



(11)

EP 4 682 423 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
21.01.2026 Bulletin 2026/04

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F17C 5/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **25187464.0**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F17C 5/02; F25J 1/0027; F17C 2205/0367;
F17C 2221/013; F17C 2223/0169; F17C 2223/035;
F17C 2225/0153; F17C 2225/0169; F17C 2225/035;
F17C 2225/044; F17C 2225/046; F17C 2227/0135;
F17C 2227/0302; F17C 2227/0337;
F17C 2227/0372;

(Cont.)

(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 LA MA MD TN

(30) Priorité: **18.07.2024 FR 2407857**

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

(72) Inventeurs:
• **LECLERC, Mathieu
75007 PARIS (FR)**
• **MOREL, Thomas
75007 PARIS (FR)**
• **DONG, Renyao
75007 PARIS (FR)**

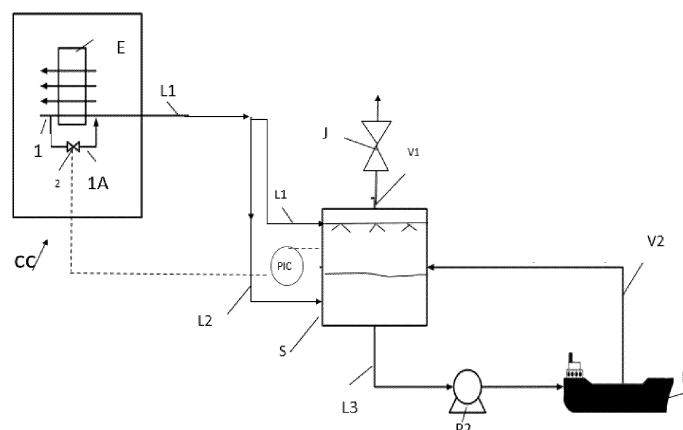
(74) Mandataire: **Air Liquide
L'Air Liquide S.A.
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)**

(54) **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE LIQUÉFACTION DE CO₂**

(57) Un appareil de liquéfaction de CO₂ comprend une enceinte (S), des moyens de mise en contact direct d'un premier flux liquide riche en CO₂ (L1) et d'un premier flux gazeux (V2) riche en CO₂ disposés dans l'enceinte afin de condenser au moins une partie du premier flux gazeux formant du gaz condensé riche en CO₂, des moyens pour relier un moyen de transport (B) comprenant un stockage de CO₂ liquide aux moyens de mise en

contact pour recevoir le gaz condensé riche en CO₂ provenant des moyens de mise en contact, des moyens d'envoi du premier flux liquide vers les moyens de mise en contact et des moyens (1A,2) pour réguler la température du premier flux liquide en amont des moyens de mise en contact en fonction de la pression des moyens de mise en contact.

FIG.1



EP 4 682 423 A1

- (52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
(Cont.) F17C 2227/0388; F17C 2227/04;
F17C 2250/043; F17C 2250/0439;
F17C 2250/0443; F17C 2250/0626;
F17C 2250/0631; F17C 2260/02; F17C 2265/015;
F17C 2265/017; F17C 2265/022; F17C 2265/034;
F17C 2265/061; F17C 2270/0105;
F17C 2270/0136; F25J 2205/90; F25J 2245/90;
F25J 2290/34

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé et un appareil de liquéfaction de CO₂.

[0002] Lors de l'envoi de CO₂ liquide provenant d'unités de séparation et/ou de liquéfaction du CO₂ vers un stockage, des entrées thermiques peuvent générer la vaporisation partielle du CO₂. De plus, au sein du stockage et au sein des installations recevant le CO₂ (de camions, trains ou bateaux), les entrées thermiques vont aussi générer des vapeurs par vaporisation du liquide (en anglais « Boil-Off Gas » ou « BOG »). Des vapeurs de CO₂ sont aussi contenues dans des moyens de transport, comprenant ou constitués par un stockage de CO₂ liquide, tels que les camions, trains ou bateaux ; ces vapeurs peuvent être mises en commun avec le stockage lors du remplissage du stockage du moyen de transport. Il est aussi souhaitable de récupérer le CO₂ gazeux restant dans les stockages des moyens de transport qui ne sont pas complètement vides et qui viennent être remplis par un liquéfacteur de CO₂ ou un appareil de capture de CO₂. Afin de limiter les pertes de CO₂ et donc les émissions à l'atmosphère, il est important de minimiser cette génération de vapeur et/ou de chercher à liquéfier les vapeurs de CO₂ présentes dans les moyens de transport.

[0003] Ce problème est discuté dans le rapport « Pre-feasibility study for CO₂ pipeline and storage » de Amager Ressource Center, octobre 2020. Dans le cas de la capture et séquestration du CO₂, la distance entre les unités de séparation et/ou de liquéfaction du CO₂ et le stockage peut être très élevée (parfois de l'ordre de plusieurs kilomètres), les stockages étant positionnés près des moyens de transport (un port par exemple).

Etat de l'art

[0004] Dans l'industrie cryogénique, il est typique de procéder au sous-refroidissement du liquide produit par un liquéfacteur afin d'éviter sa vaporisation lors de son transport.

[0005] Il est aussi typique d'installer des unités de liquéfaction des gaz qui s'évaporent dans les stockages de liquide proches des stockages. Dans le cas du CO₂, des groupes frigorifiques à l'ammoniac ou au propane ou propylène sont classiquement employés dans ce but.

[0006] Dans l'industrie de la liquéfaction du gaz naturel, l'usage d'un contacteur gaz liquide en amont des stockages est connu de l'homme de l'art. Le liquide produit sous-refroidi est mis en contact avec les vapeurs générées dans les stockages afin de les liquéfier par contact direct. Il est aussi connu de procéder à la liquéfaction des vapeurs directement dans des stockages par contact entre le liquide produit et leur ciel gazeux.

[0007] Un flux gazeux ou liquide riche en CO₂ contient au moins 60% mol de CO₂, au moins 70% mol de CO₂, au moins 80% mol de CO₂, voire au moins 90% mol de CO₂ ou même au moins 95% mol de CO₂.

Problème résolu par l'invention

[0008] Les entrées de chaleur sont extrêmement dépendantes des conditions opératoires du stockage et des unités de chargement associées. En effet, en opération sans chargement/déchargement du stockage, les entrées de chaleur ne concernent que les tuyaux autour du stockage et le stockage lui-même. Ces entrées de chaleur sont alors très stables, générant une quantité de gaz évaporé faible et stable dans le temps. Par contre, lors d'un chargement (d'un bateau par exemple), soudainement des pompes sont mises en opération, d'autres tuyaux sont employés et le bateau est mis en communication avec le stockage libérant les vapeurs de dioxyde de carbone généralement à une température au-dessus de 0°C qu'il contient. Ces équipements génèrent des entrées de chaleur supplémentaires qui peuvent représenter plus de deux fois la valeur des entrées de chaleur en opération normale sans chargement/déchargement. De ce fait, les gaz évaporés devant être liquéfiés peuvent être multipliés par trois soudainement par rapport à l'opération normale et l'unité de liquéfaction (groupe frigorifique ou contacteur gaz liquide) doit être calculée en conséquence afin de pouvoir traiter ce gaz supplémentaire. Cela implique une installation particulièrement flexible et des surcoûts notables surtout dans le cas des groupes frigorifiques dont la chaleur à dissiper est directement multipliée par trois.

Description de l'invention

[0009] L'invention consiste à tirer profit de la capacité d'une unité de production de CO₂ pour produire du CO₂ liquide sous-refroidi à coût marginal et de manière flexible. Elle consiste à combiner le stockage avec une unité de production de CO₂ dont la température de sortie va varier avec le mode d'opération du stockage.

[0010] En particulier, lorsque le stockage est en opération sans chargement/déchargement, le CO₂ ne sera sous refroidi que pour pallier les entrées de chaleur du tuyau de transfert et du stockage (qui dépendent de la longueur du tuyau et de la taille du stockage). Dans le cas d'un stockage opéré à 16 bara par exemple, la température du CO₂ en sortie de l'unité de production de CO₂ sera par exemple entre -27°C et -40°C.

[0011] Lorsque les vapeurs de CO₂ d'un moyen de transport, tel qu'un bateau, sont envoyées vers le stockage, elles font augmenter la pression du stockage donc il est nécessaire de réduire la température du CO₂ liquide alimentant le stockage afin de compenser l'augmentation de pression.

[0012] De préférence, le CO₂ liquide est envoyé à un niveau supérieur du stockage dans le ciel gazeux au-dessus du niveau de liquide afin de produire un effet de lavage qui condense une partie du CO₂ gazeux présente. Lorsque qu'un bateau de transport de CO₂ liquide se charge par exemple, le CO₂ sera sous refroidi jusqu'à une température plus basse pour pallier les entrées de

chaleur supplémentaires. Avec le même exemple que plus haut la température du CO₂ en sortie de l'unité de production de CO₂ sera alors entre -40°C et -55°C.

[0013] Le stockage peut être par exemple un stockage de liquide ayant un ciel gazeux où sont injectés le gaz à liquéfier et le liquide provenant de l'appareil de liquéfaction et/ou de séparation, ce liquide étant à la température requise pour liquéfier le gaz.

[0014] Sinon le stockage peut être une tour de mise en contact du gaz à liquéfier et le liquide provenant de l'appareil de liquéfaction et/ou de séparation, ce liquide étant à la température requise pour liquéfier le gaz. Le liquide de la tour peut transiter par un autre stockage et peut être renvoyé au moyen de transport dont provient le gaz à liquéfier ou vers un autre moyen de transport.

[0015] Selon un objet de l'invention, il est prévu un appareil de liquéfaction de de CO₂ comprenant :

- Une enceinte ;
- Des moyens de mise en contact direct d'un premier flux liquide riche en CO₂ et d'un premier flux gazeux riche en CO₂ disposés dans l'enceinte afin de condenser au moins une partie du premier flux gazeux formant du gaz condensé riche en CO₂ ;
- Des moyens pour relier un moyen de transport (B) comprenant ou constituant un stockage de CO₂ liquide aux moyens de mise en contact pour recevoir le gaz condensé riche en CO₂ provenant des moyens de mise en contact ;
- Des moyens d'envoi du premier flux liquide vers les moyens de mise en contact ;
- Des moyens d'envoi du premier flux gazeux vers les moyens de mise en contact depuis un ou le stockage de CO₂ liquide du moyen de transport ;

caractérisé en ce qu'il comprend

- i) des moyens pour détecter le débit du premier flux gazeux envoyé ou à envoyer dans les moyens d'envoi du premier flux gazeux et/ou
- ii) des moyens pour détecter la température du premier flux gazeux envoyé ou à envoyer dans les moyens d'envoi du premier flux gazeux et/ou
- iii) des moyens pour détecter la pression dans l'enceinte et
- iv) des moyens pour réguler la température du premier flux liquide en amont des moyens de mise en contact en fonction du débit et/ou de la température du premier flux gazeux et/ou de la pression des moyens de mise en contact.

[0016] Selon d'autres caractéristiques facultatives :

- l'enceinte est conçue pour stocker du liquide et ne contient pas de moyens solides pour favoriser l'échange de masse et les moyens de mise en contact sont constitués par un espace du ciel gazeux formé au-dessus du niveau de liquide quand l'appareil est

en opération, les moyens d'envoi du premier flux liquide étant reliés pour envoyer le premier flux liquide au-dessus d'un point d'arrivée du premier flux gazeux.

- l'enceinte est une tour de lavage ayant une cuve et dans lequel les moyens de mise en contact se trouvent dans la tour de lavage, ces moyens de mise en contact étant constitués par des moyens pour favoriser le transfert de chaleur et de masse au-dessus de la cuve et reliés pour recevoir le premier flux liquide à un niveau de la tour au-dessus du point d'arrivée du premier flux gazeux, la cuve de la tour étant reliée à un stockage de CO₂ pour y envoyer du liquide.
- le premier flux liquide riche en CO₂ est un liquide autre qu'un liquide de cuve de l'enceinte.

[0017] Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un procédé de liquéfaction de CO₂ dans lequel on envoie un premier flux liquide riche en CO₂ vers des moyens de mise en contact dans une enceinte, on envoie un premier flux gazeux riche en CO₂ vers les moyens de mise en contact de sorte que les premiers flux liquide et gazeux se mélangent et au moins une partie du premier flux gazeux se trouve condensé, on envoie du liquide des moyens de mise en contact vers un moyen de transport comprenant ou être constitué par un stockage de CO₂ liquide relié aux moyens de mise en contact pour recevoir le gaz condensé riche en CO₂ provenant des moyens de mise en contact, le premier flux gazeux provenant d'un ou du stockage de CO₂ liquide, étant formé par évaporation partielle au-dessus du niveau de liquide dans le stockage du fait des entrées de chaleur caractérisé en ce que :

- i) l'on augmente la température du premier flux liquide riche en CO₂ si le débit et/ou la température du premier flux gazeux riche en CO₂ réduit et/ou si la pression dans l'enceinte baisse et on réduit la température du premier flux liquide riche en CO₂ si le débit et/ou la température du premier flux gazeux augmente et/ou si la pression dans l'enceinte augmente et/ou
- ii) l'on augmente la température du premier flux liquide riche en CO₂ en prévision d'une réduction du débit et/ou de la température du premier flux gazeux riche en CO₂ et/ou de la pression de l'enceinte et on réduit la température du premier flux liquide riche en CO₂ en prévision d'une augmentation du débit et/ou de la température du premier flux gazeux et/ou de la pression dans l'enceinte.

[0018] Selon d'autres aspects de l'invention :

- on adapte la température du premier flux liquide riche en CO₂ en fonction de son débit de telle sorte que la température des moyens de mise en contact soit suffisante pour liquéfier au moins une partie du

premier flux gazeux ;

- on modifie la température du premier flux liquide en le divisant en deux fractions variables, on refroidit une des fractions, on ne refroidit pas l'autre fraction et on mélange la fraction refroidie avec la fraction non-refroidie, les proportions des fractions étant variées pour varier la température du mélange qui constitue le premier flux liquide envoyé aux moyens de mise en contact ;
- on envoie le premier flux liquide riche en CO₂ et un autre liquide riche en CO₂ à des niveaux différents de l'enceinte ;
- on soutire le premier flux liquide riche en CO₂ d'un appareil de séparation ou de liquéfaction de CO₂ par distillation et/ou par condensation partielle pour l'envoyer aux moyens de mise en contact.

[0019] Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu un procédé de mise en fonctionnement d'un appareil tel que décrit ci-dessus ou d'un procédé tel que décrit ci-dessus dans lequel on envoie le premier flux liquide riche en CO₂ vers les moyens de mise en contact avant d'y envoyer le premier flux gazeux riche en CO₂ et avant d'envoyer du liquide des moyens de mise en contact vers le stockage de CO₂ du moyen de transport.

[0020] Selon d'autres aspects facultatifs :

- l'envoi du premier flux liquide riche en CO₂ est déclenché par un signal indiquant l'arrivée du moyen de transport et/ou la connexion du moyen de transport prévue dans un laps de temps ;
- on n'envoie pas du premier flux liquide à l'enceinte si aucun débit du premier flux gazeux n'est envoyé à l'enceinte ou si aucun débit de premier flux gazeux n'est prévu d'être envoyé à l'enceinte dans un laps de temps donné ;
- aucun débit de gaz n'est soutiré de l'enceinte.
- le premier flux liquide riche en CO₂ est un liquide autre qu'un liquide de cuve de l'enceinte.
- le premier flux liquide riche en CO₂ est envoyé aux moyens de contact directement depuis un appareil de séparation de CO₂.
- le premier flux liquide est sousrefroidi dans un échangeur de chaleur de l'appareil de séparation de CO₂.

[0021] Selon l'invention, on ne cherche pas nécessairement à opérer le stockage à pression constante. Si l'arrivée d'un moyen de transport à charger en CO₂ liquide, tel qu'un bateau, est prévue, le procédé selon l'invention peut sous refroidir les moyens prévues pour mise en contact du gaz provenant du moyen de transport, en prévisionnel, c'est-à-dire avant que le gaz arrivant du moyen de transport soit présent dans les moyens de mise en contact pour:

1. être prêt à être suffisamment froid dans les moyens de mise en contact pour reliquéfier le gaz

quand il arrivera (ainsi avoir déjà vaincu l'inertie thermique des tuyaux, du stockage etc.) ;

2. pour que la pression baisse dans les moyens de mise en contact avant l'arrivée du gaz, sachant que l'arrivée du gaz va nécessairement faire augmenter la pression quand il est introduit dans les moyens de mise en contact. Cela permet, même si on ne reliquéfie pas instantanément le gaz, d'au moins le ralentir voire le stocker dans les moyens de mise en contact sans atteindre la pression maximum de l'enceinte qui contient les moyens de mise en contact et donc d'éviter de le perdre pendant le temps nécessaire à leur reliquéfaction (par exemple en s'échappant par une conduite de sécurité de mise à l'air).

[0022] A noter que les moyens de mise en contact peuvent être constitués par des moyens favorisant le contact, tels que des plateaux ou des garnissages en vrac ou structurés. Mais les moyens de mise en contact peuvent être constitués simplement par un espace vide, tel que le ciel gazeux au-dessus d'un corps de liquide dans un stockage où un liquide et un gaz peuvent se mélanger simplement par le fait d'être ensemble dans le même espace.

[0023] Le changement de température du liquide à envoyer aux moyens de mise en contact, par exemple en sortie d'une unité de production de CO₂ peut être anticipé pour prendre en compte l'inertie thermique du système et donc être prêt à liquéfier les gaz évaporés supplémentaires provenant d'un stockage d'un moyen de transport au moment de la connexion avec le moyen de transport, par exemple. Cette anticipation peut donc être prévue en avance, lors de l'arrivée prochaine d'un moyen de transport, par exemple un bateau. De la même manière, afin d'optimiser la consommation énergétique de l'unité de production de CO₂, le sous refroidissement peut être limité en fin de chargement en avance de phase pour profiter de l'inertie thermique du système qui est encore froid.

[0024] Le sous refroidissement du CO₂ du côté de l'unité de production de CO₂ peut être réalisé de la manière suivante:

- Le CO₂ liquide produit est séparé en deux fractions.
- Une première fraction est sous refroidie dans un échangeur de chaleur jusqu'à une première température, par exemple la température la plus basse nécessaire (pour le cas chargement/déchargement), voire plus bas (jusqu'à la température la plus basse que le liquéfacteur peut atteindre).
- La seconde fraction contourne au moins une partie de l'échangeur de chaleur par le biais d'une vanne de régulation, n'est donc pas complètement sous-refroidie et se trouve à une deuxième température plus élevée que la première température et est mélangée avec la première fraction sous-refroidie pour la réchauffer.

- La température finale de sous-refroidissement est ajustée par l'ouverture ou la fermeture de la vanne de régulation pour modifier le rapport de débits entre les première et deuxième fractions. En opération normale sans chargement/déchargement, la vanne est ouverte afin de réchauffer la deuxième fraction et donc limiter le sous-refroidissement. En opération avec chargement/déchargement, elle se referme au moins partiellement.

[0025] L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant aux figures où :

FIG.1 représente schématiquement un procédé selon l'invention.

FIG.2 représente schématiquement un procédé selon l'invention.

[0026] FIG.1 montre un appareil de stockage de CO₂ avec une enceinte S contenant de CO₂ liquide, isolée thermiquement, dans laquelle est généré du CO₂ gazeux, par exemple par les entrées de chaleur. Le liquide stocké dans l'enceinte S provient d'un liquéfacteur de CO₂ ou d'un appareil de séparation de CO₂ CC dans lequel un débit contenant du CO₂ est liquéfié et/ou séparé par condensation partielle et/ou par distillation et/ou solidification, formant un débit de CO₂ liquide 1. Ce liquide est de préférence sous-refroidi en l'envoyant se refroidir dans un échangeur de chaleur E et ensuite est envoyé comme liquide sous-refroidi L1 en haut de l'enceinte S, par des moyens de distribution, dans le ciel gazeux au-dessus du niveau de liquide. Le liquide peut également être envoyé à d'autres niveaux de l'enceinte S, par exemple le liquide sous-refroidi L2 est envoyé à un niveau plus bas de l'enceinte S. Le liquide descendant dans l'enceinte S rencontre le gaz formé en haut de l'enceinte S. Le gaz est ainsi liquéfié au moins en partie et le liquide formé retombe au sein de l'enceinte S.

[0027] Ponctuellement du liquide L3 est envoyé depuis la cuve de l'enceinte S à un autre élément B pouvant être un stockage de CO₂ liquide faisant partie d'un moyen de transport par exemple un bateau, un train, un camion-citerne, une canalisation ou un wagon. L'élément B peut être une canalisation qui constitue un moyen de transport de CO₂ qui permet de le stocker de manière temporaire.

[0028] A l'arrivée de l'élément B, (ou au moment de sa connexion, pour une canalisation) celui-ci peut contenir du CO₂ gazeux résultant d'un précédent transport. Sinon, l'arrivée de CO₂ liquide dans l'élément B à une température au-dessus de celle du CO₂ liquide peut également générer du CO₂ gazeux.

[0029] Le stockage S comprend une conduite d'évacuation de gaz, potentiellement à l'air V1 munie d'une vanne J permettant d'envoyer du gaz à l'air si la pression du ciel gazeux au-dessus du niveau de liquide devient excessive.

[0030] Pour ne pas perdre le CO₂ gazeux V2 provenant du moyen de transport B, ce gaz V2 est envoyé au

stockage S à un niveau en dessous de l'arrivée de liquide L1 comme premier flux gazeux riche en CO₂, de sorte qu'il est liquéfié par contact direct avec liquide L1.

[0031] Il est également possible de faire rentrer le gaz V2 dans le stockage à travers la conduite V1. Le gaz est ainsi lavé par le premier flux liquide riche en CO₂ L1.

[0032] Le liquide provenant de l'appareil CC peut être introduit dans le stockage à travers une seule ouverture mais de préférence est envoyé à différents endroits au même niveau de l'enceinte S afin d'arroser une plus grande surface de l'enceinte S. Ainsi on voit que du liquide L2 est introduit à un niveau plus bas du stockage S que le liquide L1.

[0033] Le procédé utilise des moyens pour modifier la température du liquide de lavage L1, L2 envoyé à l'enceinte S. Ceux-ci peuvent prendre plusieurs formes, la plus simple, illustré ici, consistant à court-circuiter une partie 1A du liquide autour de l'échangeur de sorte qu'une fraction variable du liquide est refroidie dans l'échangeur, le reste qui n'a pas été refroidi étant mélangé à la fraction variable pour former le liquide L1. Plus la fraction 1A est grande, plus grande sera la température du liquide L1, L2.

[0034] Dans une variante basique, un moyen de détection de pression PIC mesure la pression dans l'enceinte et quand celle-ci dépasse un seuil, régule la température du liquide L1 par exemple en fermant la vanne 2 pour empêcher le liquide 1A de court-circuiter le sous-refroidissement, pour réduire la température du liquide L1, L2.

Ainsi la température du liquide L1 et/ou L2 est réduite quand une augmentation du débit de gaz et/ou une augmentation de la température du gaz est prévue, de sorte que les frigories envoyées au stockage S soient suffisantes pour liquéfier le gaz. Selon le même principe, lors d'une augmentation du débit du gaz et/ou de sa température, la pression dans l'enceinte S augmente et une réduction de la température du liquide L1 permet de limiter voire annuler cette augmentation de pression.

[0035] De même, la température du liquide L1 baisse quand une réduction du débit de gaz et/ou une réduction de la température du gaz V1 est prévue, par exemple quand l'arrivée d'un moyen de transport B est prévue mais avant que le gaz V2 n'arrive dans le stockage.

[0036] A la place du moyen de détection de pression PIC ou en plus de ce moyen, l'appareil peut comprendre un moyen de détection de débit FIC et/ou un moyen de détection de température TIC pour mesurer le débit et/ou la température respectivement du premier flux gazeux envoyé ou à envoyer au stockage S.

[0037] Les mêmes variations sont prévues si le débit et/ou la température du gaz V2 de l'élément B varient. Selon le même principe, lors d'une baisse du débit du gaz et/ou de sa température, la pression dans l'enceinte S baisse et une hausse de la température du liquide L1 permet de limiter voire annuler cette baisse de pression.

[0038] Le système global ayant une certaine inertie thermique, il est recommandé de réduire la température

du liquide L1 avant que le débit et/ou la température du gaz n'augmente, de sorte que la partie haute du stockage S soit à la bonne température pour assurer la liquéfaction. Ainsi avant l'arrivée d'un bateau B, par exemple, on réduit la température du liquide L1 en prévision de l'arrivée du gaz V2.

[0039] FIG.2 montre une variante du procédé comprenant une tour de mise en contact K qui est une tour contenant des plateaux ou des garnissages en vrac ou structurés comme moyens de mise en contact. Cette tour est situé entre l'appareil CC et le stockage pour recevoir le premier flux liquide riche en CO2 L1 provenant de l'appareil CC ainsi que le premier flux gazeux riche en CO2 V2 provenant d'un moyen de transport B. Comme pour la figure précédente, le gaz est liquéfié par le contact direct avec le liquide L1 mais dans cette figure rentre en bas de la tour K et monte dans la tour, en rencontrant le liquide qui descend la tour. Le gaz V2 est ainsi liquéfié et le liquide formé en cuve L2 est envoyé à un stockage S. Le liquide de cuve L3 du stockage S est pressurisé par une pompe P2 pour alimenter le moyen de transport B.

[0040] En variante, la tour K peut également servir à liquéfier le gaz V1 formé dans le stockage S, par exemple par les entrées de chaleur. Les gaz V1 et V2 sont mélangés pour former un gaz V' qui arrive en bas de la tour K. En variante une partie du liquide provenant de l'appareil CC peut être envoyé directement au stockage S, seule une partie du liquide alimentant en tête la tour K.

[0041] Le gaz V1 passe à travers une vanne (non illustrée) comme dans la FIG.1 qui régule la pression du stockage S. Un détecteur de pression PIC (non illustré) de la tour K régule l'ouverture de la vanne 2.

Revendications

1. Appareil de liquéfaction de CO2 comprenant :

- Une enceinte (S,K)
- Des moyens de mise en contact direct d'un premier flux liquide riche en CO2 (L1) et d'un premier flux gazeux (V2, V') riche en CO2 disposés dans l'enceinte afin de condenser au moins une partie du premier flux gazeux formant du gaz condensé riche en CO2
- Des moyens pour relier un moyen de transport (B) comprenant ou étant constitué par un stockage de CO2 liquide aux moyens de mise en contact pour recevoir le gaz condensé riche en CO2 provenant des moyens de mise en contact
- Des moyens d'envoi du premier flux liquide vers les moyens de mise en contact
- Des moyens d'envoi du premier flux gazeux vers les moyens de mise en contact depuis un ou le stockage de CO2 liquide du moyen de transport

caractérisé en ce qu'il comprend

- i) des moyens pour détecter le débit du premier flux gazeux dans les moyens d'envoi du premier flux gazeux envoyé ou à envoyer dans les moyens d'envoi du premier flux gazeux et/ou
- ii) des moyens pour détecter la température du premier flux gazeux et/ou
- iii) des moyens (PIC) pour détecter la pression dans l'enceinte et
- iv) des moyens (1A,2) pour réguler la température du premier flux liquide en amont des moyens de mise en contact en fonction du débit et/ou de la température du premier flux gazeux et/ou de la pression des moyens de mise en contact.

2. Appareil selon la revendication 1 dans lequel le moyen de transport (B) est un bateau, un train, un camion-citerne, une canalisation ou un wagon, capable de stocker au moins temporairement du CO2 liquide.
3. Appareil selon la revendication 1 ou 2 dans lequel l'enceinte (S) est conçue pour stocker du liquide et ne contient pas de moyens solides pour favoriser l'échange de masse et les moyens de mise en contact sont constitués par un espace du ciel gazeux formé au-dessus du niveau de liquide quand l'appareil est en opération, les moyens d'envoi du premier flux liquide (L1) étant reliés pour envoyer le premier flux liquide au-dessus d'un point d'arrivée du premier flux gazeux (V2).
4. Appareil selon une des revendications précédentes dans lequel l'enceinte (K) est une tour de lavage ayant une cuve et dans lequel les moyens de mise en contact se trouvent dans la tour de lavage, ces moyens de mise en contact étant constitués par des moyens pour favoriser le transfert de chaleur et de masse au-dessus de la cuve et reliés pour recevoir le premier flux liquide (L1) à un niveau de la tour au-dessus du point d'arrivée du premier flux gazeux (V'), la cuve de la tour étant reliée à un stockage de CO2 (S, B) pour y envoyer du liquide.
5. Appareil selon une des revendications précédentes dans lequel le premier flux liquide riche en CO2 (L1) est un liquide autre qu'un liquide de cuve de l'enceinte.
6. Procédé de liquéfaction de CO2 dans lequel on envoie un premier flux liquide (L1) riche en CO2 vers des moyens de mise en contact dans une enceinte (S,K), on envoie un premier flux gazeux riche en CO2 (V2,V') vers les moyens de mise en contact de sorte que les premiers flux liquide et gazeux se mélangent et au moins une partie du premier flux gazeux se trouve condensé, on envoie du liquide des moyens de mise en contact vers un moyen de transport (B)

comprenant ou étant constitué par un stockage de CO₂ liquide relié aux moyens de mise en contact pour recevoir le gaz condensé riche en CO₂ provenant des moyens de mise en contact, le premier flux gazeux provenant d'un ou du stockage de CO₂ liquide, étant formé par évaporation partielle au-dessus du niveau de liquide dans le stockage du fait des entrées de chaleur

caractérisé en ce que :

- i) l'on augmente la température du premier flux liquide riche en CO₂ (L1) si le débit et/ou la température du premier débit de CO₂ gazeux réduit et/ou si la pression dans l'enceinte baisse et on réduit la température du premier flux liquide riche en CO₂ si le débit et/ou la température du premier débit gazeux augmente et/ou si la pression dans l'enceinte augmente et/ou
 - ii) l'on augmente la température du premier flux liquide riche en CO₂ en prévision d'une réduction du débit et/ou de la température du premier débit de CO₂ gazeux et/ou de la pression de l'enceinte et on réduit la température du premier flux liquide riche en CO₂ en prévision d'une augmentation du débit et/ou de la température du premier débit et/ou de la pression dans l'enceinte.
7. Procédé selon la revendication 6 dans lequel on adapte la température du premier flux liquide (L1) riche en CO₂ liquide en fonction de son débit de telle sorte que la température des moyens de mise en contact soit suffisante pour liquéfier au moins une partie du premier flux gazeux.
 8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7 dans lequel on modifie la température du premier flux liquide (L1) en le divisant en deux fractions variables (1, 1A), on refroidit une des fractions, on ne refroidit pas l'autre fraction et on mélange la fraction refroidie avec la fraction non-refroidie, les proportions des fractions étant variées pour varier la température du mélange qui constitue le premier flux liquide envoyé aux moyens de mise en contact.
 9. Procédé selon une des revendications 6 à 8 dans lequel on envoie le premier flux liquide riche en CO₂ (L1) et un autre liquide riche en CO₂ (L2) à des niveaux différents de l'enceinte (S).
 10. Procédé selon l'une des revendications 6 à 9 dans lequel on soutire le premier flux liquide riche en CO₂ (1, L1) d'un appareil de séparation ou de liquéfaction de CO₂ par distillation et/ou par condensation partielle pour l'envoyer aux moyens de mise en contact.
 11. Procédé selon une des revendications 6 à 10 dans lequel dans lequel le premier flux liquide riche en

CO₂ (L1) est un liquide autre qu'un liquide de cuve de l'enceinte.

12. Procédé selon la revendication 11 dans lequel le premier flux liquide riche en CO₂ (L1) est envoyé aux moyens de contact directement depuis un appareil de séparation de CO₂ (CC).
13. Procédé selon la revendication 12 dans lequel le premier flux liquide est sousrefroidi dans un échangeur de chaleur de l'appareil de séparation de CO₂ (CC).
14. Procédé de mise en fonctionnement d'un appareil selon l'une des revendications 1 à 5 ou d'un procédé selon l'une des revendications 6 à 13 dans lequel on envoie le premier flux liquide riche en CO₂ (1, L1) vers les moyens de mise en contact avant d'y envoyer le premier flux gazeux riche en CO₂ et avant d'envoyer du liquide des moyens de mise en contact vers le stockage de CO₂ du moyen de transport (B).

FIG.1

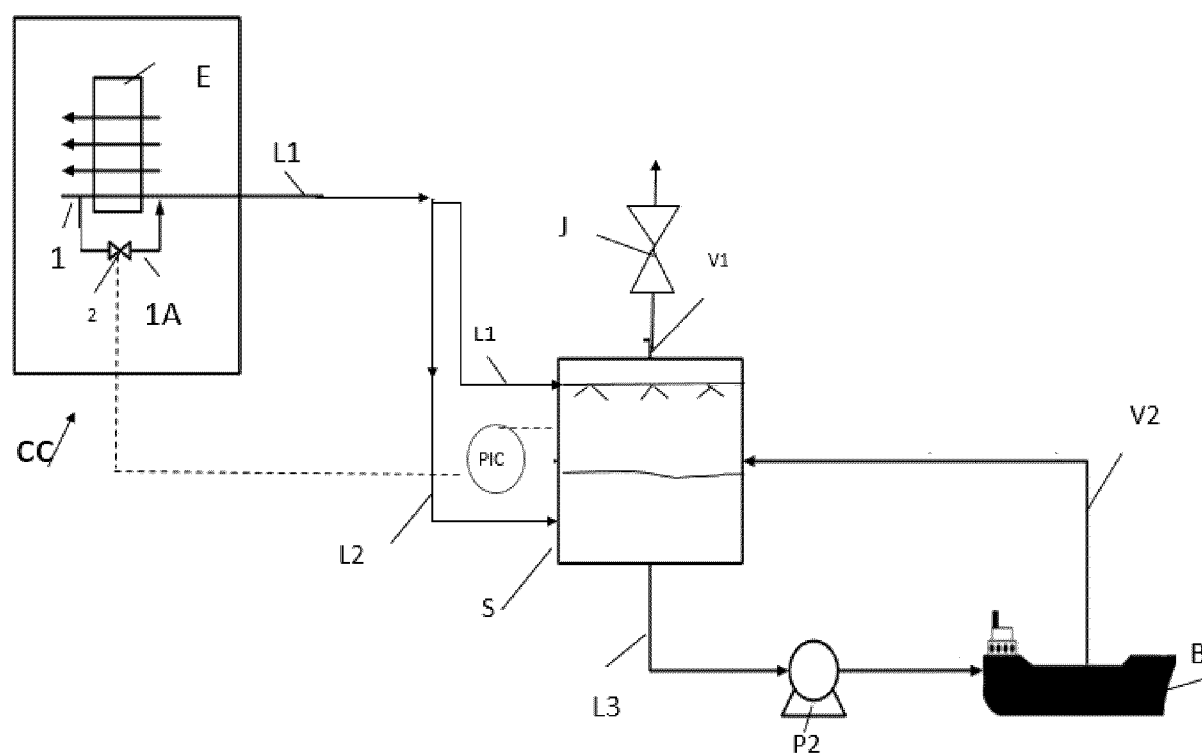
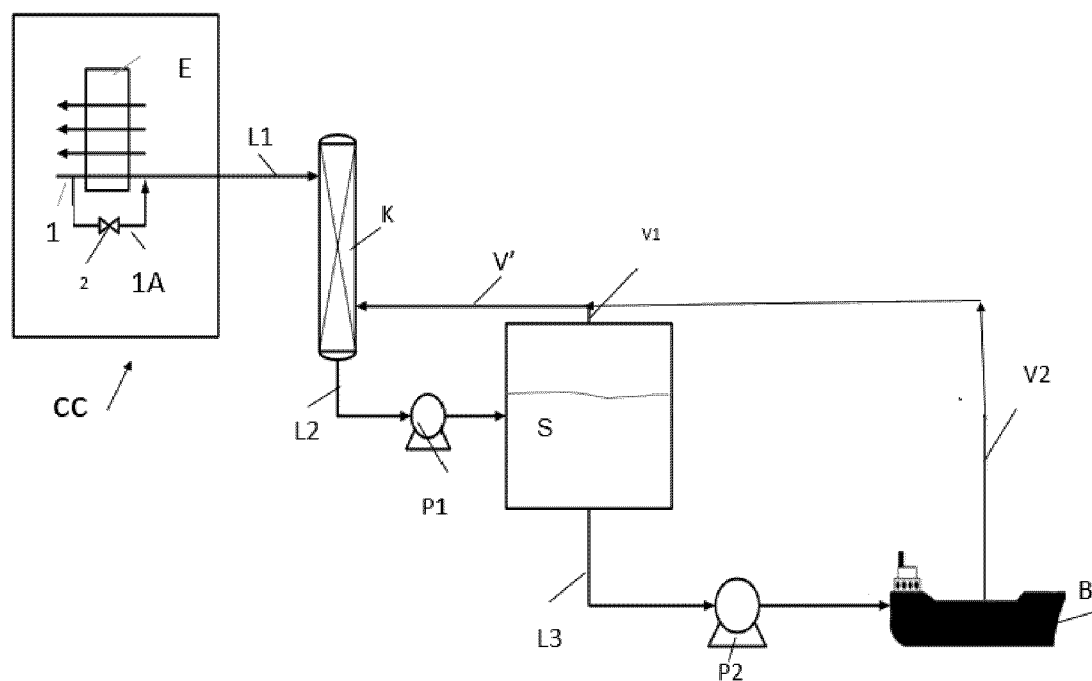


FIG.2





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 25 18 7464

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)
A	EP 1 492 980 B1 (LINDE AG [DE]) 21 septembre 2005 (2005-09-21) * figures 1-3 *	1-14	INV. F17C5/02
A	JP 2010 196823 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER) 9 septembre 2010 (2010-09-09) * figure 2 *	1-14	
A	FR 3 138 194 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 26 janvier 2024 (2024-01-26) * figure 1 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F17C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		18 août 2025	Papagiannis, Michail
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P34C02)

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

EP 25 18 7464

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.

18-08-2025

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1492980	B1	21-09-2005	AT E305112 T1 15-10-2005
			AT E368197 T1 15-08-2007
			AU 2003231328 A1 20-10-2003
			BR 0309128 A 01-02-2005
			DE 60301667 T2 22-06-2006
			DE 60315197 T2 10-04-2008
			DK 1600686 T3 29-10-2007
			EP 1353112 A1 15-10-2003
			EP 1492980 A2 05-01-2005
			EP 1600686 A1 30-11-2005
			ES 2249716 T3 01-04-2006
			NO 334344 B1 10-02-2014
			US 2005132719 A1 23-06-2005
			WO 03085315 A2 16-10-2003

JP 2010196823	A	09-09-2010	AUCUN

FR 3138194	A1	26-01-2024	AU 2023310568 A1 06-03-2025
			CN 119585581 A 07-03-2025
			EP 4558766 A1 28-05-2025
			FR 3138194 A1 26-01-2024
			JP 2025523130 A 17-07-2025
			KR 20250038701 A 19-03-2025
			WO 2024017549 A1 25-01-2024

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.

Littérature non-brevet citée dans la description

- Pre-feasibility study for CO2 pipeline and storage.
Amager Ressource Center, October 2020 [0003]