

(19)



(11)

EP 4 582 731 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
09.07.2025 Bulletin 2025/28

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F17C 3/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: 24213225.6

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F17C 3/00; F17C 2201/0119; F17C 2201/035;
F17C 2201/054; F17C 2203/013; F17C 2203/032;
F17C 2203/0391; F17C 2203/0629; F17C 2221/012;
F17C 2221/017; F17C 2223/0161; F17C 2223/033;
F17C 2223/041

(22) Date de dépôt: 15.11.2024

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(30) Priorité: 08.01.2024 FR 2400139

(71) Demandeur: L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE
75007 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• BOUIN, Marius
38360 SASSENAGE (FR)
• PETITPAS, Guillaume
78350 JOUY-EN-JOSAS (FR)
• BRAVAIS, Patrick
38360 SASSENAGE (FR)
• COHARD, Pierrick
38360 SASSENAGE (FR)

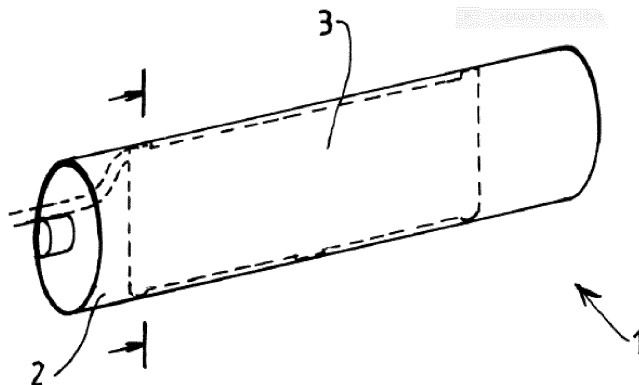
(74) Mandataire: Air Liquide
L'Air Liquide S.A.
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) RÉSERVOIR DE STOCKAGE DE FLUIDE CRYOGÉNIQUE

(57) L'invention concerne un réservoir de stockage de fluide cryogénique, par exemple d'hydrogène ou d'hélium liquéfié, comprenant une enveloppe (2) de stockage de forme générale cylindrique s'étendant selon une direction longitudinale qui est horizontale en configuration d'utilisation du réservoir (1), l'enveloppe (2) de stockage comprenant en son sein un dispositif (3) d'homogénéisation de la température du fluide verticalement dans le réservoir (1), le dispositif d'homogénéisation étant

constitué d'un moins une paroi (3) de transfert de chaleur constituée d'un matériau à coefficient de conductivité thermique supérieur à $30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, ladite paroi (3) de transfert étant disposée parallèlement à la direction longitudinale du réservoir (1) et s'étendant verticalement sur 20 à 100% de la hauteur de l'enveloppe (2) de stockage et s'étendant longitudinalement sur au moins 50% de la longueur de l'enveloppe (2) de stockage.

[Fig. 1]



EP 4 582 731 A1

Description

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

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un réservoir de stockage de fluide cryogénique, par exemple d'hydrogène ou d'hélium liquéfié, comprenant une enveloppe de stockage de forme générale cylindrique s'étendant selon une direction longitudinale qui est horizontale en configuration d'utilisation du réservoir, l'enveloppe de stockage comprenant en son sein un dispositif d'homogénéisation de la température du fluide verticalement dans le réservoir, le dispositif d'homogénéisation étant constitué d'un moins une paroi de transfert de chaleur constituée d'un matériau à coefficient de conductivité thermique supérieur à $30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Les réservoirs cryogéniques, en particulier ceux contenant des fluides avec des enthalpies spécifiques de vaporisation très faibles et des différences de densité importantes entre les phases liquide et vapeur comme l'hélium ou l'hydrogène, ont tendance à présenter des écarts de température importants entre leurs phases liquide et vapeur. Ceci entraîne des montées en pression plus rapides que ce qui serait observé si les deux phases avaient des températures similaires. Ce phénomène est souvent appelé « stratification ».

[0003] En stationnement prolongé, le réservoir cryogénique peut finir par atteindre sa pression maximale du fait de cette montée en pression. Il peut alors être nécessaire d'évacuer des molécules pour ne pas dépasser cette valeur. L'effet de stratification va amplifier cet inconvénient.

[0004] Un but de l'invention est de réduire ou supprimer la stratification dans les réservoirs cryogéniques.

[0005] Une solution connue pour les stockages d'hélium liquide consiste à prévoir une plaque en aluminium disposée dans la partie supérieure du réservoir et dont la partie inférieure est immergée dans la phase liquide Hélium qui est généralement proche de l'extrémité inférieure. Cette solution répond de façon partielle au problème, en particulier elle n'est pas suffisamment satisfaisante pour les réservoirs d'hydrogène liquéfié.

[0006] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

[0007] A cette fin, le réservoir selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que la paroi de transfert est disposée parallèlement à la direction longitudinale du réservoir et s'étendant verticalement sur 20 à 100% de la hauteur de l'enveloppe de stockage et s'étendant longitudinalement sur au moins 50% de la longueur de l'enveloppe de stockage.

[0008] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- la paroi de transfert s'étend verticalement sur 60 à

100%, par exemple 80 à 100% et de préférence 90 à 100% de la hauteur de l'enveloppe de stockage,

- la paroi de transfert s'étend longitudinalement sur au moins 80% de la longueur de l'enveloppe de stockage,
- la paroi de transfert est constituée d'aluminium ou d'un alliage métallique inoxydable,
- la paroi de transfert a une épaisseur comprise entre 1mm et 8mm,
- la paroi de transfert possède des trous et/ou des ondulations et/ou au moins une ailette s'étendant transversalement relativement à la paroi de transfert,
- la paroi de transfert possède une ou des ailette(s) s'étendant transversalement relativement à la paroi sur une distance transversale à la paroi de transfert qui est inférieure à la moitié et de préférence inférieure à un quart du diamètre de l'enveloppe de stockage de forme générale cylindrique,
- la paroi de transfert est fixée à l'enveloppe de stockage par soudage et/ou vissage et/ou rivetage,
- le réservoir comprend un ensemble de circuiterie et d'équipements dans l'enveloppe de stockage, la paroi de transfert formant un support pour au moins une partie de la circuiterie et/ou des équipements,
- le réservoir est du type à double parois, c'est-à-dire comprend une enveloppe extérieure disposée autour de l'enveloppe de stockage avec un espacement comprenant un isolant thermique.

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

Brève description des figures

[0010] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig. 1] est une vue schématique en perspective et en transparence d'un réservoir selon un mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 2] est une vue schématique en section transversale du réservoir de la [Fig. 1],

[Fig. 3] est une vue schématique de côté d'un autre exemple de paroi de transfert pouvant être utilisé dans un réservoir selon l'invention,

[Fig. 4] est une vue schématique en section transversale d'un autre mode de réalisation du réservoir

selon l'invention.

Description détaillée

[0011] Sur toutes les figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

[0012] Dans cette description détaillée, les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, cela ne signifie pas que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées et/ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.

[0013] Le réservoir 1 de stockage de fluide cryogénique illustré est par exemple prévu pour le stockage d'hydrogène ou d'hélium liquéfié. Ce réservoir 1 comprend une enveloppe 2 de stockage de forme générale cylindrique s'étendant selon une direction longitudinale qui est de préférence horizontale en configuration d'utilisation du réservoir 1.

[0014] Comme illustré, l'enveloppe 2 de stockage a une portion centrale cylindrique, de préférence de section circulaire et dont les deux extrémités sont refermées par des dômes respectifs.

[0015] Comme schématisé à la [Fig. 2], le réservoir 1 est de préférence du type à double parois, c'est-à-dire comprend une enveloppe 6 extérieure disposée autour de l'enveloppe 2 de stockage avec un espacement (par exemple sous vide) comprenant un isolant thermique, par exemple une isolation thermique multicouches (« MLI »).

[0016] L'enveloppe 2 de stockage comprend en son sein un dispositif 3 d'homogénéisation de la température du fluide verticalement dans le réservoir 1 (anti-stratification). Ce dispositif d'homogénéisation comprend ou est constitué d'un moins une paroi 3 de transfert de chaleur constituée d'un matériau à coefficient de conductivité thermique supérieur à 30 W. m⁻¹.K⁻¹, ladite paroi 3 de transfert étant disposée parallèlement à la direction longitudinale du réservoir 1 et s'étendant verticalement sur 20 à 100% de la hauteur de l'enveloppe 2 de stockage et s'étendant longitudinalement sur au moins 50% de la longueur de l'enveloppe 2 de stockage. Par exemple, la paroi 3 de transfert s'étend verticalement sur 60 à 100% ou 80 à 100% et de préférence 90 à 100% de la hauteur de l'enveloppe 2 de stockage. De préférence, la hauteur de la paroi 3 est plus importante pour des réservoirs mobiles qui ont une plage de fonctionnement étendue (niveau de liquide), par exemple entre 10% et 100% du volume. Inversement, la paroi 3 peut s'étendre selon une hauteur moindre, et par exemple dans la partie supérieure lorsque le réservoir est du type dans lequel le niveau reste essentiellement entre 80 à 100% de volume. Cette structure de paroi 3 de transfert occupe toute ou presque toute la hauteur de l'enveloppe 2 de stockage et de ce fait limite la stratification indépendamment du niveau de liquide en son sein. Cette paroi 3 peut être unique.

[0017] La longueur de la paroi 3 de transfert est de préférence maximisée pour favoriser le transfert de chaleur entre les parties relativement froides et chaudes.

[0018] Par exemple, la longueur de la paroi 3 de transfert est égale ou sensiblement égale à la longueur disponible à l'intérieur de l'enveloppe 2 de stockage. En particulier, la paroi 3 de transfert peut s'étendre au-delà de la partie cylindrique centrale afin d'atteindre également les volumes situés au niveau des extrémités de l'enveloppe 2 de stockage au niveau des dômes.

[0019] Le matériau constituant la paroi 3 de transfert est choisi de manière à avoir une grande conductivité thermique aux températures cryogéniques. Par exemple, l'aluminium, notamment les nuances 1050, 1350 ou 6063.

[0020] La géométrie de la paroi 3 de transfert peut être optimisée afin d'augmenter sa surface d'échange avec les fluides et/ou limiter la masse de la paroi 3. Cette optimisation peut comprendre une ondulation et/ou des perforations.

[0021] Par exemple, la paroi 3 de transfert peut avoir une forme corruguée, avec des ondes parallèles entre elles selon la direction longitudinale ou verticale.

[0022] Ces particularités (ou d'autres modifications structurelles) permettent d'augmenter la surface d'échange et/ou de créer plus de turbulence dans le fluide notamment selon la direction verticale.

[0023] Comme illustré à la [Fig. 3], en plus de favoriser le transfert thermique donc l'uniformité de la température le long de l'axe vertical et sur une grande longueur dans l'enveloppe 2 de stockage, la paroi 3 de transfert peut former un support permettant d'installer des équipements complémentaires tels que de l'instrumentation (et/ou du câblage), des lignes ou des plaques de mélange ; facilitant également l'intégration dans le réservoir.

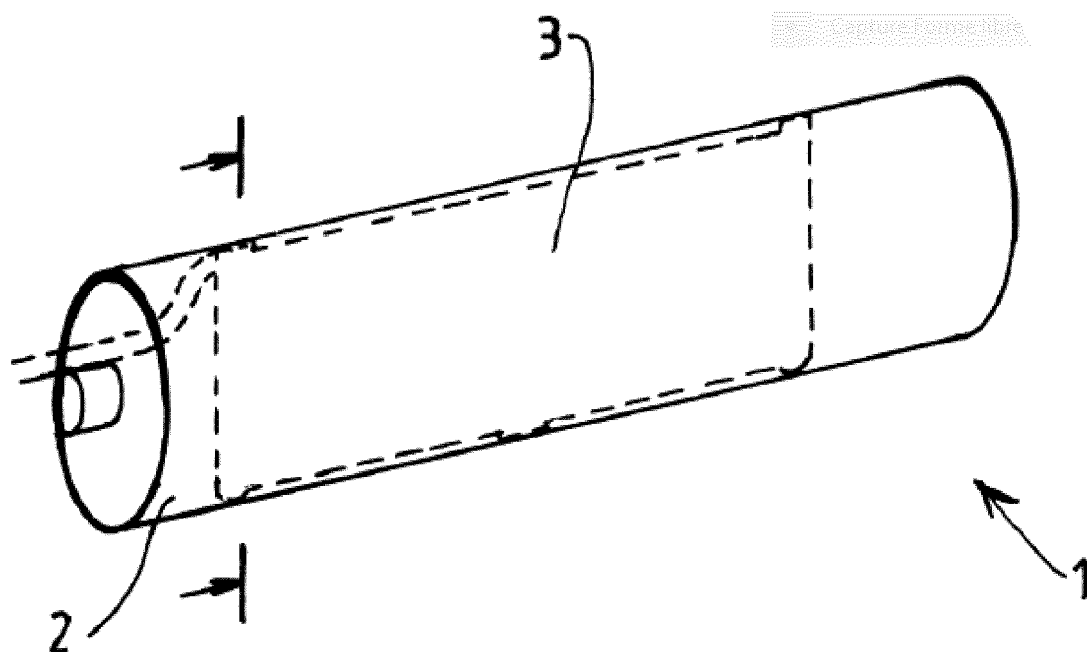
[0024] Comme schématisé à la [Fig. 4], la paroi 3 de transfert peut être munie d'une ou plusieurs ailettes 7 s'étendant transversalement relativement à la paroi 3 sur une distance transversale à la paroi 5 de transfert qui est limitée et en particulier de préférence inférieure à la moitié ou inférieure à un quart du diamètre de l'enveloppe 2 de stockage. Par exemple, ces ailettes 7 ne s'étendent pas au-delà de 10cm par rapport à la paroi 3 de transfert verticale. Les ailettes 7 peuvent être prévues verticalement sur tout ou partie de la paroi 3 de transfert.

Revendications

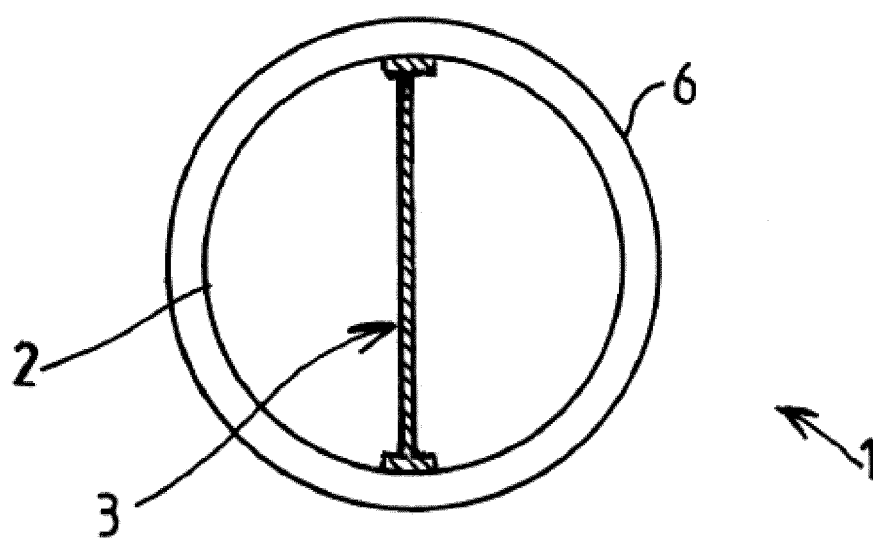
1. Réservoir de stockage de fluide cryogénique, par exemple d'hydrogène ou d'hélium liquéfié, comprenant une enveloppe (2) de stockage de forme générale cylindrique s'étendant selon une direction longitudinale qui est horizontale en configuration d'utilisation du réservoir (1), l'enveloppe (2) de stockage comprenant en son sein un dispositif (3) d'homogénéisation de la température du fluide verticalement dans le réservoir (1), le dispositif d'homogénéisation

- étant constitué d'un moins une paroi (3) de transfert de chaleur constituée d'un matériau à coefficient de conductivité thermique supérieur à $30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, ladite paroi (3) de transfert étant disposée parallèlement à la direction longitudinale du réservoir (1) et s'étendant verticalement sur 20 à 100% de la hauteur de l'enveloppe (2) de stockage et s'étendant longitudinalement sur au moins 50% de la longueur de l'enveloppe (2) de stockage. 5
- 10
2. Réservoir selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert s'étend verticalement sur 60 à 100%, par exemple 80 à 100% et de préférence 90 à 100% de la hauteur de l'enveloppe (2) de stockage. 15
3. Réservoir selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert s'étend longitudinalement sur au moins 80% de la longueur de l'enveloppe (2) de stockage. 20
4. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert est constituée d'aluminium ou d'un alliage métallique inoxydable. 25
5. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert a une épaisseur comprise entre 1mm et 8mm. 30
6. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert possède des trous (5) et/ou des ondulations et/ou au moins une ailette (7) s'étendant transversalement relativement à la paroi (3) de transfert. 35
7. Réservoir selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert possède une ou des ailette(s) (7) s'étendant transversalement relativement à la paroi (3) sur une distance transversale à la paroi (5) de transfert qui est inférieure à la moitié et de préférence inférieure à un quart du diamètre de l'enveloppe (2) de stockage de forme générale cylindrique. 40
- 45
8. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la paroi (3) de transfert est fixée à l'enveloppe (2) de stockage par soudage et/ou vissage et/ou rivetage. 50
9. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comprend un ensemble de circuiterie et d'équipements dans l'enveloppe (2) de stockage, la paroi (3) de transfert formant un support pour au moins une partie de la circuiterie (4) et/ou des équipements. 55
10. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'il** est du type à double parois, c'est-à-dire comprend une enveloppe (6) extérieure disposée autour de l'enveloppe (2) de stockage avec un espacement comprenant un isolant thermique.

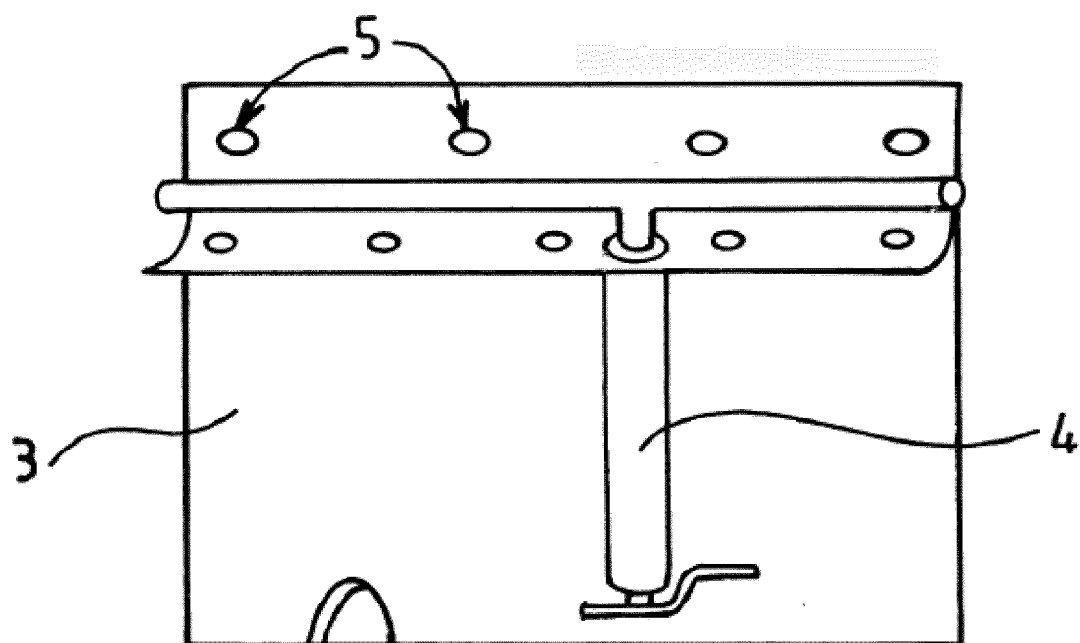
[Fig. 1]



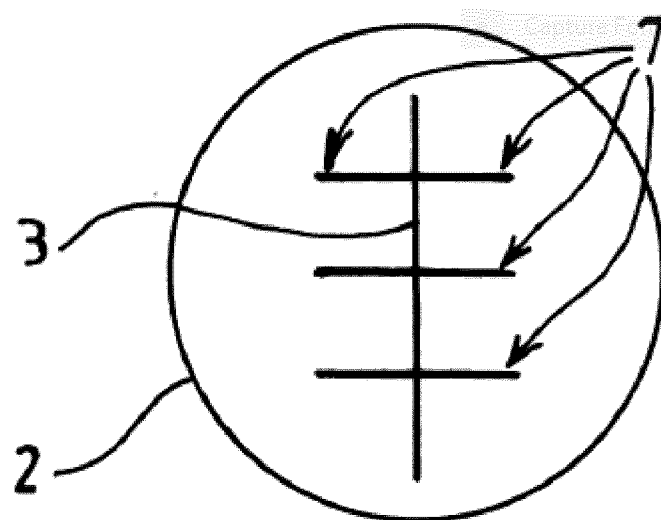
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 21 3225

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)
A	FR 3 122 717 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 11 novembre 2022 (2022-11-11) * le document en entier *	1-10	INV. F17C3/00
A	FR 3 110 668 A3 (AIR LIQUIDE [FR]) 26 novembre 2021 (2021-11-26) * alinéas [0001] - [0002], [0010] - [0027], [0035] - [0042]; figures 1-3 *	1-10	
A	FR 3 129 454 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 26 mai 2023 (2023-05-26) * revendication 1 *	1-10	
A	US 2013/008185 A1 (NEWMAN MICHAEL D [US] ET AL) 10 janvier 2013 (2013-01-10) * revendication 1; figure 1 *	1-10	
A	US 6 012 612 A (GARRETT MICHAEL E [GB]) 11 janvier 2000 (2000-01-11) * colonne 1, lignes 4-15; figure 2 * * colonne 2, lignes 42-53 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F17C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 14 mars 2025	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			

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

EP 24 21 3225

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.

14-03-2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3122717 A1	11-11-2022	EP 4334633 A1	13-03-2024
		FR 3122717 A1	11-11-2022
		WO 2022233505 A1	10-11-2022

FR 3110668 A3	26-11-2021	AU 2021276022 A1	22-12-2022
		CN 115667781 A	31-01-2023
		EP 4153898 A1	29-03-2023
		FR 3110668 A3	26-11-2021
		JP 2023526398 A	21-06-2023
		KR 20230013252 A	26-01-2023
		US 2023184381 A1	15-06-2023
		WO 2021233666 A1	25-11-2021

FR 3129454 A1	26-05-2023	CA 3236321 A1	01-06-2023
		CN 118202184 A	14-06-2024
		EP 4437261 A1	02-10-2024
		FR 3129454 A1	26-05-2023
		JP 2024544863 A	05-12-2024
		KR 20240111782 A	17-07-2024
		WO 2023094500 A1	01-06-2023

US 2013008185 A1	10-01-2013	AUCUN	

US 6012612 A	11-01-2000	CA 2234117 A1	17-10-1998
		DE 69834595 T2	03-05-2007
		EP 0872682 A2	21-10-1998
		US 6012612 A	11-01-2000
		ZA 983003 B	21-10-1998

EPO FORM P0460

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