphérique est placé sous le réservoir pour permettre la pressurisation en vaporisant une partie du contenu liquide du stockage. Le gaz vaporisé et surchauffé est alors réinjecté dans le ciel gazeux du réservoir. Cf. par exemple le document FR1402554A.

[0005] Le gaz réinjecté a cependant tendance à réchauffer le liquide cryogénique présent dans le réservoir, diminuant le pouvoir pressurisant du ciel gazeux et dégradant la température de la molécule liquide (que l'on veut garder la plus froide possible). Ces échanges thermiques au niveau de l'interface liquide/gaz sont d'autant plus importants que la vitesse de réinjection est élevée. Une réinjection de gaz non optimisée aura donc pour conséquence d'augmenter cet échange thermique non-désiré lors des phases de transfert de liquide. Les systèmes de réinjection connus perturbent la couche limite à l'interface liquide/gaz. Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

[0006] A cette fin, le dispositif selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que l'un au moins parmi : l'espacement entre les orifices, le diamètre des orifices, le nombre des orifices est différent selon la direction longitudinale entre une première extrémité d'entrée du gaz dans la rampe et une seconde extrémité opposée de la rampe et configuré pour homogénéiser les débits sortant des orifices de la rampe selon la direction longitudinale.

[0007] Le champ de vitesses de réinjection du gaz obtenu est plus homogène que selon l'art antérieur et permet de concentrer la chaleur en haut du dôme gazeux, en perturbant le moins possible la couche limite à l'interface liquide/gaz. La stratification du ciel gazeux est améliorée.

[0008] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'in-

vention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- au moins une partie des orifices ont des diamètres identiques et des espacements décroissants de la première extrémité vers la seconde extrémité de la rampe,
- au moins une partie des orifices ont des diamètres croissants et des espacements constants de la première extrémité vers la seconde extrémité de la rampe,
- la seconde extrémité de la rampe comprend un organe de régulation de débit parmi : un convergent, un divergent, un orifice,
- le dispositif comprend plusieurs orifices situés à au moins une même position longitudinale de la rampe,
- au moins deux des plusieurs orifices situés à une même position longitudinale de la rampe sont orientés de façon distinctes dans le réservoir selon l'une des configurations suivantes : les orifices sont situés de façon opposée de part et d'autre de la périphérie de la rampe, les orifices sont orientés vers le haut et/ou vers le bas du réservoir,
- la somme des surfaces des orifices est égale à la surface de la section d'entrée du flux de gaz dans la rampe,
- la rampe ou la conduite à laquelle la rampe est reliée hors du réservoir comprend, à proximité de la première extrémité, un coude situé au-dessus d'au moins une partie du reste de la rampe s'étendant vers la seconde extrémité,
- le générateur de gaz sous pression comprend un réchauffeur du fluide prélevé dans le réservoir.

[0009] L'invention peut concerner également tout dispositif ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous dans le cadre des revendications.

[0010] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

[Fig. 1] représente une vue en perspective en transparence, schématique et partielle, illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'un premier exemple possible de réalisation de l'invention,

[Fig. 2] représente de façon schématique et partielle une section transversale d'un détail du dispositif selon un premier mode de réalisation,

[Fig. 3] représente de façon schématique et partielle une section transversale d'un détail du dispositif selon un deuxième mode de réalisation,

[Fig. 4] représente de façon schématique et partielle une section transversale d'un détail du dispositif selon un troisième mode de réalisation,

[Fig. 5] représente une vue en coupe et de côté, schématique et partielle, illustrant un autre exemple de réalisation de la structure et du fonctionnement de l'invention,

[0011] Le dispositif 1 de stockage de fluide cryogénique illustré à titre d'exemple comprend un réservoir 2, par exemple de forme générale cylindrique, s'étendant selon une direction A longitudinale qui est de préférence horizontale lorsque le réservoir 2 est en configuration d'utilisation. Le réservoir 2 est du type cryogénique c'est-à-dire configuré pour contenir du gaz liquéfié 3 (une phase liquide en partie inférieure surmontée d'une phase gazeuse en partie supérieure).

[0012] Le dispositif 1 comprend en outre un dispositif 5, 6 de pressurisation du réservoir 2. Ce dispositif de pressurisation comprend classiquement un générateur 5 de gaz sous pression relié fluidiquement à une rampe 6 d'injection du gaz sous pression s'étendant selon la direction longitudinale A dans la partie supérieure du réservoir 2. C'est-à-dire que la rampe d'injection est située dans la moitié supérieure du réservoir, en particulier de façon adjacente à l'extrémité supérieure du réservoir. La rampe d'injection est ainsi située dans la phase gazeuse du réservoir. Le générateur 5 de gaz sous pression peut comprendre par exemple un réchauffeur du fluide prélevé sous forme liquide dans le réservoir 2. Le générateur est configuré pour alimenter la rampe 6 d'injection en gaz sous pression.

[0013] Par exemple, la rampe 6 d'injection est fixée par des platines 9 au niveau de la surface supérieure du réservoir 2. Par exemple, la rampe 6 est située à une distance de la partie la plus haute du réservoir 2 comprise entre 10mm et 200mm.

[0014] La rampe 6 d'injection est munie d'une pluralité d'orifices 7 de sortie de gaz répartis selon la direction A longitudinale.

[0015] L'espacement D1, D2,... entre les orifices 7 et/ou le diamètre d0, d1, d2,... (ou la section) et/ou le nombre des orifices 7 varie selon la direction A longitudinale entre une première extrémité d'entrée du gaz dans la rampe 6 et une seconde extrémité opposée de la rampe 6, de façon à homogénéiser les débits sortant des orifices 7 de la rampe 6 selon la direction A longitudinale.

[0016] C'est-à-dire que les surfaces des orifices débouchant dans le réservoir varient selon la direction A longitudinale.

[0017] La rampe 6 traverse de préférence l'ensemble du ciel gazeux du réservoir 2 (sur toute sa longueur ou la majorité de sa longueur) .

[0018] Par exemple, au moins une partie des orifices 7 ont des diamètres (ou sections) identiques d0, d1, d2 et des espacements D1, D2 décroissants de la première extrémité vers la seconde extrémité de la rampe.

[0019] Alternativement ou cumulativement, au moins une partie des orifices 7 ont des diamètres croissants d0, d1, d2, etc... et des espacements D1, D2, etc... constants de la première extrémité vers la seconde extrémité

de la rampe. Ces diamètres ou sections croissants peuvent également être obtenus par exemple en jouant sur le nombre d'orifices 7.

[0020] Par exemple, la somme des surfaces de tous les orifices 7 peut être égale à la surface de la section d'entrée du flux de gaz dans la rampe 6.

[0021] La seconde extrémité de la rampe 6 comprend de préférence un organe 8 de régulation de débit parmi : un convergent, un divergent, un orifice. Cet organe 8 de régulation est configuré pour contribuer au contrôle du débit et de la vitesse d'injection en bout de rampe 6.

[0022] Comme schématisés aux [Fig. 2], [Fig. 3] et [Fig. 4], la rampe 6 peut comporter des groupes de plusieurs orifices 7 à une ou des positions longitudinales.

[0023] Par exemple, des orifices 7 d'un même groupe ou de deux groupes différents peuvent être orientés de façon distinctes vers l'intérieur du réservoir 2.

[0024] Par exemple des orifices 7 sont situés de façon opposée de part et d'autre de la périphérie de la rampe 6 (jets orientés latéralement de chaque côté vers le bas dans le réservoir 2) cf. [Fig. 3] et/ou vers le haut du réservoir (cf. [Fig. 3]) et/ou les orifices sont orientés latéralement sensiblement à l'horizontale cf. [Fig. 4].

[0025] L'orientation des orifices 7, donnant l'inclinaison au jet de gaz, permet de réduire l'apparition de cellules convectives et/ou réduire les échanges thermiques à la paroi du réservoir 2.

[0026] Les orifices peuvent être positionnés de manière symétrique ou non sur la rampe 6.

[0027] Comme illustré à la [Fig. 5], la rampe 6 peut comprendre, à proximité de la première extrémité, un coude 19 situé au-dessus d'au moins une partie du reste de la rampe 6 s'étendant vers la seconde extrémité.

[0028] Ceci permet d'éviter des retours de liquide dans le réchauffeur 5 si la rampe 6 est partiellement noyée de liquide (vagues dans le réservoir 2 ou forte inclinaison en cours d'utilisation par exemple). Ce mode de réalisation n'est cependant pas limitatif. Ainsi, ce coude 19 pourrait être formé à l'extérieur du réservoir 2, par exemple au niveau de la portion de conduite qui alimente la rampe 6 en gaz.

[0029] Le dispositif permet la réduction des temps de mise en pression dans le réservoir 2.

[0030] De plus, un tel agencement permet de diminuer la quantité de liquide utilisée dans le réchauffeur 5 (ou équivalent) lors des transferts.

[0031] Les transferts thermiques à l'intérieur du réservoir 2 sont également réduits au niveau de l'interface liquide/gaz. Il y a de plus une réduction potentielle du réchauffage du liquide présent dans le réservoir 2 via une stratification du dôme gazeux (grâce à l'homogénéisation et réduction du champ de vitesse de réinjection).

55 Revendications

1. Dispositif de stockage de fluide cryogénique comprenant un réservoir (2) s'étendant selon une direc-

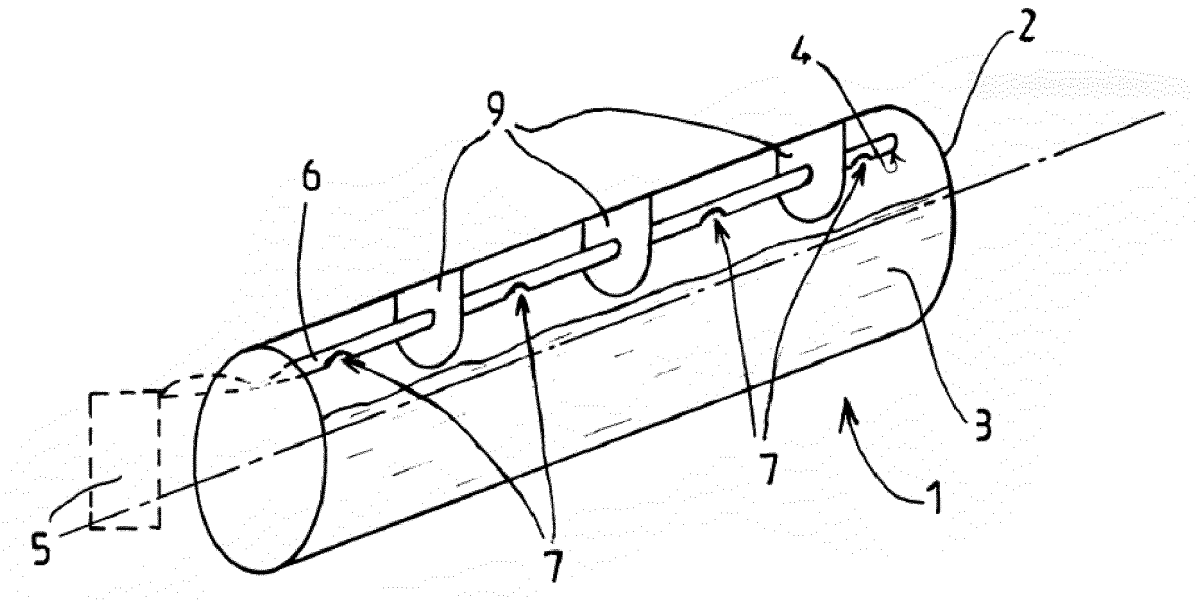
tion (A) longitudinale et destiné à contenir du gaz liquéfié (3) en équilibre avec une phase gazeuse, un dispositif (5, 6) de pressurisation du réservoir (2), le dispositif de pressurisation comprenant un générateur (5) de gaz sous pression relié fluidiquement à une rampe (6) d'injection du gaz sous pression s'étendant selon la direction longitudinale (A) dans la partie supérieure du réservoir (2), la rampe (6) d'injection comprenant une pluralité d'orifices (7) de sortie de gaz espacés selon la direction (A) longitudinale, **caractérisé en ce que** l'un au moins parmi : l'espacement (D1, D2) entre les orifices (7), le diamètre (d0, d1, d2) des orifices (7), le nombre des orifices (7) est différent selon la direction (A) longitudinale entre une première extrémité d'entrée du gaz dans la rampe (6) et une seconde extrémité opposée de la rampe (6) et configuré pour homogénéiser les débits sortant des orifices (7) de la rampe (6) selon la direction (A) longitudinale, **caractérisé en ce que** le générateur (5) de gaz sous pression comprend un réchauffeur du fluide prélevé dans le réservoir.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie des orifices (7) ont des diamètres identiques (d0, d1, d2) et des espacements (D1, D2) décroissants de la première extrémité vers la seconde extrémité de la rampe (6) .
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie des orifices (7) ont des diamètres croissants (d0, d1, d2) et des espacements (D1, D2) constants de la première extrémité vers la seconde extrémité de la rampe (6).
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la seconde extrémité de la rampe (6) comprend un organe (8) de régulation de débit parmi : un convergent, un divergent, un orifice.
5. Dispositif selon l'une quelconque de revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**il comprend plusieurs orifices (7) situés à au moins une même position longitudinale de la rampe (6).
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**au moins deux des plusieurs orifices (7) situés à une même position longitudinale de la rampe (6) sont orientés de façon distinctes dans le réservoir selon l'une des configurations suivantes : les orifices (7) sont situés de façon opposée de part et d'autre de la périphérie de la rampe (6), les orifices sont orientés vers le haut et/ou vers le bas du réservoir.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la somme des surfaces des orifices (7) est égale à la surface de la section

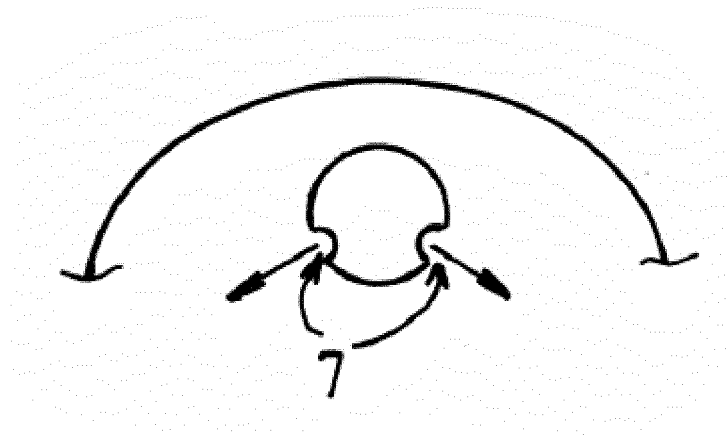
d'entrée du flux de gaz dans la rampe (6).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la rampe (6) ou la conduite à laquelle la rampe (6) est reliée hors du réservoir comprend, à proximité de la première extrémité, un coude (19) situé au-dessus d'au moins une partie du reste de la rampe (6) s'étendant vers la seconde extrémité.

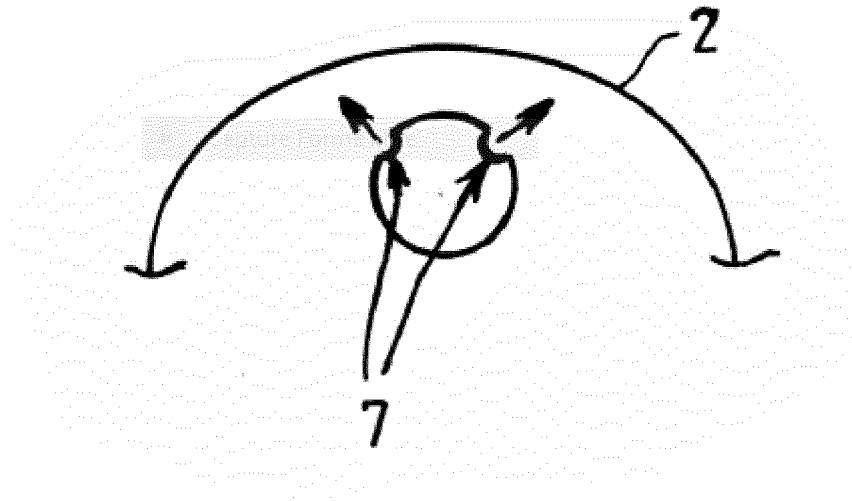
[Fig. 1]



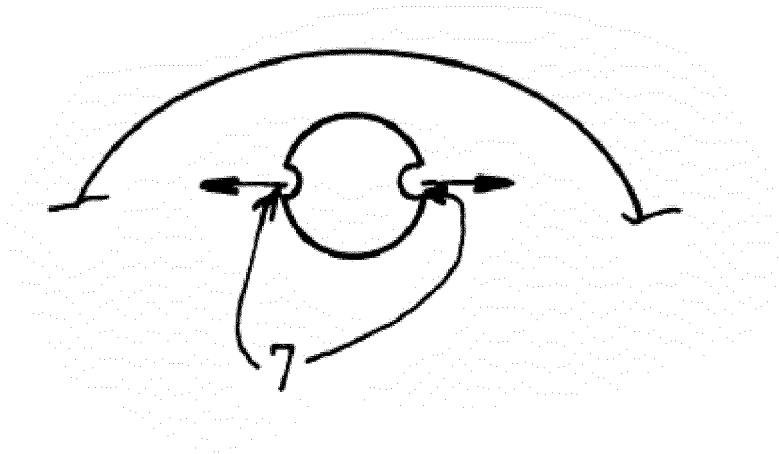
[Fig. 2]



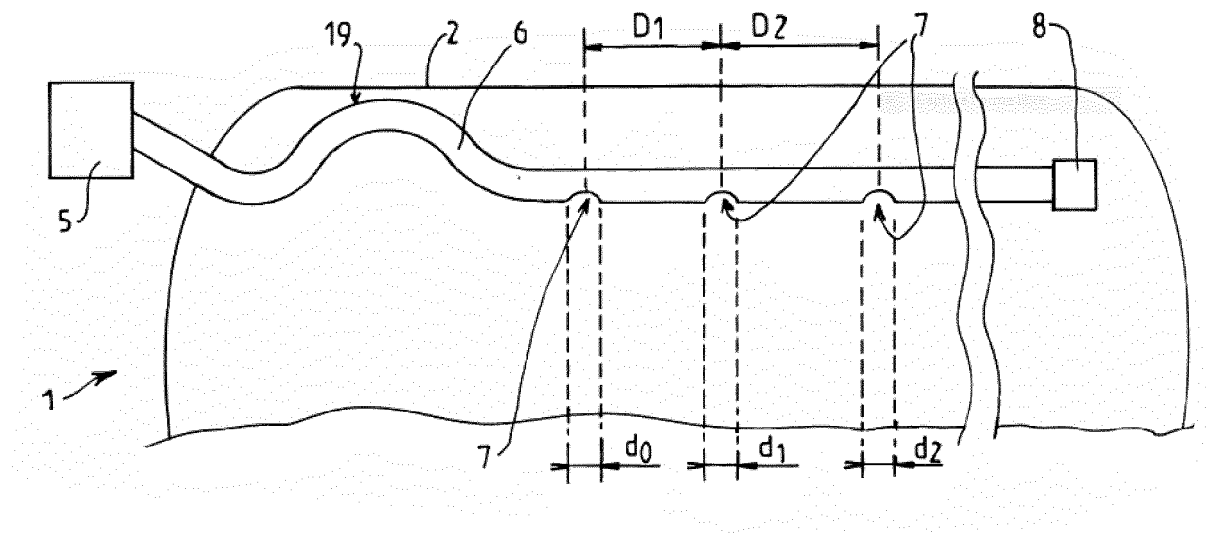
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 21 6028

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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 2015/345708 A1 (SLOAN TODD F [CA] ET AL) 3 décembre 2015 (2015-12-03)	1-5, 7	INV. F17C13/00
Y	* alinéas [0004], [0077], [0097]; figure 6	6	
A	10A *	8	

A	US 2011/220003 A1 (COLMARD CHRISTOPHE [FR] ET AL) 15 septembre 2011 (2011-09-15)	1	
	* alinéas [0082] - [0087]; figures 3,5 *		

A,D	FR 1 402 554 A (CHICAGO BRIDGE & IRON CO) 11 juin 1965 (1965-06-11)	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F17C
	* figures 1,2 *		

A	DE 10 2017 206346 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 18 octobre 2018 (2018-10-18)	1	
	* alinéas [0005], [0012]; figures 1,2 *		

Y	DE 10 2012 200554 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 18 juillet 2013 (2013-07-18)	6	
A	* figures 1-12 *	1	

A	US 5 176 174 A (TORAASON CLIFFORD M [US] ET AL) 5 janvier 1993 (1993-01-05)	2	
	* figure 1c *		

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 3 mai 2022	Examineur Nicol, Boris
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	

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

EP 21 21 6028

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.

03-05-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015345708 A1	03-12-2015	AUCUN	
US 2011220003 A1	15-09-2011	AU 2009315513 A1	30-06-2011
		BR PI0921030 A2	24-09-2019
		CN 102216154 A	12-10-2011
		EP 2349827 A1	03-08-2011
		FR 2938498 A1	21-05-2010
		JP 2012508669 A	12-04-2012
		KR 20110084935 A	26-07-2011
		RU 2011112495 A	27-12-2012
		US 2011220003 A1	15-09-2011
		WO 2010055244 A1	20-05-2010
FR 1402554 A	11-06-1965	AUCUN	
DE 102017206346 A1	18-10-2018	AUCUN	
DE 102012200554 A1	18-07-2013	DE 102012200554 A1	18-07-2013
		EP 2805098 A1	26-11-2014
		US 2014326737 A1	06-11-2014
		WO 2013107547 A1	25-07-2013
US 5176174 A	05-01-1993	AUCUN	

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 1402554 A [0004]